



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE MÁQUINAS
AUTOMÁTICAS DE LA EMPRESA TECNOPRESS S.A.C, 2017 ATE – LIMA

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

JEANCARLO MAURICIO SANTIAGO GARCIA

ASESOR

Mg. JAIME ENRIQUE MOLINA VÍLCHEZ

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA

LIMA – PERÚ

2017

PÁGINA DEL JURADO

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

DEDICATORIA

A Dios por darme las fuerzas, salud, sabiduría que necesito día a día, a mis padres, hermanas, mi esposa por acompañarme desde que inicie esta nueva etapa en mi vida, y en especial a mi madre que es mi gran motivo para salir adelante.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad César Vallejo, a los docentes por las enseñanzas en esta etapa de mi formación profesional.

A mi asesor Mg. Jaime Enrique Molina Vílchez por las enseñanzas brindadas.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo **JEANCARLO MAURICIO SANTIAGO GARCIA** con DNI N° 45123513, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticas y veraces.

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 de la Universidad César Vallejo.

Lima, 09 de setiembre del 2017

Jeancarlo Mauricio Santiago Garcia

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada "IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE MÁQUINAS AUTOMÁTICAS DE LA EMPRESA TECNOPRESS S.A.C, 2017 ATE - LIMA .", la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Industrial.

El presente trabajo de investigación se ha estructurado en siete capítulos, Capítulo I: La introducción, donde se presenta la realidad problemática, trabajos previos, teorías relacionadas al tema, formulación del problema, justificación del estudio, hipótesis y objetivos. Capítulo II: El Método, donde se presenta el diseño de investigación, variables de operacionalización, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, métodos de análisis de datos y aspectos éticos. Capítulo III: Se presentan los Resultados, Capítulo IV: Se exponen la discusión de los resultados. Capítulo V: Se formulan las Conclusiones. Capítulo VI: Se presentan las recomendaciones. Capítulo VII: Se muestran las referencias bibliográficas y anexos.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación

Jeancarlo Mauricio Santiago Garcia

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado: “Implementación del mantenimiento predictivo para incrementar la productividad en el área de máquinas automáticas de la empresa TECNOPRESS S.A.C, 2017 Ate – Lima, tuvo como objetivo general, implementar el Mantenimiento Predictivo para incrementar la Productividad en el área de máquina automáticas de la empresa TECNOPRESS S.A.C, 2017. Leandro Torres y Francisco Javier Gonzáles Fernández, explican la especulación y práctica del Mantenimiento Predictivo y nos entregan un grupo de aplicaciones para prevenir las fallas funcionales, entre ellas Detección y Fallas. David Medianero Burga desarrolla el concepto de productividad y la desagrega en la eficiencia y eficacia.

Esta investigación cuantitativa posee un nivel explicativo porque está enfocado a responder las causas que originan las fallas en las máquinas automáticas. Entre los tipos de diseños experimentales se ha determinado el cuasi – experimental. La investigación se basó en una muestra de 24 datos. Las técnicas utilizadas fueron la observación de campo y la recolección de datos. Las herramientas utilizadas fueron la fichas de datos, ficha de registros é indicadores. Se utilizó el paquete estadístico SPSS para el desarrollo de datos el cual arroja pruebas de normalidad y significancia.

Finalmente se concluye que la aplicación del método predictivo incrementó un 25% en la productividad y de esta manera se cumple con el objetivo dado.

Palabras claves: mantenimiento, predictivo, máquina, productividad

ABSTRACT

The present research work entitled: "Implementation of predictive maintenance to increase productivity in the area of automatic machines of the company TECNOPRESS SAC, 2017 Ate - Lima, had as a general objective, implement Predictive Maintenance to increase productivity in the area of automatic machine of TECNOPRESS SAC, 2017. Leandro Torres and Francisco Javier Gonzáles Fernández explain the speculation and practice of Predictive Maintenance and give us a group of applications to prevent functional failures, including Detection and Failures. David Medianero Burga develops the concept of productivity and disaggregates efficiency and effectiveness. This quantitative research has an explanatory level because it is focused on answering the causes that cause the failures in the automatic machines. Among the types of experimental designs, the quasi- experimental has been determined. The investigation was based on a sample of 24 data. The techniques used were field observation and data collection. The tools used were the data sheets, records and indicators. The statistical package SPSS was used for the development of data which yields evidence of normality and significance. Finally, it is concluded that the application of the predictive method increased 25% in productivity and this way the objective is met.

Keywords: maintenance, predictive, machine, productivity

ÍNDICE

PÁGINAS PRELIMINARES

PÁGINA DEL JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	xii
1.1 Realidad problemática	13
1.2 Trabajos previos.....	20
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	28
1.4 Formulación del problema.....	41
1.5 Justificación del estudio	41
1.6 Hipótesis	44
1.7 Obejtivo.....	45
METODOLOGÍA	46
2.1 Diseño de investigación	47
2.2 Variables, operacionalización	52
2.3 Población y muestra.....	55
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..	55
2.5 Métodos de análisis de datos.....	56
2.6 Aspectos éticos	58
RESULTADOS	95
DISCUSIÓN	107
CONCLUSIÓN	109
RECOMENDACIONES	111
REFERENCIAS	113
ANEXOS	118

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo. 1: Matriz de consistencia.....	120
Anexo. 2: Validación de instrumentos.....	121
Anexo. 3: Ficha registros de temperatura.....	126
Anexo. 4: Funciones y procedimientos en el área de producción	127
Anexo. 5: Ficha de registro de inspección mecánica predictiva.....	128
Anexo. 6: Aplicación Turnitin.....	129
Anexo. 7: Ficha de registro – Mantenimiento programado correctivo.....	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 1: Tabla de causas y frecuencia de ocurrencia	59
Tabla. 2: Matriz de operacionalización.....	54
Tabla. 3: Registro de frecuencias y origen que causan la baja productividad	59
Tabla. 4: Matriz Foda de la empresa Tecnopress s.a.c.....	62
Tabla. 5: Reporte de producción del mes de agosto 2017 – Pre – Test.....	64
Tabla. 6: Matriz de priorización de alternativas de solución	68
Tabla. 7: Ficha técnica del pirómetro	73
Tabla. 8: Mediciones y parámetros usados para diagnóstico predictivo	77
Tabla. 9: Ficha técnica prensa serie je 21	79
Tabla. 10: Ficha técnica de los motores trifásicos.....	82
Tabla. 11: Registro de valores de temperatura	84
Tabla. 12: Reporte de producción mes de setiembre 2017 – Post - Test.....	86
Tabla. 13: Resultados obtenidos con la mejora.....	88
Tabla. 14: Resultados de los promedios obtenidos con la mejora.....	88
Tabla. 15: Resultados, incremento de la productividad, eficiencia, eficacia.....	88
Tabla. 16: Registro de valores de temperatura después de la implementación	89
Tabla. 17: Mantenimiento del tiempo de detecciones	90
Tabla. 18: Mantenimiento de horas de máquinas parada	91
Tabla. 19: Datos Pre – Test y Datos Post - Test	92
Tabla. 20: Análisis de costo.....	93

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico. 1: Diagrama de operaciones del proceso de cerraduras.....	61
Gráfico. 2: Eficiencia Pre – Test.....	65
Gráfico. 3: Eficacia Pre – Test.....	65
Gráfico. 4: Diagrama de Gantt de implementación.....	69

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen. 1: Diagrama de Ishikawa.....	18
Imagen. 2: Motor eléctrico en mal estado.....	60
Imagen. 3: Pirómetro marca trotec – Partes principales.....	72
Imagen. 4: Montaje de batería en pirómetro.....	74
Imagen. 5: Pirómetro.....	75
Imagen. 6: Prensa excéntrica 100 toneladas serie je 21.....	78
Imagen. 7: Partes principales de la prensa excéntrica.....	80
Imagen. 8: Motores trifásicos 380 v – 420 v.....	81
Imagen. 9: Técnico realizando medición de temperatura.....	83
Imagen. 10: Valores registrados del pirómetro.....	83
Imagen. 11: Técnico desmontando un rodamiento para ser cambiado.....	85

I INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

A nivel mundial el mantenimiento sigue una línea evolutiva en el tiempo a través de tres generaciones iniciando su camino en los años treinta del siglo pasado.

La Primera Generación cubre desde la década del treinta hasta el final de la Segunda Guerra Mundial; en ella se remitía al mantenimiento correctivo y a algunas actividades de limpieza y lubricación de las máquinas. Se interpretará estas intervenciones ya que la industria no era altamente mecanizada y su baja sofisticación brindaba una facilidad de intervención al momento de la reparación.

La Segunda Generación se inició en los últimos años de la guerra donde se realizaban, a través de un proyecto y control, revisiones periódicas con el objetivo de disponer operacionalmente los medios de producción de barcos, aviones, ferrocarriles, etcétera, motivados por la industria armamentística. En ella se originó el concepto de mantenimiento preventivo.

En 1960 las necesidades cambiaron y nuevos conceptos establecieron, “Mantenimiento Productivo” la nueva tendencia que determinaba una perspectiva más profesional. Se asignaron altas responsabilidades a la gente relacionada con el mantenimiento y se trabajaba en consideraciones acerca de la confiabilidad y el diseño del equipo y de la planta. Las tareas a realizar incluían un más alto nivel de conocimiento de la confiabilidad de cada elemento de las máquinas y las instalaciones.

Para una mejor comprensión de la evolución del mantenimiento, González (2011, p. 29) sostiene que a pesar de que las principales diferencias que se puede encontrar en el inmenso material bibliográfico acerca de los tipos de mantenimiento llevados a cabo, todas coinciden en establecer que durante el siglo XX hay tres grandes etapas que, aunque no tienen una frontera claramente definidas entre si desde un punto de vista temporal, sí pueden dar un panorama claro de cuál ha sido la evolución de las técnicas y organizaciones que se han ido implementando durante dicho siglo. Las filosofías y técnicas del mantenimiento de la llamada Tercera Generación se cimientan en el establecimiento de nuevos sistemas más proclives a intervenir en los equipos solo si es necesario. Se entiende en este nuevo aspecto de entender el mantenimiento a no establecer acciones preventivas rutinarias.

Salvo que las mismas sean de obligado cumplimiento. Así pues aparecen los mantenimientos según estado que no es otra cosa que el Mantenimiento Predictivo orientados a intervenir una máquina mediante el análisis de la evolución de una variable significativa antes que esta ocasiona una avería. (2011, p.34).

La llamada Cuarta Generación del mantenimiento refleja la necesidad de integrar todos los nuevos conceptos de mantenimiento, que en los últimos decenios del siglo XX (Tercera Generación), se han planteado de forma excesivamente aislada, de ahí que, según la opinión del autor, no hayan tenido en muchos casos el éxito perseguido. (González, 2011, p.37).

En los países de la región latinoamericana la aplicación de normas industriales en el uso del mantenimiento en general ha tenido un gran suceso, haciendo que muchas empresas de carácter industrial alcancen altos niveles de producción, tengan casi nula las horas muertas y de baja productividad. Muchos países como Chile fundamentalmente, Argentina, Brasil y Colombia han alcanzado altos niveles de producción y productividad porque han usado normas como TPM y dentro de ellas el mantenimiento productivo que les ha traído grandes resultados. Países como Honduras, Haití, Nicaragua casi no han alcanzado los altos niveles de aplicación de mantenimiento sea el predictivo, preventivo o autónomo y otro grupo de países como Ecuador, Uruguay y otros Centroamericanos ha logrado mejoras incipientes pero que con la tecnificación y la aplicación de nuevos métodos se espere de un despeje muy provechoso que permita a sus industria altas mejoras porque permite mejorar las horas muerta logrando altos niveles de producción y productividad. Algunos países de la región han aplicado RCM es una método que nos ayuda a realizar nuevamente todo nuestro mantenimiento con sustento en la fiabilidad o análisis de fallas y usa, entre otras y como método de mantenimiento tras el seguimiento de dichos fallos, la técnica de mantenimiento llamado predictivo. TPM es otra herramienta organizada, basada en llevar a la producción gran parte de todas las tareas de mantenimiento, pero no es una nanotecnología propiamente dicha. Por tanto hemos separado (en el libro) intencionalmente el apartado de Mantenimiento Predictivo, dada su característica innovadora y tecnológica. (González, 2011, p. 93).

En América se ha tenido la crisis del empleo de esta metodología. En la industria peruana es autoritario ya que nos vemos en una parte rezagada en acuerdo con otros países de la región en vista a la amplitud de generación y empleo de ideas. El propósito es ser competidor en esta era de reunión de mercados y posicionar a nuestro país en un contexto Latinoamericano y mundial.

En el Perú actualmente la etapa del mantenimiento se encuentra en una etapa de expansión y mejoras, tanto en infraestructura como en políticas internas, relacionadas con la calidad de servicio al cliente interno y externo, brindando una importancia cada vez mayor al clima laboral, fidelización y captación de nuevos clientes en los cuales podemos aplicar todas nuestra técnicas de los diferentes tipos de mantenimiento. La contribución académica demuestra que el mantenimiento en general que puede ser autónomo ,predictivo, preventivo es una herramienta eficiente y está comprendida como primer pilar de la aplicación del TPM, permite reducir las paradas no programadas porque es el operador el encargado de realizar labores de limpieza, lubricación y observación de los equipos pudiendo detectar con anticipación averiase que el área respectiva atenderá para mejorar la disponibilidad de la máquina en turnos de producción este es el aporte de dicha investigación encontró y se relaciona con las variables materia de estudio En una gran cantidad de empresas la aplicación del mantenimiento ha sido casi muy básico y elemental ya que se trataba de mejorar máquinas o realizar mejoras sin una técnica definida. Actualmente hay grandes centros de capacitación que permite que los técnicos estén preparados en nueva tecnología de la reparación o mantenimiento que de alguna manera a contribuido a reducir costos y lograr altos niveles de producción en diversas tipos de industria como D'Onofrio, Topi Top, Bata Rímac, Backus y Johnson y las grandes líneas de Transporte a nivel local e interdistrital, etc.

En el sector empresarial se realiza una descripción detallada de las herramientas de la aplicación que se pretenden implementar, el diagnóstico del área de producción y los problemas encontrados cuantificándolo para obtener resultados y numéricos que puedan reforzar el planteamiento de la propuesta, finalmente se llega a la conclusión que las paradas menores, y pérdidas de velocidad son las principales causas de baja efectividad global de la línea. El origen de las paradas menores son la falta de limpieza adecuada, por eso se sugiere la implementación

del mantenimiento predictivo que disminuirá las averías defectos de calidad y pérdidas de velocidad incrementando la productividad También existen problemas de falta de organización, los operarios trabajan sin niveles de protección y en muchos casos el problema se da que la falta de productividad es muy importante ya que no existen repuestos, muchas averías, insumos y materiales modernos que nos permiten dar una solución rápida a los problemas encontrados, esta falta de productividad de los operario tiene otro componente que es la falta de incentivos y de capacitación.

La empresa Cantol (Tecnopress), fabricantes de cerraduras en general es la baja productividad y bajo rendimiento por las siguientes razones : la empresa para empezar cuenta con máquinas ya usadas y semi nuevas, ocasionando fallas imprevistas no planificadas por falta de un mantenimiento predictivo, actualmente se suelen dar solo mantenimientos correctivos y preventivos, por lo cual no ayuda mucho en el rendimiento que necesita la máquina, cuando una de las máquinas falla y necesita un repuesto, siempre suelen demorar en comprar ese repuesto un máximo de 3 días, y si el repuesto es para exportación llega tranquilamente a una semana estando parada la máquina, por otro lado también sucede la baja eficiencia en las máquinas por parte operacional ya que la mayoría de los operadores ingresan a planta sin experiencia y con la escasa capacitación que debería realizarse a cada operador, el objetivo incrementar la productividad en las áreas de máquinas automáticas. Pero por la falta del mantenimiento predictivo afecta a las áreas mencionadas, muchas veces existen paradas de máquinas continuamente siendo así la deficiencia en los productos con mayor demanda, y la mala calidad en los productos que con el fin de no perder, se procede a recuperar los productos por varios procesos saliendo a la venta, lo cual no se está cumpliendo su visión que define a la empresa. Estas causas de la problemática demandan la propuesta: Implementación del mantenimiento predictivo para incrementar la productividad en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress S.A.C. Misión, nuestro principal meta es absolver las necesidades en cuidado de nuestros clientes, desarrollando productos bajo estándares muy altos de calidad. Buscamos mantener y expandir la cobertura a nivel nacional é internacional, siempre

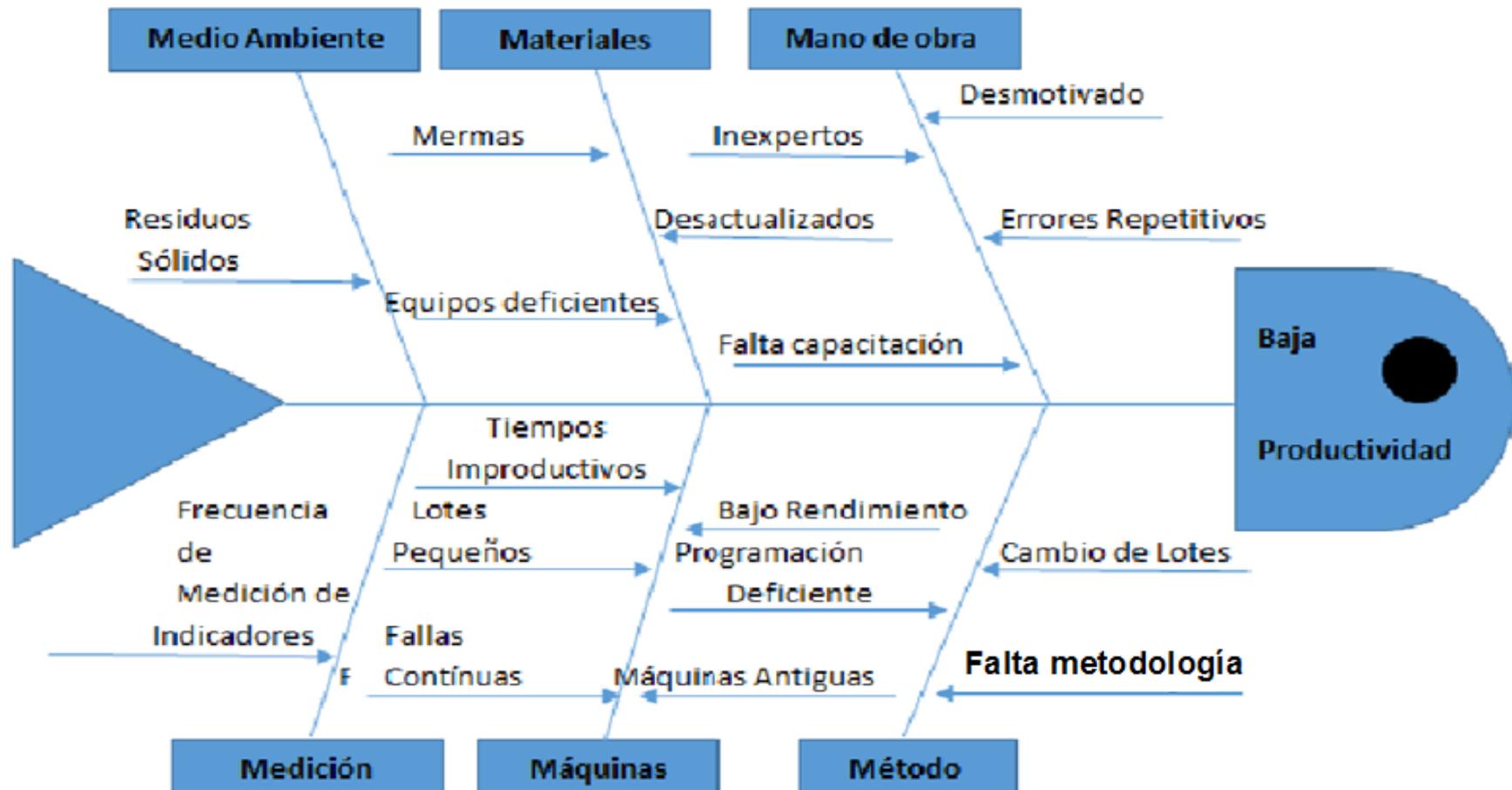
ofreciendo con responsabilidad hacia nuestros colaboradores con la sociedad y con el medio ambiente. **Visión**, el fin de continuar propagando nuestro liderazgo en cuidados de seguridad en nuevos mercados siendo creadores y brindando credulidad a nuestros clientes externos e internos, tiene como **objetivo incrementar la productividad** en las áreas de máquinas automáticas. Pero por la falta del mantenimiento predictivo afecta a las áreas mencionadas, muchas veces existen paradas de máquinas continuamente siendo así la deficiencia en los productos con mayor demanda, y la mala calidad en los productos que con el fin de no perder, se procede a recuperar los productos por varios procesos saliendo a la venta, lo cual no se está cumpliendo su visión que define a la empresa. Estas causas de la problemática demandan la propuesta: Implementación del mantenimiento predictivo va a aumentar la productividad en el lugar de máquinas automáticas de todo el equipo Tecnopress S.A.C.

Una vez delimitado y localizado el problema se recurrió a realizar una base de datos donde se registran la cantidad de reportes de averías por especialidad durante el mes de Agosto del año 2017. Con esto se procedió a realizar un Diagrama de Pareto para identificar donde se concentran los mayores reportes de averías.

Posteriormente se realizó una “lluvia de ideas” para encontrar las causas particulares con las herramientas gráficas de calidad que es Diagrama de Causa – Efecto o Diagrama de Ishikawa. En ella encontramos tres ramas potenciales (causas) del origen del problema (efecto) en la mano de obra, máquina y métodos; en el material, la cuarta rama, no hubo implicancia.

Diagrama de Pareto: Nos va a permitir asignar un orden de prioridades y muestra el principio de Pareto, cabe resaltar que hay muchos inconvenientes sin consideración frente a unos pocos muy considerados.

Imagen N° 1: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

Diagrama de Pareto

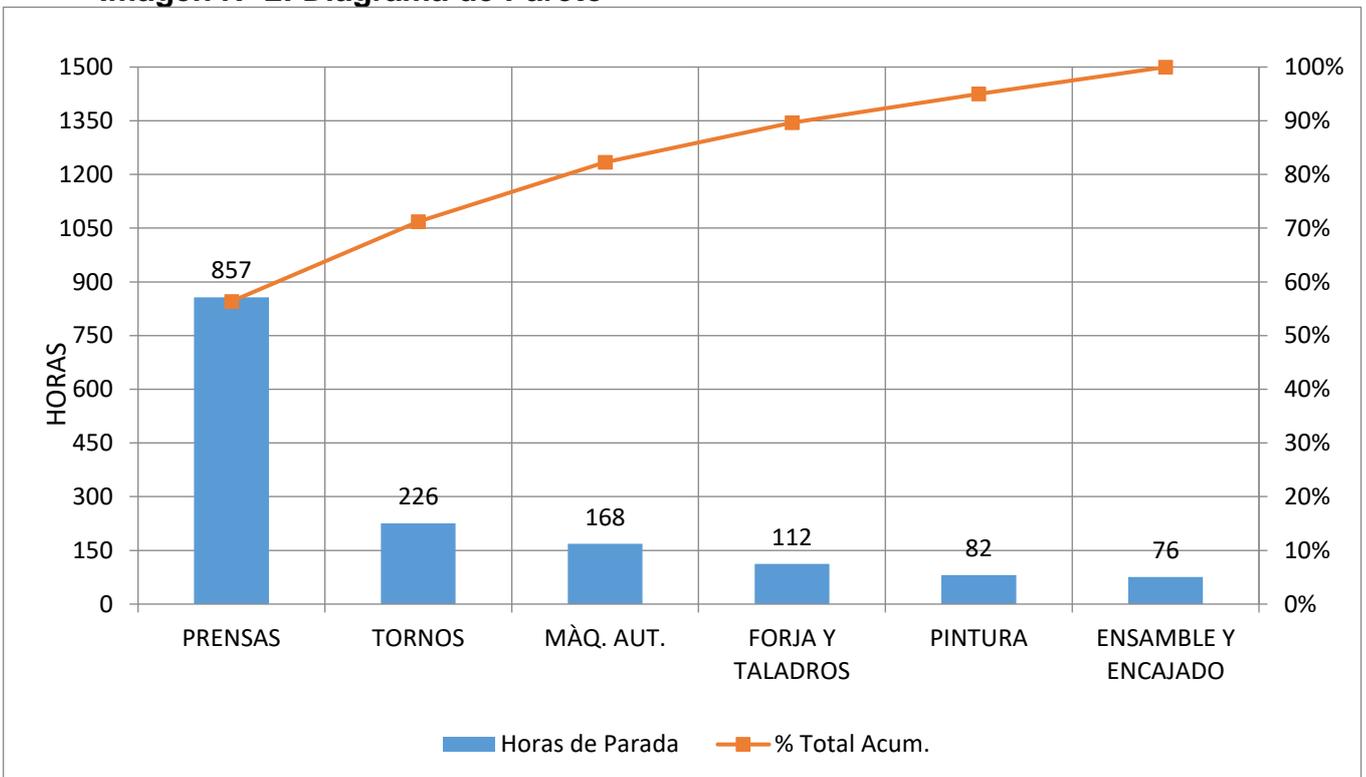
De las causas mostradas en el diagrama de Ishikawa, se tiene la siguiente tabla donde se detalla el número de paradas generadas para la elaboración del diagrama de Pareto que origina el problema principal de la baja productividad:

Tabla N° 1: Tabla de causas y frecuencias de ocurrencia

	Horas de Parada	% Total	% Total Acum.	Horas de Espera
PRENSAS	857	56.37%	56.37%	599
TORNOS	226	14.85%	71.22%	104
MÁQ. AUT.	168	11.05%	82.27%	97
FORJA Y TALADROS	112	7.37%	89.63%	14
PINTURA	82	5.36%	94.99%	57
ENSAMBLE Y ENCAJADO	76	5.01%	100.00%	0
TOTAL	1520.33			871

Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 2: Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia

1.2 Trabajos previos

TAMARIZ, Velez. Diseño del plan de mantenimiento predictivo y correctivo para los equipos móviles y fijos de la empresa Mirasol S.A. Tesis (Ingeniero Industrial). Universidad de Cuenca. Cuenca – Ecuador, 2014.

Evitar el paro imprevisto de los equipos y del proceso de producción y, por consiguiente, obtener un ahorro de costos operativos. Así mismo, al realizar un mantenimiento en la empresa permite una optimización de medios, mejorar los costos y tener procedimientos estandarizados, además de llevar un seguimiento de máquinas y de las averías presentadas en cada una de ellas. También, al realizar un diseño de plan de mantenimiento, permite tener una gestión de personal más eficiente organizada en funciones y responsabilidades. Por lo tanto, de todo lo mencionado impactó en la mejora de producción, tener más eficacia y rapidez al ejecutar los trabajos.

El trabajo tuvo como escenario de desarrollo en las áreas de talleres de mecánica, latonería y de lavado por medio de una base de datos, en donde incluyeron todos los equipos móviles y fijos con sus especificaciones técnicas propias, manuales de uso de los mismos, identificación y descripción de los mantenimientos a realizarse en frecuencia diaria, mensual y trimestral.

Como conclusión de la investigación, contribuye a la identificación de todos los equipos móviles y fijos en todas las áreas, actualización del inventario de los activos de la empresa, actualización de los datos técnicos de los equipos con sus respectivos manuales operativos. Y principalmente, para la ejecución del mantenimiento, se tiene registrado en una base de datos los mantenimientos a realizarse, en qué fecha ejecutarse y el responsable a cargo mediante el manual de funciones y responsabilidades elaborado.

Como aporte a la investigación presente, podemos concluir que todo plan de mantenimiento va de la mano con un manual del equipo como conocimiento del mismo, y un manual de funciones y responsabilidades o también conocido como un MOF (Manual Organizacional de Funcional) que facilite la ejecución de los mantenimientos identificados en cada equipo, para tal caso propio, equipos propios del área de prensa Línea 1.

GARCÉS, Maricela. Optimización del mantenimiento predictivo en función del costo en la empresa Bioalimentar CIA. LTDA. Tesis (ingeniera industrial) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de Riobamba Ecuador, 2010.

Colectar los datos técnicos de los equipos en un documento donde los datos del historial de averías es vital para los análisis posteriores. Los equipos son sometidos a evaluaciones de priorización de atención de averías bajo un criterio de criticidad, ya que existe un antes cuando los costos de mantenimiento eran elevados en el año 2009 y un después con la implantación de mejoras en la reducción de costos para el año 2010.

Conclusión: Para esta empresa se logró reducir los costos totales de mantenimiento en un 7.3% del año 2009 al 2010. Los ratios de disponibilidad en un 2%, la eficiencia en un 4% y. La autora nos dice que los parámetros numéricos que se deben evaluar para la optimización del mantenimiento en función al costo es la rentabilidad.

Se ha extraído de este trabajo los conceptos de costos con respecto al mantenimiento. Se recurre pues a ellos como referencia trascendental para la elaboración del presente trabajo de investigación. **Aporte,** La tesis logra reducir sus costos a través de su colección de datos técnicos, evaluaciones y su optimización del mantenimiento predictivo, tal cual ayudará de la misma manera a mi investigación a través del mantenimiento predictivo reducir los costos a la empresa.

ROBERT, Burgos. Análisis del proceso de mantenimiento de la sala de máquina y el impacto en los niveles de producción en el reparto servicio de dragas. Tesis (Ingeniero industrial). Universidad estatal De Milagro, 2014.

Llevar a cabo un registro de control de los trabajos realizados de mantenimiento a los equipos más críticos que se encuentran en planta, la falta de control de mantenimiento programado planificado en la draga de cortador y succión puyo ha traído consecuencias graves como la paralización de equipos y maquinaria de la unidad produciendo retrasos en la entrega de la obra de relleno hidráulico, si se realiza un plan de mantenimiento preventivo para todos los equipos, se evitarían tantas paralizaciones de la maquinaria por mantenimiento y a su vez los niveles de producción subirían hasta alcanzar las metas propuestas, También se reducirán egresos por costos de mantenimientos imprevistos y al mismo tiempo se evitarían

decisiones que pongan en riesgo la estabilidad del personal, el servicio de dragas actualmente cuenta con documentación referente a mantenimiento, dragado, procedimientos operativos y a fines, pero no posee información de mantenimiento preventivo en las máquinas. La necesidad de plantear esta investigación incidirá en la optimización para el logro de los objetivos de. **Conclusión:** Aplicando estos registros de control a las máquinas más críticas, reducirán costos de mantenimientos imprevistos **Aporte:** La presente investigación será de beneficio al proyecto del investigador ya que de esta manera llevarán un control y registro planificado de los trabajos realizados por el personal de mantenimiento.

PILAY, A. Implementación del Mantenimiento Predictivo en la empresa Oxígenos del Guayas. S.A. Tesis (Ingeniero Industrial). Universidad de Guayaquil de Ecuador. 2011

Incrementar la productividad de la empresa aplicando mejoras al proceso de mantenimiento predictivo que se realizan y así reducir los tiempos improductivos y optimizar los costos, se realizó una evaluación de los problemas que presenta la empresa encontrando que durante el periodo de estudio (06 meses) la eficiencia total de los equipos era de 63%, las horas de paradas por averías y fallos, falta de conocimiento del personal y poca capacidad de almacenamiento era de 167 horas por semestre lo que en términos monetarios representaría S/.. 67,377. Luego de realizar el análisis y la cuantificación de los problemas se planteó la implementación del mantenimiento autónomo basada en la filosofía Mantenimiento preventivo para minimizar los tiempos improductivos encontrados. En la **conclusión:** Con la implantación del mantenimiento predictivo se incrementará la eficiencia total de los equipos en un 5%, también se hace mención de la capacitación del personal operativo de la empresa con esto se tendría un ahorro en tiempos improductivos y de capital evitando que los equipos paren de manera repentina por alguna falla. **Aporte:** En esta investigación se puede determinar de manera cuantitativa todos los problemas que generan baja productividad en la empresa y plantear una solución para los mismos por lo tanto su aporte es significativo porque involucra a las dos variables materias de estudios (mantenimiento predictivo y productividad).

VILLACORTA, César. Implementación de técnica de mejoramiento: Mantenimiento Predictivo para incrementar la productividad del procedimiento del mantenimiento automotriz, en busca del punto de equilibrio entre la oferta y la demanda empresa Toyocosta S.A. Tesis (Ingeniero Industrial). Universidad de Guayaquil de Ecuador (2014).

Organizar y establecer el control del inventario mediante el análisis de la logística del Reproceso con la propuesta de mejora. Mediante la comunicación directa con los clientes (internos y externos), mantener la disponibilidad y reposición del inventario para que satisfaga la demanda, en base a todo el tiempo de investigación, se puede comprobar el problema que en si refleja la empresa, problemas que a largo plazo genera una pérdida de \$57070,80 para la empresa. La planeación y programación del mantenimiento predictivo (fallas), tiene la finalidad de trazar un proyecto que contenga las acciones a realizarse para el buen desempeño de la empresa, es fundamental saber hacia dónde se va como empresa, es por esto que se programa incluyendo las tareas según el desempeño de cada elemento y se documenta con el propósito de analizar cuanto mantenimiento se realiza. El TPM es un proceso de transformación para la alta productividad, que se necesita innovar en Toyocosta. La meta del mantenimiento predictivo es incrementar notablemente la productividad y al mismo tiempo levantar la moral de los trabajadores y su satisfacción por el trabajo realizado en dicha empresa. Se emplean muchas herramientas en común, como la delegación de funciones y responsabilidades cada vez más altas en los trabajadores, la comparación competitiva, así como la documentación de los procesos para su mejoramiento. En cuanto al orden económico, se evidencia que la factibilidad de ejecutar este proyecto es viable y se confirma con el tiempo de recuperación del capital en un lapso de 3 años desde la implementación del plan de mantenimiento predictivo total, entre las áreas conformadas por repuestos y talleres, para dar un servicio oportuno y de calidad. **Conclusión:** Con esta implementación se confirma la recuperación de los costos perdidos, a la vez ofreciendo un servicio de calidad. **Aporte:** Este proyecto ayudará a mi investigación por la implementación del mantenimiento predictivo que me permitirá ofrecer productos de calidad en todos sus productos y la recuperación de costos perdidos por paradas no planificadas.

CASTAÑEDA, Oscar. Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento preventivo basado en la lubricación que permita mejorar la confiabilidad de las maquinarias en la planta MERRILL CROWE S.A. Tesis (ingeniero industrial). Lima: Universidad Privada del Norte del Perú, 2013.

Mejorar la confiabilidad de todas las maquinarias en planta, el área de mantenimiento cuenta con un plan anual de mantenimiento mecánico y eléctrico para los 88 sistemas de la planta, para la lubricación de maquinarias utilizan como norma un día a la semana, se observa el porcentaje de fallas mecánicas ocurridas en los equipos de la planta durante el año 2012 en Minera Coimolache S.A, el cual posee un alto porcentaje en relación a fallas asociadas a la lubricación. 6 maquinarias fueron elegidas mediante un análisis de criticidad en base al impacto en la producción y el tiempo de parada por reparación. A pesar de los esfuerzos que realiza el personal por cumplir el programa de lubricación, las fallas por lubricación están empezando a cobrar notoriedad y estas se irán incrementando notablemente en los próximos meses, la reacción del área para evitar las fallas ocasionadas por la deficiente gestión de lubricación, es lenta, en muchos casos, por la acumulación de trabajos correctivos que se presentan en otras plantas, de acuerdo a experiencias basadas en otras plantas mineras que trabajan con un proceso similar, las fallas debido a una mala lubricación empezarán a presentarse en forma recurrente y de forma catastrófica y el tiempo de parada por reparación no será solo para un componente por ejemplo (un rodamiento), sino para dos o más componentes (caja de rodamientos, sello mecánico, impulsor, bocinas, anillos de desgaste, eje, etc.), el presente estudio se justifica en cuanto a que el sistema de mantenimiento de lubricación actual del área esta hecho en forma muy general, la maquinaria de la planta trabaja con el diseño traído de fábrica, mediante la mejora de nuevos procedimientos de mantenimientos, reducimos el tiempo de cambio de aceite en 54.98% y el re-engrase en 50.38%. **Conclusión:** Con esta implementación se redució el tiempo de todo tipo de lubricación, mediante su sistema de lubricación. **Aporte:** Este proyecto también tiene un punto muy importante que ayudará a mi investigación que es su sistema de lubricación que se usa para reducir los tiempos de todo tipo de lubricación realizada por los técnicos y operadores de planta.

CHANG, Enrique. Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento predictivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler. Tesis (Ingeniero industrial). Lima: Universidad de Ciencias Aplicadas del Perú, 2009.

Realizar un estudio de los componentes críticos de los equipos analizando la estadística de paradas no programadas y los costos de mantenimiento correctivo, y una vez identificadas las causas aplicó una serie de soluciones técnicamente correctas, económicamente viables y sostenibles en el tiempo que luego fue integrada en un modelo de gestión del mantenimiento, se realizará un estudio ubicando los componentes críticos de los equipos analizando las paradas no programadas y los costos de mantenimiento correctivo, una vez identificadas las causas será necesario buscar soluciones técnicas correctas económicamente viables para luego integrarlas en un modelo de gestión de mantenimiento, éste fenómeno su cede porque el área de mantenimiento no cuenta con la información necesaria, en costos de horas máquinas parada, fallas por falta de repuesto reparación. Encontramos pues en el elemento relevante como la cuantificación de las causas que originan las averías así como los costos generados por ellas (ver capítulo 2, p. 26). Las visualizaciones a través de los gráficos para mostrar los análisis y resultados que el autor realiza son muy estimables para una guía referencial. **Conclusión:** Con esta propuesta de mantenimiento predictivo se encontró las causas que originan la avería y los gastos generados. **Aporte:** En este proyecto su propuesta ayudará bastante a mi investigación ya que me permitirá encontrar las causas que originan las averías, impidiendo de tal manera las paradas

RONALD, Apaza. El modelo de mantenimiento productivo total TPM y su influencia en la productividad de la empresa minera. Tesis (Ingeniero industrial). Universidad Andina de Juliaca, 2015.

Proponer una metodología para registrar indicadores, cuando la problemática fué analizada como una parte del programa TQM, algunos de sus conceptos generales no parecían encajar en el proceso, la nueva tendencia se llamó mantenimiento predictivo, la empresa al ser una pequeña empresa y el modelo del TPM implica a la totalidad de sus integrantes se a conformado por el 100% de los mismos, como resultado, los gerentes de planta se interesaron en hacer que sus supervisores,

mecánicos, electricistas, y otros técnicos desarrollarán programas para lubricar y hacer observaciones claves para prevenir daños al equipo, este progreso de las acciones de mejora llevo a crear el concepto de prevención del mantenimiento, realizando acciones de mejora de equipos en todo el ciclo de vida: diseño, construcción y puesta en marcha de los equipos productivos para eliminar actividades de mantenimiento, posiblemente en los siguientes años se incorporen al TPM modelos probados de gestión de conocimiento, nuevos sistemas económicos y financieros, tecnología para el análisis y estudios de averías automático y nuevos desarrollos, con la implementación del mantenimiento productivo total se aumenta la productividad y reducen los costos en la empresa.

Conclusión: Para esta empresa se desarrolló claves para prevenir daños al equipo de la mano con sus indicadores, **Aporte:** Esta tesis con su proposición de una metodología para registrar indicadores, ayudará a mi investigación a visualizar claves para prevenir daños al equipo y/o máquinas.

MUÑOZ, José. Propuesta de desarrollo y análisis de la gestión del mantenimiento predictivo industrial en una empresa de cartón Corrugado. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima: Universidad de Ciencias Aplicadas de Perú, 2014.

Elaborar una propuesta de implementación, desarrollo y análisis de la gestión del mantenimiento, que permita asegurar la eficiente operación y óptima conservación de la maquinaria manteniendo la calidad de los productos y tiempos de atención apoyándose en la gestión logística de procesos y calidad, se realiza una descripción de la empresa y de la problemática a estudiar se pudo determinar que los tiempos de paradas por fallas mecánicas afectan las líneas productivas encontrando por medio de un análisis que las causas principales son: la falta de un mantenimiento adecuado y la falta oportuna de repuestos, el mantenimiento permite que los procesos que generan valor al producto se realicen eficientemente se detalla que no es posible un mantenimiento predictivo al 100% ya que hay fallas que se presentan silenciosamente o son considerados como repentinos, por lo tanto la implementación del mantenimiento autónomo es primordial para aprovechar el conocimiento de los operadores de los equipos involucrándolos y

haciéndolos responsables de sus máquinas creándoles una relación de pertenencia y compromiso para obtener mejores resultados

Conclusión: se determinó que la baja eficiencia de las máquinas fuerón por falta de un mantenimiento adecuado y por la falta de repuestos. **Aporte:** Esta tesis con su gestión del mantenimiento predictivo la cual fue usada, apoyará bastante en el desarrollo de mi investigación para encontrar las causas principales que dan como resultado la ineficiencia de las maquinarias.

LEMA, H. Propuesta de mejora del proceso productivo de la línea de productos de papel Tisú mediante el empleo de herramientas de manufactura Esbelta. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima: Facultad de Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014.

Efectuar una propuesta de implementación de herramientas de la manufactura esbelta (Mantenimiento Predictivo , 5S y SMED), para incrementar la disponibilidad, eficiencia y calidad en 6%, 4% y 1% respectivamente de la línea PUP 3 Sincro 7.6 cuya función es convertir la bobinas de papel en rollos de papel higiénico. Se realiza una representación detallada de las herramientas de manufactura esbelta que se pretenden implementar, el diagnóstico del área de producción y los inconvenientes encontrados cuantificándolo para obtener resultados numéricos que puedan reforzar el planteamiento de la propuesta, finalmente se llega a las paradas menores, y pérdidas de velocidad son las principales causas de baja efectividad global de la línea. El origen de las paradas menores son la falta de limpieza adecuada, por eso se sugiere la implementación del mantenimiento autónomo, 5S, que disminuirá las averías defectos de calidad y pérdidas de velocidad incrementando el OEE de 64.91% a 73.36%. de la misma manera generar mayor impacto en la organización la contribución académica demuestra que el mantenimiento Autónomo es una herramienta eficiente y está comprendida como primer pilar de la aplicación del TPM, permite reducir las paradas no programadas porque es el operador el encargado de realizar labores de limpieza, lubricación y observación de los equipos pudiendo detectar con anticipación averías en que el área respectiva atenderá para mejorar la disponibilidad de la máquina en turnos de producción este es el aporte de dicha investigación encontró y se relaciona con las variables materia de estudio. **Conclusión:** Aplicando esta propuesta se llegó a

determinar que las paradas menores y pérdidas de velocidad fueron las causas principales de la baja efectividad. Aporte: Este proyecto me da a conocer el diagnóstico del área de producción (inconvenientes encontrados) que me será muy útil para evitar paradas y la baja efectividad.

1.3 Marco Teórico

Si se pretende ahondar en el conocimiento de algún elemento, más aún si su significado no está totalmente claro, entonces corresponde formular una definición operacional, clara y precisa. Por ello antes de desarrollar la literatura de las variables tanto independiente como dependiente, definiré brevemente los conceptos del mantenimiento. Mantenimiento proviene de la palabra “mantener” y, según el diccionario en su segunda acepción, se define como “conservar a una persona o una cosa en un estado o condición manifestado”. Específicamente ¿Conservar qué? Pues conservar los recursos físicos que necesitan mantenerse. ¿Pero en qué estado se debe conservar? Pues el estado que deseamos conservar es el que continúa haciendo cualquier cosa que sus usuarios exijan. En conclusión el mantenimiento se define, bajo el objeto de misión, de la siguiente manera: “El mantenimiento consiste en conservar las funciones de los recursos físicos a lo largo de sus vidas tecnológicamente útiles “Algunas definiciones más integrales de mantenimiento incluyen conceptos de gestión y administración en la que nos dice que el Mantenimiento es un conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es conservar o restituir un ítem en las condiciones que le permitan desarrollar su función empresarial a la que se le asigna el cuidado de las instalaciones así como la planificación de los trabajos que se requieran para garantizar un funcionamiento óptimo de las instalaciones productivas y servicios de la empresa.

1.3.1 Mantenimiento predictivo.

Predictivo proviene de la palabra “Predicción” que en su primera acepción significa acción y resultado de predecir o anunciar una cosa que va a suceder; a diferencia de “prevención” que en su primera y segunda acepción significa preparar y disponer una cosa para un fin, tomar precauciones para evitar un daño.

Cuatrecasas y Torrell (2012). Establecen el Mantenimiento Predictivo de la siguiente manera:

[...] El Mantenimiento Predictivo se establece en la detección y diagnóstico de averías antes que se produzcan. Así poder planificar los paros para reparaciones en los momentos oportunos. La filosofía de este tipo de mantenimiento se basa en que normalmente las fallas no aparecen de repente, si no que tienen un desarrollo. Un defecto con el tiempo puede causar un daño grave. [...] El mantenimiento Predictivo se basa en percibir estos defectos con antelación para corregirlos y eludir paros no programados, averías importantes y accidentes. (p. 216)

Para (Torres, 2015). “El papel de mantenimiento es incrementar la confiabilidad de los sistemas de producción al realizar actividades, tales como planeación, organización control y ejecución de métodos de conservación de los equipos, y sus funciones van más allá de las reparaciones. Su valor se aprecia en la medida en que estas disminuyan como resultado de un trabajo planificado y sistemático con apoyo y recursos de una política integral de los directivos.

El objetivo principal del mantenimiento es prevenir eventos indeseables y evitarlos recobrar los servicios que fallaron y por lo tanto al tener más confiabilidad en los equipos estos asegurarán la disponibilidad de estos.

El mantenimiento en si recibe muy poca atención y se le tiene como un recurso para cubrir emergencias y es considerado una carga de producción; é inclusive se ha llegado a definir como “El mal necesario de la planta que debe ser tolerado” esta

actitud es asumida por ciertas directivas, por lo tanto, se requiere de un plan de mantenimiento ideal que abarque los campos de organización y administración, que optimice factores disponibles y que pueda ser aceptado y adoptado. (García Palencia, 2012).

Actualmente muchas compañías en el mundo están perdiendo millones por no producir sus plantas a óptima capacidad, sustancialmente por no contar con un programa de mantenimiento efectivo, seguro y económico. Que disminuya los paros improductivos debido a las fallas imprevistas. (García Palencia, 2012)

En resumidas cuentas, se entiende por Mantenimiento Predictivo aquella que se remite al conocimiento y monitoreo de la condición real de una máquina mientras está en funcionamiento, “a plena carga”, para identificar y analizar los parámetros significativos (vibración, temperatura, etcétera) que ocasionan las averías. Con ello encontramos sus causas y corregimos el problema programando una reparación o el cambio de los componentes con desperfecto, previniendo de esta manera una futura avería que ha sido advertida a tiempo. Es la detección precoz de los síntomas de una avería. Aquellas consecuencias de fallas en las máquinas rotativas, generadas por la falta de atención anticipada a los potenciales signos de una alteración de alguna variable (vibración, temperatura, etcétera), son manifestaciones inequívocas de la ausencia de alguna técnica basada en la metodología del mantenimiento predictivo.

Debido a su importancia, el Mantenimiento Predictivo es cada vez más apreciado y la ejecución de sus técnicas se ha extendido considerablemente en el ámbito industrial. Un elemento determinante para su implantación es también la reducción de los precios y la fiabilidad en la medición de ciertos instrumentos de medida tomando como ejemplo las cámaras termográficas, de ahí que su uso se haya extendido rápidamente. El mantenimiento predictivo encaja perfectamente con cualquier filosofía de mejora; es más, generalmente en los análisis se propone como la alternativa más adecuada para aquellas máquinas más críticas en la operación de una compañía.

Evolución del mantenimiento

Según (Torres, 2015) El siglo XX marca el inicio de las actividades de mantenimiento reparativo y la creación de los primeros talleres, que da por origen la Primera Generación de Mantenimiento y se extiende hasta mediados del siglo y tiene como características relevantes

En la segunda guerra mundial se implanta técnicas para prevenir fallas de los equipos en dicho combate para así disminuir los costos de las reparaciones, lo que da origen a la Segunda Generación de Mantenimiento y se extendió hasta mediados de los 70. (Torres, 2015)

Ya en los años 70 se presenta el auge de nuevas tecnologías y se desarrollan nuevas técnicas con el fin de prevenir las fallas de los equipos y disminución de costos de reparación con base en los postulados de máxima calidad, seguridad y protección del Medio Ambiente, lo que da origen a la Tercera Generación de Mantenimiento, que se extendió hasta final del siglo. (Torres, 2015)

“El desarrollo de las modernas metodologías metodologías del mantenimiento ha rebasado los pronósticos más audaces; la gran diversidad de estrategias, ideologías, técnicas y herramientas, particularmente en las áreas de gestión gerencial de la normatividad internacional, y de las tecnologías sistematizadas para diagnóstico proactivo, con las cuales se ha reducido considerablemente el costo total de manufactura, así lo demuestran”. (García Palencia, 2012)

.Misión del mantenimiento

Según (García, 2012, p.24). “El mantenimiento industrial como parte integral de la producción, tiene como propósito garantizar el óptimo funcionamiento de los equipos, y demás infraestructura empresarial mediante programas de prevención y predicción de fallas; reparación de daños y mejoramiento continuo de sus condiciones operativas con política de cero defectos, para cumplir sus cuatro objetivos fundamentales:

- Conservación de los activos físicos
- Disponibilidad de los activos físicos
- Administración eficaz de los recursos
- Desarrollo del talento humano

.Visión de mantenimiento

Según (García, 2012, p.24). La visión del Mantenimiento es la imagen guía que define su prospectiva a largo plazo, y que debe incluir:

- Reducción del monto del trabajo de mantenimiento
- Mantenimiento Basado en Condición, en vez de actividades basadas en el tiempo.
- Uso extensivo de medidas costo – desempeño y de índices para lograr el mejoramiento continuo de la Contabilidad de los equipos

.Tipos de mantenimiento

La Gestión de Mantenimiento busca garantizar a los clientes internos o externos, que el parque industrial esté disponible, cuando este sea requerido con Disponibilidad , Confiabilidad y Seguridad Total, durante el tiempo necesario para que sea operado, con los requisitos técnicos y tecnológicos, para producir bienes o servicios.

Para (García Palencia, 2012) “En la práctica real del mantenimiento industrial solo existen dos tipos, o formas fundamentales de hacer mantenimiento:

- **Mantenimiento Reactivo:** Es el conjunto de actividades desarrolladas en los sistemas, equipos, máquinas, instalaciones o edificios, cuando a causa de una falla se requiere recuperar su función principal.

- **Mantenimiento Proactivo:** Es el sistema opuesto del sistema reactivo, es decir, las acciones del mantenimiento se realizan antes de presentarse la falla del equipo. En la operación proactiva la prevención de fallas se hace a través de inspecciones, de acciones preventivas y predictivas.

González (2011. p 157) nos entrega un conjunto de aplicaciones para la prevención de fallas funcionales, entre ellas, el análisis vibracional y termográfico. (Ver figura7)

Gráfico. 2 Técnicas predictivas más usuales según González (2011).

TÉCNICAS PREDICTIVAS MÁS USUALES, VARIABLES IDENTIFICATIVAS Y EQUIPOS O INSTALACIONES DE APLICACIÓN		
Variable identificadora a medida	Técnicas de diagnosis	Tipo de instalación o equipo
Vibraciones	Medición de vibraciones Impulsos de choque Analizador de frecuencias	Maquinaria rotativa
Viscosidad, partículas y degradación de Lubrificantes	Monitorización del color Oxidación Análisis espectroquímicos	Reductores, cajas de cambio, motores térmicos, compresores
Temperatura	Termografía Pintura térmica Adhesivos de bandas	Sistemas estáticos, térmicos, eléctricos y electrónicos

Fuente: Teoría y Práctica Mantenimiento Industrial Avanzado. González 2011.p.158

La estadística tiene una importancia sustancial, para González (2011, p. 158), “el mantenimiento predictivo debe verse complementado por la utilización de técnicas estadísticas. No es un mantenimiento que se base en la intuición. Se apoya en mediciones rigurosas de variables y tratamiento de dichas medidas”.

El mantenimiento predictivo consta de tres etapas fundamentales:

Detección.- Esta es la etapa de recolección de datos de las máquinas y/o equipos, que es muy útil para poder detectar problemas en algunos puntos de los equipos o máquinas. Los datos tomados por lo general nos sirven para un análisis de la posible causa del problema.

Análisis.- Consiste en investigar el problema detectado en la primera fase. En este caso, hay que encaminarse a la máquina y tomar datos adicionales que nos ayuden a encontrar la causa del cambio de condición.

Fallas: Eliminar el problema detectado y analizado, tomando acción adecuada y correcta. (Tecsup virtual, 2015, p 12).

Dimensiones de la variable independiente:

Para seleccionar adecuadamente las tareas predictivas es necesario saber los efectos que generan las fallas. Si tenemos un rodamiento cuyo modo de falla es el desgaste, su falla funcional será cuando el rodamiento se deteriore y quede agarrotado al eje, previo a su falla funcional, éste, emitió vibraciones, calor, ruido que son los efectos que genera éste modo de falla y seleccionaremos las tareas predictivas como: análisis vibracional, termografía, emisión acústica, etc., en función a estos efectos generados.

Análisis vibracional

El principal parámetro de operación para determinar las condiciones dinámicas tales como balance, estabilidad de los rodamientos y esfuerzos aplicados a los componentes de una máquina es la vibración.

González (2011) manifiesta que el Mantenimiento Predictivo a través del Análisis Vibracional es actualmente una de las técnicas predictivas más desarrolladas en el campo de las tecnologías de mantenimiento de Tercera Generación.

Su entendimiento es en cierto modo sencillo pues, por muy perfectas que puedan ser todas las máquinas, estas vibran mientras funcionan, y en dicha vibración existe una información útil destinada a conocer el estado de la máquina. Si se analiza “la forma de vibrar” se puede determinar el estado de la máquina con un eficiente registro creándose así una base de datos para un análisis de tendencias. De esta manera se puede programar la intervención anticipada dentro de un periodo estimable, o sea, antes que se llegue a producir la avería. (p. 161-162).

Singiresu (2012) nos explica el desarrollo del comportamiento inicial de una vibración hasta que se convierte, en el transcurso del tiempo, en una avería: La mayoría de las máquinas producen bajos niveles de vibración cuando están

diseñadas apropiadamente. Durante su operación, las máquinas se someten a fatiga, desgaste, deformación y asentamiento de los cimientos, estos efectos incrementan las holguras entre partes en contacto, desalineaciones en flechas principios de grietas en sus piezas y desbalances en rotores, todo lo cual aumenta el nivel de vibración con los que se provocan cargas dinámicas adicionales en los rodamientos. Conforme pasa el tiempo los niveles de vibración siguen aumentando y acaban provocando fallas o descompostura de la máquina. Los tipos comunes de fallas o condiciones de operación que conducen a niveles aumentados de vibración en máquinas incluyen flechas deflexionadas o excéntricas, componentes desalineados o desbalanceados, rodamientos o engranes defectuosos, propulsores con aspas defectuosas y partes mecánicas flojas. (p. 864)

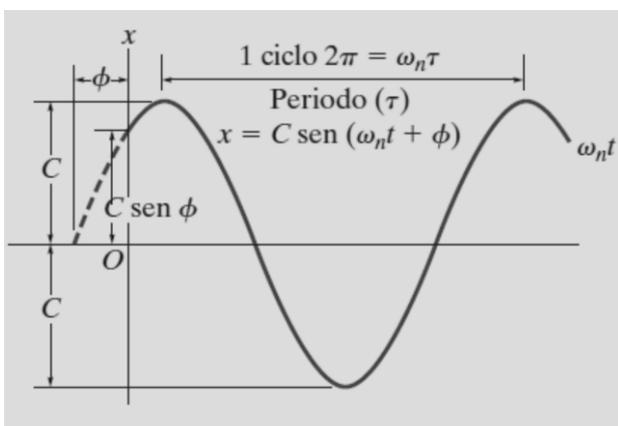
La vibración es un movimiento alternante de una parte de una máquina desde su posición de reposo. Es una reacción de la estructura a las fuerzas generadas interna o externamente en la máquina.

Cualquier movimiento (los armónicos son múltiplos enteros de la velocidad de vibración) simple pueden ser descrito por 3 parámetros. Estos parámetros son indicadores de la naturaleza y la severidad de las fallas.

- **Amplitud** (valor de pico). Indicador de la severidad de la vibración.

Cuanto mayor sea la amplitud, mayor será el problema que estamos observando. Es causada por desplazamiento, velocidad y aceleración.

Movimiento armónico simple



$$x = A \text{ sen } (\omega t + \phi)$$

$$v = A \omega \text{ cos } (\omega t + \phi)$$

$$a = -A \omega^2 \text{ sen } (\omega t + \phi)$$

- El desplazamiento acentúa ampliamente las bajas frecuencias.
- La velocidad responde de forma plana a todas las frecuencias.
- La aceleración acentúa ampliamente las altas frecuencias.

Se puede afirmar que la amplitud de oscilación (desplazamiento) aumenta conforme disminuye la frecuencia.

- **Frecuencia** (en henrios ó r.p.m). Número de oscilaciones por unidad de tiempo. Son generadas por el movimiento rotativo de las piezas de las máquinas.

- **Fase** (suele medirse en grados). Como está oscilando un componente respecto de otro.

Cuando un material está oscilando tenemos una Amplitud de vibración y Frecuencia de vibración. Son la Amplitud x Frecuencia nos indica como la Amplitud de Velocidad de vibración. Nos indica cómo se va a destruir el material. Esto es la Fatiga, es el principal enemigo de los equipos. No es por el esfuerzo sometido por las máquinas. El mejor parámetro vibracional es la **Velocidad de vibración (RMS)**.

Uno de los elementos más críticos en cualquier máquina rotativa son los cojinetes y rodamientos, pues sobre ellos descansa todo el peso del rotor. Así mismo soportan todos los esfuerzos dinámicos que se originan como consecuencia de desequilibrio, desalineaciones, excentricidades, etcétera. Un defecto en los elementos rodantes produce una vibración característica fácilmente detectable en un espectro de frecuencia. Estas **frecuencias de fallo del rodamiento** dependen de dos factores: la velocidad de giro y los parámetros geométricos del rodamiento (Ver figura 12). Las etapas de este tipo de técnica de aprecia en el anexo 6.

Análisis Termográfico

Los ensayos infrarrojos y térmicos se basan en el uso de mediciones de flujo de calor y temperatura como medios para la detección y predicción de averías. Estos ensayos investigación se utiliza instrumentos de no contacto basados en la radiación infrarroja, como pueden ser los equipos se efectúan con instrumentos de contacto o no contacto. Para fines de esta de imágenes térmicas (cámaras térmicas infrarrojas termográficas) .La termografía infrarroja se emplea para diagnosticar, a

través de patrones térmicos, las diversas temperaturas de la superficie de un objeto con el objetivo de asegurar el comportamiento adecuado del equipo evaluado.

Para González (2011, p. 200), La termografía es una técnica de mantenimiento predictivo con aplicaciones muy concretas basadas en el hecho de que todos los cuerpos, por estar a temperatura superior al cero absoluto, emiten una radiación electromagnética. Una de las evidencias o variables más representativas del deterioro de los componentes de un equipo es la temperatura. Esta genera una radiación y las cámaras termográficas son capaces de captar dicha emisión y transformarla en una imagen que representa la distribución de temperatura superficial de algún punto en concreto del equipo.

En la actualidad hay equipos que pueden captar temperaturas de -50 a 2.000 °C con una resolución de temperatura de 0,1 °C, una resolución espacial de 1000 °C y una distancia de enfoque de 15 cm a cientos de kilómetros.

Las medidas por infrarrojos cuentan con muchas ventajas, pues posibilitan además obtener la temperatura de objetos móviles y con un complicado acceso. Al ser una técnica sin contacto, no interfiere con la operatividad y comportamiento propio del elemento que estamos observando y, además, tiene la ventaja de poder captar grandes áreas con un tiempo rápido de respuesta y con una elevada precisión y repetitividad, por lo que es rápido realizar un archivo histórico evolutivo de estas medidas.

1.3.2 Productividad

“La Productividad es un ratio o índice que mide la relación existente entre la producción realizada y la cantidad de factores o insumos empleados en conseguirla.” (Cruelles, 2013)

“Es la relación entre los productos logrados y los insumos que fueron utilizados o los factores de la producción que intervinieron.” (García, 2012, p.10).

El índice de productividad nos expresa el buen desempeño de todos y cada uno de los factores que intervienen en la producción, los críticos e importantes, en un periodo determinado.

Productividad = Producción lograda / Recursos utilizados

“Es una comparación entre productos e insumos. Esta comparación puede realizarse en términos físicos o monetarios, o en algún otro tipo de indicador. En todos los casos, la productividad es una medida de la eficiencia”. (Medianero, 2016, p.24).

“La productividad tiene que ver con los resultados que se obtiene en un proceso o sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos.” (Guitérrez, 2014, p. 20).

Productividad = (Eficiencia) x (Eficacia)

Productividad = Tiempo Útil / Tiempo Total X

Producción ejecutada / Producción planeada

Tipos de productividad

a) Productividad total

La productividad total se puede calcular por medio de la fórmula

$$\mathbf{Pt = Ot / T + C + M + Q}$$

En la que Pt = productividad total

Ot = output (producto) total

T = factor trabajo

C = factor capital

M = factor materias primas y piezas compradas

Q = insumo de otros bienes y servicios varios

Fuente: Gestión de la productividad (Prokopenko, 1989)

b) Productividad parcial

Según (Sumanth, 2009), define la productividad parcial como una porción que viene de un resultado a una clase de insumo utilizado. Es decir, la productividad parcial permite conocer el comportamiento de un factor insumo de todo el sistema productivo. Como productividades parciales para un sistema productivo se puede identificar 3 tipos de productividades generales:

$$\text{Productividad} = \text{Producción} / \text{Mano de obra}$$

$$\text{Productividad} = \text{Producción} / \text{Capital}$$

$$\text{Productividad} = \text{Ventas} / \text{Pagos}$$

Indicadores

. La eficiencia

“Relación entre los resultados logrados y los recursos empleados. Se mejora optimizando recursos y reduciendo tiempos desperdiciados por paros de equipo, falta de material, retrasos, etcétera.” (Gutiérrez, 2012).

Estoy de acuerdo en que la eficiencia siempre se positiva, pero eso se reflejará siempre que durante ese lapso de tiempo no se haya tenido imprevistos. “Mide la relación entre insumos y producción, busca minimizar el coste de los recursos (hacer bien las cosas). En términos numéricos, es la razón entre la producción real obtenida y la producción estándar esperada.” (Cruelles, 2012, p.10).

. La eficacia

Es la capacidad para producir el efecto deseado o de ir bien para determinada cosa, y el factor clave es el tiempo.

“Grado con el cual las actividades planeadas con realizadas y los resultados previstos con logrados. Se atiende maximizando resultados”. (Gutiérrez y de la Vara, 2013, p.7).

“Es el grado en que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados”. (Gutiérrez, 2014, p.20).

Coeficientes de Efectividad o Rendimiento

Tiene en cuenta las pérdidas por tiempos en vacío y paradas cortas y las pérdidas por reducción de velocidad. La mejora de este coeficiente implica, evidentemente, la erradicación de estas pérdidas.

$$Tasa\ de\ Rendimiento = \frac{\text{ratio de producción actual}}{\text{ratio de producción estándar}} \times 100$$

Tasa De Calidad

Tiene en cuenta las pérdidas derivadas de la producción de productos con calidad inferior a la esperada, es decir el tiempo para su recuperación y reprocesado de estos productos y las pérdidas que ocurren durante la puesta en marcha de la maquinaria. Cualquier acción que permita la reducción del número de productos defectuoso o estabilizar los antes posible el proceso productivo conllevará un aumento del coeficiente de calidad.

$$Tasa\ de\ calidad = \frac{\text{Producción total} - (\text{defectos de calidad mas reproceso})}{\text{Producción total}}$$

(Gutiérrez 2014) define productividad como el cociente en formado entre los resultados logrados y los recursos empleados. Los resultados pueden medirse en unidades producidas, piezas vendidas o en utilidades, los recursos empleados tienden a cuantificarse por número de empleados, tiempo total empleado, horas máquina, etc. (GARCÍA. 2011 Pg. 16) En su libro productividad y reducción de costos García define:

Productividad: Es la relación entre los productos logrados y los insumos que fueron utilizados o los factores de la producción que intervinieron. El índice de la productividad muestra el buen aprovechamiento de todos y cada uno de los factores de la producción los críticos e importantes, en un periodo definido.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema General

¿De qué manera la implementación del mantenimiento predictivo incrementa la productividad en el área de máquinas automáticas de la Empresa Tecnopress S.A.C., ATE 2017?

1.4.2 Problemas específicos

¿De qué manera la implementación del mantenimiento predictivo incrementa la eficiencia en el área de máquinas automáticas de la Empresa Tecnopress S.A.C., ATE 2017?

¿De qué manera la implementación del mantenimiento predictivo incrementa la eficacia en el área de máquinas automáticas de la Empresa Tecnopress S.A.C., ATE 2017?

1.5 Justificación del estudio

1.5.1 Justificación Teórica

Según Méndez (como se citó en Bernal, 2010), "En investigación se encuentra una justificación teórica cuando el motivo del estudio es ocasionar reflexión y debate académico en el conocimiento existente, confrontar una teoría, contrastar resultados o realizar epistemología del conocimiento existente". (p. 106)

En el desarrollo de la investigación las fuentes bibliográficas seleccionadas se convirtieron en el sostenimiento de las teorías utilizadas para la aplicación de la metodología del Mantenimiento Predictivo. El presente estudio de investigación se justifica así, teóricamente, porque recoge del autor capital, Francisco J. González, ofrece un conjunto de técnicas predictivas que contribuirá a evitar que las fallas potenciales se conviertan en fallas funcionales en las máquinas rotativas. El autor destina todo un capítulo para ventilar las diversas técnicas predictivas aplicadas hoy en día. Así mismo en una segunda publicación realizada por el mismo autor, y

que posee los altísimos méritos de su primera obra, nos brinda los indicadores de Costos de Mantenimiento tan necesarios para la evaluación de resultados.

De esta manera la elección bibliográfica, además del autor mencionado, basada bajo un escrutinio concienzudo, es pertinente e idóneo considerando que los todos ellos establecieron una congruencia atendible con la realidad problemática trasladando el conocimiento teórico a un campo existente para su aplicación.

La información obtenida sirvió para poyar la teoría de la aplicación del Mantenimiento Predictivo dentro de la gestión de mantenimiento donde la ausencia esta metodología es todavía latente.

1.5.2 Justificación Práctica

Según Méndez (como se citó en Bernal, 2010), “Se considera que una investigación tiene justificación práctica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al implementarse contribuirían a resolverlo”. (p. 106).

La pretensión de la aplicación de las técnicas predictivas es permitir la reducción del número de averías, obteniendo de esta manera, salvaguardar la vida útil de las máquinas rotativas y reducir los costos de mantenimiento. Es inherente que por su naturaleza anticipatoria del Mantenimiento Predictivo exista una justificación práctica que establece que la intervención precoz de una potencial avería resuelva el problema de fallas en las máquinas rotativas y, por consecuencia, el ahorro en costos de reparación.

De esta manera se declara que su utilización tiene trascendencia en el ámbito de la industria de productos y servicios ya que propone una cultura predictiva basada en el análisis y toma de decisiones.

1.5.3 Justificación Metodológica

Según Méndez (como se citó en Bernal, 2010) “En la investigación científica, la justificación metodológica del estudio se observa cuando el proyecto que se va a realizar ofrece un nuevo método o una nueva táctica para generar entendimiento válido y confiable”. (p. 107).

Existe una justificación metodológica pues la manera como se aborda esta investigación servirá como referencia a ingenieros industriales y técnicos, especializados en mantenimiento, encontrar las causas de una falla mecánica de una máquina rotativa. El conjunto de procesos que deben dar desde la obtención de la información propia de la máquina, pasando por la técnica predictiva a utilizar, hasta el diagnóstico según las mediciones obtenidas, será en definitiva un manual de una buena práctica para el tratamiento de máquinas rotativas.

1.5.4 Justificación Social

(Doupovec, 2010) Como justificación social consiste en realizarse la interrogante de los beneficios obtenidos con impacto sobre la sociedad o quiénes se beneficiarán con el desarrollo del proyecto.

El recurso más valioso es el recurso humano en este sentido la actividad del sistema de riesgos debe ir encaminado a crear una cultura de autocuidado en los trabajadores que garantice calidad de vida laboral y por consiguiente mayor calidad y productividad.

Frente a todas las dificultades con las que cuenta las empresas industriales, un buen mantenimiento predictivo incrementará la producción de la empresa, así también, mejorará las condiciones de los trabajadores, por ende, el de sus familias y así contribuirá al desarrollo de la sociedad.

1.5.5 Justificación Económica

Un aspecto fundamental en la justificación económica de un proyecto está basado en el aspecto económico. Para poder realizar esta inversión acudimos al departamento financiero de nuestra empresa para que nos concedan presupuesto. Generalmente los bienes destinados a mantenimiento se contabilizan como gasto, más gasto se tildará reducir el indicador financiero por lo que no estarán dispuestos a concedernos demasiado presupuesto. Para alcanzar involucrar al departamento financiero y manifestar que nuestro proyecto está alineado con sus objetivos, tendremos que presentarlo en su “idioma”. Una propuesta con detalles técnicos no

ayudará a tomar la decisión puesto que no aporta valor a quien calcula su repercusión financiera. Es trabajo del responsable de mantenimiento analizar los datos técnicos y transformarlos en indicadores objetivos y cuantificables. Realizar un estudio de los costes de nuestra planta que pueden cambiar con la introducción del mantenimiento predictivo. Se trata de reconocer el dinero que nos estamos gastando en operar y mantener una máquina. Este análisis puede resultar tan complejo como se quiera, para justificar nuestra inversión.

Inversión que bastarán los costes más evidentes como mano de obra o coste de los repuestos, pero son muchos los costes que se van a disminuir a raíz de la implantación del mantenimiento predictivo: Costes derivados de la indisponibilidad, Coste del sobre mantenimiento, Costes en pérdida de materia prima, Costes por fallas catastróficas, Costes por emisiones o vertidos (coste medioambiental), Costes de Stock (Almacenaje, deterioro, pérdidas de materias primas ,etc. El análisis económico es muy significativo para llevar adelante la justificación financiera que nos permita tener la seguridad que las inversiones permiten obtener una rentabilidad objetiva.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

H: La implementación del mantenimiento predictivo incrementa la productividad en el área de máquinas automáticas de la Empresa Tecnopress S.A.C., Ate 2017.

1.6.2 Hipótesis específica

H.1.1.- La implementación del mantenimiento predictivo incrementa la eficiencia en el área de máquinas automáticas de la Empresa Tecnopress S.A.C., Ate 2017

H.1.2.- La implementación del mantenimiento predictivo incrementa la eficacia en el área de máquinas automáticas de la Empresa Tecnopress S.A.C., Ate 2017.

1.7 Objetivo

1.7.1 Objetivo General

Determinar cómo la implementación del mantenimiento predictivo incrementa la productividad en el área de máquinas automáticas de la Empresa Tecnopress S.A.C., Ate 2017.

1.7.2 Objetivos Específico

1.- Determinar cómo la implementación del mantenimiento predictivo, incrementa la eficiencia en el área de máquinas automáticas de la Empresa Tecnopress SA.C., Ate 2017.

2.- Determinar cómo la implementación del mantenimiento predictivo, incrementa la eficacia en el área de máquinas automáticas de la Empresa Tecnopress S.A.C., Ate 2017.

II

METODOLOGÍA

2.1 Diseño de investigación:

BERNAL, César 2010, p. 146. Los diseños cuasi experimentales se diferencian de los experimentales verdaderos porque en aquéllos el investigador ejerce poco o ningún control sobre las variables extrañas, los sujetos participantes de la investigación se pueden asignar aleatoriamente a los grupos y algunas veces se tiene grupo de control.

El diseño de investigación es cuasi experimental – longitudinal de tendencia por temporalidad, porque la población definida para la aplicación del mantenimiento predictivo para incrementar la productividad es la misma cantidad que la muestra, la cual será medida en diferentes tiempos, es decir, antes de la implementación del mantenimiento predictivo y después de la implementación del mantenimiento predictivo en la Empresa Tecnopress S.A.C.

Clases de diseños

1. No experimentales Se realiza sin emplear deliberadamente las variables independientes. Se observan los fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para después revisarlos. En esta investigación no se asignan aleatoriamente a los participantes o tratamientos. Se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente por el investigador

Transversales El investigador indaga sobre hechos o fenómenos en un determinado momento del tiempo. Pueden ser:

Descriptivos Simples: Recoge información de una variable en una determinada población, sin intención de administrar tratamiento.

Descriptivo comparativo: Recolección de información en dos o más muestras sobre un mismo fenómeno y comparación en los datos generales o en una categoría de ellos

Correlacionales. Se orienta a determinar el grado de relación existente entre dos o más variables en una misma muestra de sujetos

Explicativas o Correlacionales causales: Se orienta a determinar el grado de relación existente entre dos o más variables en una misma muestra de sujetos, pero

a diferencia de la anterior es una relación de causa y efecto donde la causa es la variable independiente y el efecto es la variable dependiente.

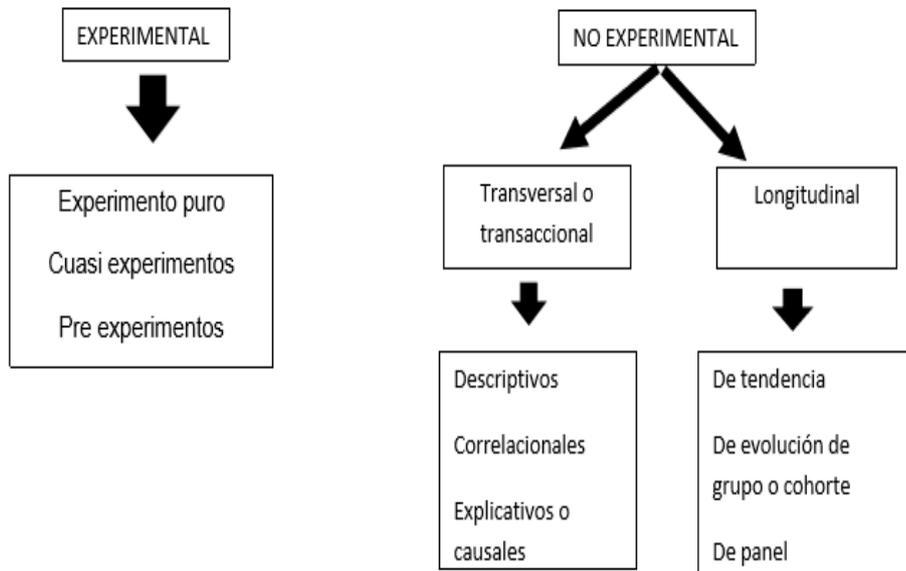
Longitudinales: También denominados evolutivos, analizan los cambios del comportamiento de las variables a través del tiempo.

Experimentales: Los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador manipula intencionalmente una variable independiente (causa) para observar los efectos en otra variable a la que se le denomina variable dependiente (consecuencia). Los requisitos para que pueda considerarse a un estudio como experimento son la manipulación intencional de una o más variables independientes, tomando en cuenta que manipular es hacer variar o asignar distintos valores a la variable independiente o medir el efecto que tiene la variable independiente en la dependiente o cumplir el control o la validez interna de la situación experimental. Para el primer requisito es importante identificar los grados de manipulación de la variable independiente. El nivel mínimo de manipulación es de dos grados, refiriéndose a la presencia o ausencia de la variable independiente. Cada grado o nivel de manipulación involucra un grupo en el experimento lo cual permite clasificarlos en:

Pre experimentos Diseño de un solo grupo cuyo grado de control es mínimo. Generalmente útil como un primer acercamiento al problema de investigación en la realidad.

Cuasi experimentos Estos diseños trabajan con grupos intactos pre establecidos, asemejándose a los experimentales puros pues ya se agrega un grupo de control o testigo al cual no se le suministra el estímulo para comparar los efectos de la variable independiente sobre la dependiente.

Clases de diseños



2.1.1 Tipo de investigación

La investigación desarrollada es considerada por su finalidad como una investigación aplicada, ya que se implica el comportamiento de la variable independiente en la variable dependiente, es decir, su influencia del mantenimiento predictivo sobre la productividad. Así mismo, por su profundidad se considera una investigación explicativa, ya que, mediante la aplicación de una estrategia, es decir, el mantenimiento predictivo y sus dimensiones e instrumentos de recolección de datos son necesarios para realizar el contraste de las hipótesis planteadas mediante los indicadores formulados, tales como, detección, fallas, tiempo de detección y tiempo programado de trabajo.

Aplicativo: Al analizar los resultados, se identifica las causas del problema y ello nos lleva a proponer posibles soluciones, tomar decisiones, establecer políticas y estrategias que se apliquen para la mejorar la situación actual de la empresa.

Aplicada: Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación.

a) Tendencia.- Según la tendencia de la investigación y sobre todo la forma como van a ser abordadas o tratadas las variables de estudio, se dividen en Investigación cuantitativa la cual investigación más clásica donde se describe analiza y experimenta con la variable en estudio. Pretende dar un aporte científico sobre un hecho, es real, tangible medible, reproducible, generalizable y predecible. Toma en cuenta la mayor número posible de individuos a investigar.

Investigación cualitativa: son investigaciones que muestran en lo posible el pensamiento humano, sus sentimientos, se usa grupos pequeños y la muestra analizada participa activamente en la investigación, se busca transformar la realidad de la variable en estudio, es muy empleada en estudios sociales.

b) Orientación Toma en cuenta los siguientes criterios:

De acuerdo al periodo en que se capta la investigación

Retrospectiva: La información es captada anteriormente a su planificación. Es decir capta los datos del pasado

Prospectiva: La información es captada posteriormente a su planificación.

De acuerdo a la evolución del fenómeno estudiado

Longitudinal: Información captada haciendo un seguimiento del fenómeno en varias periodos de tiempo.

Transversal: La información es captada solo una vez y luego se procede hacer su descripción o análisis.

De acuerdo a la comparación de los factores

Descriptiva: Estudios que solo cuentan con una población, la cual se pretende describir en función de un grupo de variables.

Comparativo: Estudios donde existe 2 o más poblaciones, con las cuales se quieren comparar algunas variables para contrastar hipótesis

De acuerdo a la interferencia del investigador

Descriptivo básico u observacional, el investigador solo puede describir o medir el fenómeno estudiado, no modifica los factores que intervienen en la investigación.

Experimental, el investigador modifica las variables en estudio.

c) Por el propósito o finalidades perseguidas

Básica: Contribuyen a la ampliación del conocimiento científico, creando nuevas teorías o modificando las ya existentes.

Aplicada: Es la utilización de los conocimientos en la práctica para aplicarlos en la mayoría de casos en beneficio de la sociedad, la investigación aplicada puede ser exploratoria, descriptiva o explicativa.

d).Por el nivel o alcance que se logran los resultados

Exploratoria: Se efectúa cuando el objeto o problema de investigación es nuevo, no ha sido antes abordado o es muy poco estudiado o no se tiene mucha información al respecto.

Descriptiva: describen ciertos rasgos de la realidad, propiedades y muestran su comportamiento. Responde a las preguntas de: qué es, cómo es, dónde está, de qué está hecho, como están sus partes interrelacionadas. Están dirigidos a ver:

.Cómo se manifiestan determinados fenómenos

.Buscan especificar las propiedades importantes de los fenómenos.

.La frecuencia con que se producen los fenómenos busca determinar otros aspectos, dimensiones o componentes de las variables.

Correlacional: Además de describir el comportamiento de los fenómenos o variables determina el grado de relación existente entre ellas sin determinar las causas que lo originan. Permite conocer cómo se comporta una variable conociendo el comportamiento de la otra, en este tipo de estudio no hay evidencia de variable dependiente e independiente.

2.1.2 Nivel de investigación

Explicativa o correlacional causal: se centra en determinar las causas de un determinado conjunto de fenómenos, su objetivo es conocer como suceden ciertos hechos, para analizar sus relaciones causales existentes o por lo menos a las

condiciones en que se producen, dando a conocer por qué ocurre un fenómeno y porqué se da este. Explica por qué ocurre un fenómeno y porqué se da este. En este estudio si hay evidencia de variable independiente y dependiente.

Según Hernández, R. (2007). Es correlacional pues las variables están identificadas y una de ellas (la variable independiente), de alguna manera tiene relación en la otra (V. Dependiente), es lo que se plantea en la hipótesis de investigación.

2.2 Variables, operacionalización

Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. Es la raíz de la investigación, ya que de ahí parte todo.

Huamanchumo H. y Rodríguez J. (2015), Se entiende por variable que son propiedades de objeto de investigación, donde guían al investigador para su explicación del tema. Cada propiedad equivale a una variable que ayuda al objeto de estudio (p.100).

Variable independiente: Mantenimiento predictivo

“El Mantenimiento Predictivo consiste en la detección y diagnóstico de averías antes que se produzcan. Así poder programar los paros para reparaciones en los momentos oportunos. La filosofía de este tipo de mantenimiento se basa en que normalmente las averías no aparecen de repente, si no que tienen una evolución. Un defecto con el tiempo puede causar una avería grave”. (Cuatrecasas y Torrell, 2010, p.216). Es la detección precoz de los síntomas de una avería. Aquellas consecuencias de fallas en las máquinas rotativas, generadas por la falta de atención anticipada a los potenciales signos de una alteración de alguna variable (vibración, temperatura, etcétera), son manifestaciones inequívocas de la ausencia de alguna técnica basada en la metodología del mantenimiento predictivo.

Variable dependiente: productividad

“Denominada también productividad del trabajo, se mide a través de la relación entre la producción obtenida o vendida y la cantidad del trabajo incorporado en el proceso productivo en un periodo determinado, existen dos procedimientos para cuantificar la productividad”(INEGI,2012).

Cruelles (2012) define productividad como un ratio que mide el aprovechamiento de los factores que influyen a la hora de realizar un producto. (p. 10).

Tabla N° 2: Matriz de operacionalización

Variables	definición Conceptual	Definición Operativa	Dimensiones	Indicadores	Fórmula	Escala	Instrumentos
MANTENIMIENTO PREDICTIVO	."Estudia la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para así determinar en qué periodo de tiempo, ese fallo va a tomar una relevancia importante, y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves." (Leandro Torres, p. 152)."Es uno de los métodos concreto en los que más se ha avanzado dentro de las tecnologías de mantenimiento de tercera generación".(Francisco Javier González Fernández, p.136)	Mantenimiento Predictivo es una técnica para pronosticar o para la detección del punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente puede reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo murto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza, con la finalidad de optimizar su funcionamiento y evitar paradas imprevistas.	Detección	Tiempo de detección	$TDF = \frac{TD}{TPT} \times 100$ <p>TD = Tiempo de detección TPT = Tiempo programado de trabajo</p>	Razón	Ficha de registro
			Fallas	Horas de máquina parada	$HMP = \frac{TCP}{TCP} \times 100$ <p>TCP =Tiempo de corrección TCP= Tiempo de corrección proyectada</p>	Razón	
PRODUCTIVIDAD	.Relación entre productos é insumos, haciendo de éste indicador una medida de la eficiencia con el cual la organización utiliza sus recursos para producir bienes finales .La medida más popular es aquella que relaciona la cantidad de productos con la cantidad de trabajo empleada, de éste modo la productividad se define como la cantidad de bienes o servicios producidos por unidad de insumos utilizados. (David Medianero Burga, p.24)	.La productividad es la expresión de la eficiencia y mide la relación entre la producción existente o la producción realizada y la cantidad de factores o insumos empleados en conseguirla. La medición de la productividad, compromiso organizacional y retroalimentación de los resultados alcanzados, son los factores claves para lograrlo.	Eficiencia	índice de eficiencia	$\text{Eficiencia} = \frac{TP}{TU} \times 100$ <p>TP = Tiempo programado TU = Tiempo utilizado</p>	Razón	
			Eficacia	índice de eficacia	$\text{Eficacia} = \frac{PR}{PP} \times 100$ <p>PR = Producción real / PP =Producción planificado</p>	Razón	

Fuente: Elaboración propia

2.3 Población y muestra

Población

Se define como población al conjunto total de individuos, objetos o cosas que son observados en un determinado lugar y en un determinado momento.

Para la investigación descrita se define como población la producción de cerraduras obtenida diariamente, es decir, la población se encuentra conformada por 24 reportes diarios de producción de cerraduras en el área de máquinas automáticas de la Empresa Tecnopress S.A.C.

Muestra

Según Hernández (2014) “La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población” (p. 175).

El tipo de muestra definida es de tipo intencional, es decir, definida a conveniencia del autor. Por lo tanto, la muestra definida por los 24 reportes diarios de cerraduras del área de máquinas automáticas de la Empresa Tecnopress S.A.C., ya que para evaluar el impacto del mantenimiento predictivo en la productividad se considera suficiente.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1.-Técnicas

Actualmente, en investigación científica hay gran diversidad de técnicas o instrumentos para la recolección de conocimiento en el trabajo de campo de una determinada investigación. De acuerdo con el método y el tipo de investigación que se va a efectuar, se usan unas u otras técnicas. (Bernal, p.192).

En el presente proyecto se utilizará fuentes primarias como la observación, datos históricos correspondientes al área de planificación, que nos permita analizar y desarrollar el proyecto. Fuentes secundarias: bibliotecas: fichajes, tesis: datos estadísticos.

Observación Directa

Mediante esta técnica se observarán el comportamiento del área de planificación, así como los diferentes procesos que intervienen en el flujo del proceso, en donde se realizará la mejora las cuales nos permitirá obtener información importante para el proyecto.

Recolección de datos

La recopilación de información es un proceso que implica una serie de pasos. (Bernal, pág. 194). Una vez observado los diferentes procesos recolectaremos los datos cuantitativos a través de los formatos internos

2.4.2 Instrumentos de Recolección de Datos

“Son los medios materiales que emplea el investigador para recoger y almacenar la información. Pueden ser formularios, pruebas de conocimientos o escalas de actitudes” (Valderrama, 2015, p. 195).

En este proyecto el instrumento utilizado fué el registro de análisis de desarrollo, archivos y fichas de recolección de datos, formatos, hojas de registro.

Formatos de Recolección de Datos

Han sido empleados las Hojas registros de la empresa Tecnopress S.A.C. donde se visualizan los valores de los indicadores de las respectivas variables que nos permitirán realizar el análisis de los datos obtenidos.

2.4.3.-Validez

La validez del instrumento será medido con objetividad, veracidad y autenticidad, validando la información recolectada. La validez de dicho instrumento (recolección de datos) se midió mediante el juicio de expertos, teniendo en cuenta a tres docentes de la escuela de Ingeniería Industrial (SUBE) de la Universidad César Vallejo.

2.4.4 Confiabilidad

Los datos recopilados para el proceso de elaboración de la presente investigación se consideran confiables ya que, son fuente fidedigna de la Empresa Tecnopress S.A.C., para los fines científicos de investigación.

2.5 Métodos de análisis de datos

2.5.1 Análisis descriptivo

Como análisis descriptivo se tiene como finalidad poder conocer las características de la serie de datos de la variable en estudio. Para la presente tesis, se procede a analizar la serie de datos de la productividad para la identificación de su medida, mediana, varianza y desviación estándar, a través del software estadístico SPSS V23.

2.5.2 Análisis Inferencial

Como análisis inferencial de la variable es realizado también mediante el SPSS versión 23, en la cual se analiza la distribución normal de las variables teniendo como resultado el comportamiento de las mismas, es decir, si es paramétrico o no paramétrico. Dicho de tal manera, si la data de la variable definida es menor de 30 elementos, para determinar el comportamiento de la variable se realiza mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk, así como, si la data de la variable trabajada es mayor a 30 datos, para determinar su comportamiento se realiza mediante el estadígrafo Kolmogorov de Smirnov.

Finalmente, para realizar el contraste de hipótesis de las variables, si el comportamiento de la variable es no paramétrico, el contraste de la variable se realiza mediante el modelo estadístico Wilcoxon, es decir, mediante la tabla Z, de lo contrario, si el comportamiento de la variable es paramétrico, el contraste de hipótesis se realiza mediante el modelo estadístico de la tabla T, es decir, T Student.

2.6 Aspectos éticos

El investigador declara veraces por principio que los resultados son veraces comprometiéndose a responsabilizarse por los datos suministrados por la empresa, la identidad de los individuos que participan en el estudio y respetar la autoría de la información bibliográfica, por ello se hace referencia a los datos de editorial.

2.7 Implementación de la mejora

2.7.1 Situación actual

Luego de analizar las causas que generan la baja productividad y reflejan una deficiencia en la ejecución del mantenimiento, se presenta el siguiente diagrama de operaciones del proceso de la empresa Tecnopress S.A.C. para analizar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas.

- Falta de mantenimiento predictivo.
- Falta de limpieza que genera paradas menores de las maquinarias.
- Pérdidas de velocidad de las máquinas generando baja productividad por falta de limpieza.
- Falta de organización de los operarios.
- Los operarios no tienen niveles de protección.
- Falta de repuestos.
- Muchas averías generadas en las máquinas automáticas.
- Falta de insumos para las maquinarias.
- Falta de incentivos y capacitación.
- Maquinarias usadas no son nuevas.
- Fallas imprevistas no planificadas.
- La demora en las compras de repuestos por fallas demora 3 días.
- Si hay exportaciones la compra de un repuesto esta demora 1 semana, estando la máquina parada.
- Bajo nivel de productividad.

Tabla Nº 3. Registro de frecuencias y origen que causan la baja productividad

No DE CAUSAS	ORIGEN	FRECUENCIAS UNITARIAS	PORCENTAJE INDIVIDUAL
1	FALTA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO	13	15.85%
2	FALTA DE LIMPIEZA GENERA PARADAS MENORES	10	12.19%
3	FALTA DE VELOCIDAD GENERAN FALTA DE PRODUCTIVIDAD	9	10.97%
4	MUCHAS AVERÍAS GENERADAS EN LAS MAQUINAS AUTOMATICAS	8	9.75%
5	FALTA DE REPUESTOS	8	9.75%
6	DEMORA DE 3 DÍAS EN LAS COMPRAS DE REPUESTOS POR FALLAS	7	8.53%
7	DEMORA DE 1 SEMANA POR LA COMPRA DE REPUESTOS QUE ESTÁN PARADAS Y SE VAN A EXPORTAR	7	8.53%
8	FALLAS IMPREVISTAS NO PLANIFICADAS	6	7.31%
9	FALTA DE INSUMOS PARA LAS MAQUINARIAS	5	6.09%
10	MÁQUINAS NO SON NUEVAS Y GENERAN VARIAS AVERÍAS	2	2.43%
11	OPERARIOS NO TIENEN NIVELES DE PROTECCIÓN	2	2.43%
12	FALTA DE INCENTIVOS Y CAPACITACIÓN	3	3.65%
13	FALTA DE ORGANIZACIÓN DE LOS TRABAJADORES	2	2.43%

Fuente: Elaboración propia

En nuestra tabla de datos para hallar la variable independiente que presentamos en nuestra situación actual podemos apreciar nuestra baja eficiencia, eficacia y productividad, a causa de paradas de máquinas no planificadas, por falta de mantenimiento programado, por demoras en compras de repuestos, **por exceso de temperatura en los motores principales** que trabajan montadas en las prensas excéntricas, el tiempo perdido que se daba por cada mantenimiento correctivo en los motores.

Imagen 2. Motor eléctrico en mal estado



Elaboración propia



Elaboración propia

Podemos apreciar el desmontaje de uno de los motores eléctricos a causa de una alta temperatura en toda la carcasa del motor generando una parada imprevista, se puede apreciar manchas marrones, polvillo a causa del exceso de temperatura en los rodamientos del motor. Por ello en coordinación con gerencia se analiza todas las paradas imprevistas y se procede a implementar un tipo de mantenimiento que pueda evitar esas paradas y poder corregir los correctivos de una manera programada sin afectar la producción, a la vez utilizando un instrumento eficiente de predicción.

Gráfico N°1. Diagrama de operaciones del proceso de cerraduras



Fuente: Empresa Tecnopress S.A.C

En la empresa Tecnopress S.A.C, se identifican las siguientes características, mediante la matriz FODA

Tabla N°4. Matriz FODA de la empresa Tecnopress S.A.C

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
ANÁLISIS INTERNO	<p>F1 .Es un producto que ofrece seguridad Y que innova en sus diseños.</p> <p>F2.Es un producto con fuerte demanda.</p> <p>F3. Es un producto de fácil montaje y fácil mantenimiento.</p> <p>F4. Es un producto con un buen marketing fácil de llegar a los clientes</p>	<p>D1.Equipos deficientes, máquinas antiguas,</p> <p>D2.Es un producto que fácilmente puede ser forzado (dañado).</p> <p>D3.Previa evaluación y revisión del producto para verificar su buen estado y mantener su garantía</p> <p>D4.Fallas continuas.</p>
	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
ANÁLISIS EXTERNO	<p>O1.Somos líderes N-. 1 en cerraduras generales</p> <p>O2.Perú ocupa el 15º lugar como proveedor de cerraduras</p> <p>O3.Los convenios internacionales con otros países nos ayuda a exportar nuestros productos</p>	<p>A1.China son una fuerte competencia en el rubro de cerraduras.</p> <p>A2.Devoluciones de nuestras cerraduras por parte de nuestros clientes, al encontrar mal funcionamiento de las cerraduras.</p> <p>A3.Cambio de lotes.</p>

Fuente: Elaboración propia

2.7.1.1 Captura de datos antes de la implementación

Luego de analizar las causas que originan el problema de la baja productividad y recopilar los datos correspondientes con la ficha de registros diseñada para la presente investigación, se obtuvieron los siguientes resultados:

Se detalla en la ficha los 24 días que son los datos pre - test. Tiempo programado en horas, Tiempo utilizado, % de la eficiencia y el promedio de % de la eficiencia antes de la implementación entre el **01 al 28 de Agosto del 2017. (Eficiencia)**

Variable dependiente

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo programado}}{\text{Tiempo utilizado}} \times 100$$

Se detalla en la ficha los 24 días que son los datos pre – test. Producción planificada, Producción real, Eficacia %, Promedio de eficacia. Productividad %, Promedio de % de productividad (**Eficacia**)

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción planificada}} \times 100$$

Captura de los datos antes de la implementación

Antes de la implementación del mantenimiento predictivo, se obtuvieron los siguientes resultados de producción

Tabla N° Reporte de producción del mes de Agosto 2017 (Pre – Test)



Fecha	Tiempo programado (horas)	Tiempo utilizado	Eficiencia %	Promedio de % de eficiencia	Producción planificada	Producción real	Eficacia %	Promedio de % de eficacia	Productividad %	Promedio de % de Productividad
1	8	9.17	0.87	86%	1000	850	0.85	84%	0.74	73%
2	8	9.00	0.89		1000	870	0.87		0.77	
3	8	9.17	0.87		1000	840	0.84		0.73	
4	8	9.75	0.82		1000	820	0.82		0.67	
5	8	9.25	0.86		1000	800	0.80		0.69	
6	8	9.33	0.86		1000	800	0.80		0.69	
7	8	9.17	0.87		1000	883	0.88		0.77	
8	8	9.08	0.88		1000	890	0.89		0.78	
9	8	9.00	0.89		1000	800	0.80		0.71	
10	8	8.00	1.00		1000	1000	1.00		1.00	
11	8	9.33	0.86		1000	840	0.84		0.72	
12	8	9.00	0.89		1000	800	0.80		0.71	
13	8	9.42	0.85		1000	830	0.83		0.70	
14	8	9.58	0.84		1000	845	0.85		0.71	
15	8	9.75	0.82		1000	860	0.86		0.71	
16	8	9.00	0.89		1000	884	0.88		0.79	
17	8	9.83	0.81		1000	840	0.84		0.68	
18	8	9.33	0.86		1000	840	0.84		0.72	
19	8	9.33	0.86		1000	840	0.84		0.72	
20	8	9.92	0.81		1000	820	0.82		0.66	
21	8	9.83	0.81		1000	800	0.80		0.65	
22	8	9.33	0.86		1000	820	0.82		0.70	
23	8	9.75	0.82		1000	870	0.87		0.71	
24	8	9.33	0.86		1000	800	0.80		0.69	
Total	192	223.65	-	-	24000	20242	-	-	-	-

Fuente: Empresa Tecnopress S.A.C

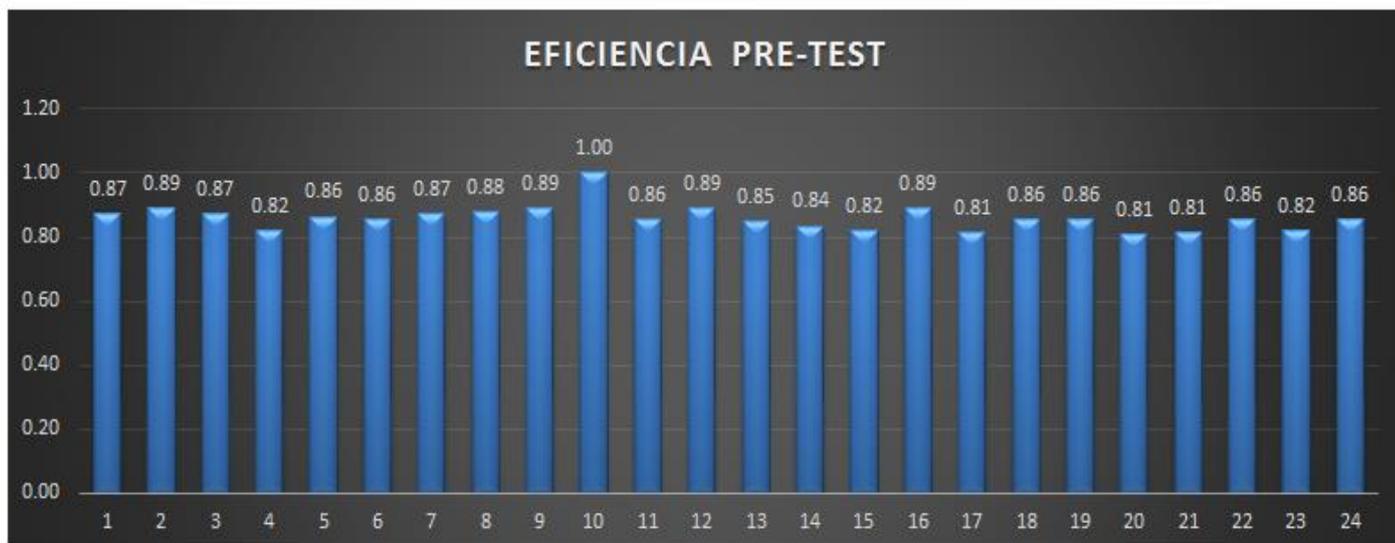
En la tabla apreciamos que nuestro promedio de % de eficiencia nos da como resultado un 86 % utilizando la fórmula mencionada anteriormente.

En nuestro promedio de % de eficacia nos da un resultado de 84 %

En nuestro promedio de % de productividad nos da como resultado un 73 %, sin embargo es útil estos datos para realizar nuestros propios indicadores

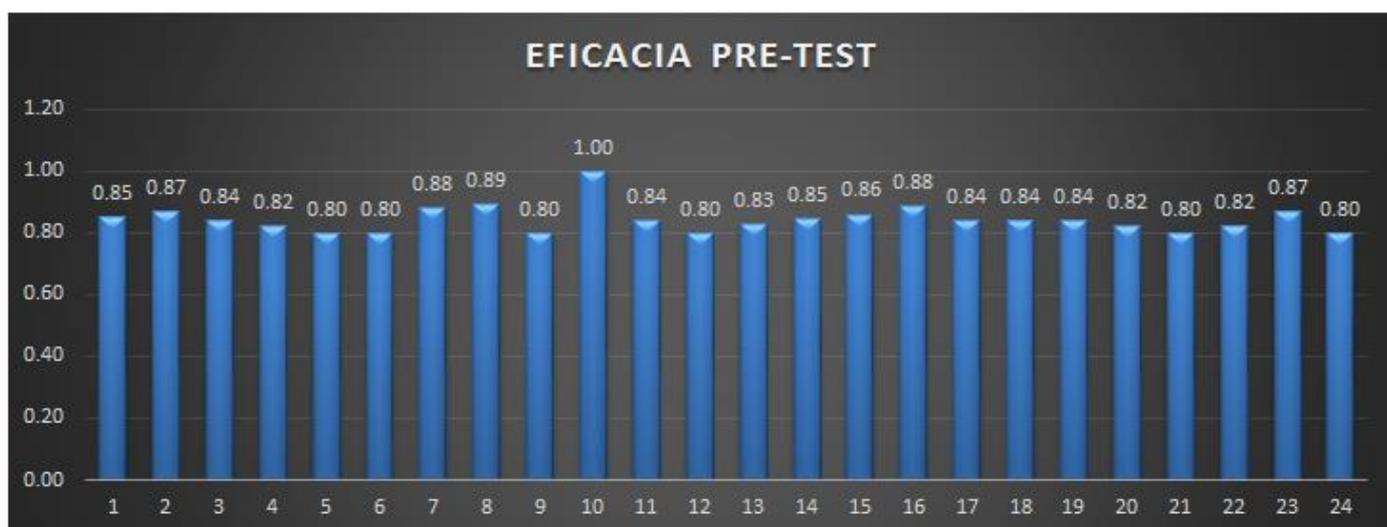
Se observa gráficamente como se encuentra nuestra eficiencia, eficacia y productividad antes de la implementación que se obtuvo en el mes de Agosto del 01 al 28

Gráfico 2. Eficiencia Pre - Test



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. Eficacia Pre - Test



Fuente: Elaboración propia

2.7.2. Propuesta de la mejora

2.7.2.1. Análisis de alternativa

Luego del análisis de las causas señaladas en el diagrama de Ishikawa y luego en el diagrama de Pareto para la identificación de causas que generan el 80% del problema principal definido como la existencia de la baja productividad en el área de máquinas automáticas, se determina que la mejor alternativa como solución es la implementación de un mantenimiento predictivo, ya que los problemas existentes se direccionan a que debido a la falta de un mantenimiento planificado y organizado se generan paradas de máquina o la prolongación de los mismos, generándose retrasos en la producción. Así mismo, debido a que no se lleva un control adecuado de la ejecución de los mantenimientos, se origina las revisiones frecuentes o paros frecuentes de máquinas, contribuyendo a las paradas innecesarias.

Un aspecto importante a resaltar y que influye en el tiempo ejecutado de cada mantenimiento es el procedimiento para cada uno de los trabajos requeridos, el cual requiere analizar las operaciones realizadas y el método utilizado. Así como, reforzar una cultura de trabajo basado en el orden y limpieza para mejorar las condiciones laborales del área. Y finalmente, un reforzamiento de cultura de seguridad, ya que los trabajadores se encuentran rodeados de una serie de riesgos y peligros propios del área, ya sean los peligros generados por realizar trabajos en caliente, trabajos manuales y eléctricos, entre otros.

.

Por lo tanto, se requiere aplicar una suma de mejoras necesarias para poder mejorar la productividad tales como, la implementación de un mantenimiento predictivo, implementación de una metodología de las 5`S, implementación de un estudio de tiempos y métodos, considerar la implementación de una gestión basada en procesos para la elaboración de manuales de procedimientos, y finalmente, la implementación de un programa de cultura de seguridad basada en el comportamiento.

Entre las estrategias propuestas se tiene:

- Reforzamiento de la cultura de la metodología 5`S
- Mantenimiento predictivo
- Aplicación de la metodología de la gestión por procesos
- Ingeniería de tiempo y métodos
- Reforzamiento de la cultura de seguridad

A continuación, se detalla la matriz de priorización de estrategias para la aplicación de las mismas:

Tabla 6: Matriz de priorización de alternativas de solución

PERSPECTIVAS	NIVEL DE IMPACTO 0=Ningún Impacto 1=Poco Impacto 2=Mediano Impacto 3=Alto Impacto OBEJTIVOS	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN				
		Reforzamiento De la cultura de la metodología de la 5`S	Ingeniería de estudio de tiempos y métodos	Mantenimiento predictivo	Gestión basada en procesos	Reforzamiento De la cultura de seguridad
	Mantener el área en Orden y limpieza.	3	1	1	2	2
PROCESOS	Mejorar el tiempo de resolución de problemas de mantenimientos.	2	3	3	2	1
	Disminuir la frecuencia de fallas en las máquinas.	1	1	3	1	1
	Disminuir el índice de incidencias de seguridad por error humano.	2	1	0	2	3
	Mejorar la metodología de ejecución de mantenimientos.	1	3	3	3	0
	Mejorar las condiciones laborales del área para facilitar la búsqueda de herramientas y materiales, liberar las zonas de transporte de obstáculos y mantener el área limpia para la ejecución de mantenimiento.	3	1	3	0	2
	Sensibilizar a los colaboradores del área con la ejecución de un trabajo seguro basado en el comportamiento.	1	0	1	0	3
	Incrementar el % de Frecuencia de uso de la máquina de prensa.	1	0	3	0	0
Disminuir el tiempo de paradas de máquinas	1	2	3	0	0	
	IMPACTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	15	12	20	10	12
	RANKING	2	4	1	5	3

Fuente: Elaboración propia

2.7.3 Implementación de la propuesta

Según la matriz de priorización de alternativas de solución diseñada en función a los objetivos que se quieren alcanzar, se describe la implementación del mantenimiento predictivo en 4 días (29-31 de agosto y 01-02 de setiembre).

2.7.3.1 Describir Implementación

El plan de mantenimiento predictivo de la empresa Tecnopress S.A.C implementado en el área de máquinas automáticas, está constituido por etapas

Termografía

Según Franco (2013) La termografía es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión. Los ojos humanos no son sensibles a la Radiación infrarroja por un objeto, pero las cámaras termográficas, o de termovisión son capaces de medir la energía radiante emitida por objetos y, por consiguiente, determinar la temperatura de la superficie a distancia, en tiempo real y sin contacto. La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial, ya sea de tipo, eléctrico y de fabricación están procedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la monitorización de temperatura con sistema de termovisión por infrarrojos.

Con la implementación de programas de inspecciones termográficas en instalaciones, maquinarias, etc. Es posible minimizar el riesgo de una falla de equipos y sus consecuencias, a la vez que también ofrece una herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas

Etapas 1: Conocer la realidad problemática

Tecnopress – Cantol cuenta con 14 líneas de producción continua, las cuales cada línea cuenta con máquinas automáticas, máquinas las cuales siempre generaban paradas continuas imprevistas, en cada mantenimiento correctivo se hicieron varias pruebas para descartar si era falla mecánica o eléctrica, pero siempre se notaba un recalentamiento excesivo en las partes rotativas de las máquinas realizando la actividad de lubricación en las partes giratorias aliviando un poco la anomalía de

temperatura. Dando lugar así se coordina asistencia técnica quien realiza pruebas de radiación infrarroja para medir las temperaturas en las partes giratorias de las máquinas automáticas, dando lugar a la falla en la parte de los rodamientos pero en realidad al cabo de dos semanas de prueba con asistencia técnica externa, resultaba demasiado el gasto para la empresa pagar al servicio externo, por ello se decide en coordinación con gerencia capacitar al personal técnico en mediciones predictivas de temperaturas ya que la empresa contaba con un instrumento de medición predictiva de temperatura. Es por ello que se decide implementar el mantenimiento predictivo para incrementar la productividad en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress S.A.C

.Para la presente implementación se utilizó un instrumento predictivo de medición de temperatura muy importante y eficiente que nos ayudó a detectar los problemas de temperatura excesiva en todos los equipos (Bombas, motores eléctricos, motorreductores, prensas excéntricas, etc.), equipos que generaban gastos económicos, baja productividad por máquina parada, tiempo de espera por compra de repuestos. El instrumento predictivo utilizado tiene por nombre: **“Pirómetro”**

Etapa 2: Definir el alcance de la implementación

Dada la necesidad de implementar el mantenimiento predictivo con la finalidad de mejorar la cultura de ejecución del mantenimiento de manera planificada y segura, se ha definido que, a modo de piloto, el área a implementarse es la de máquinas automáticas para la producción de cerraduras en general.

Etapa 3: Información General del instrumento en la implementación

Pirómetro

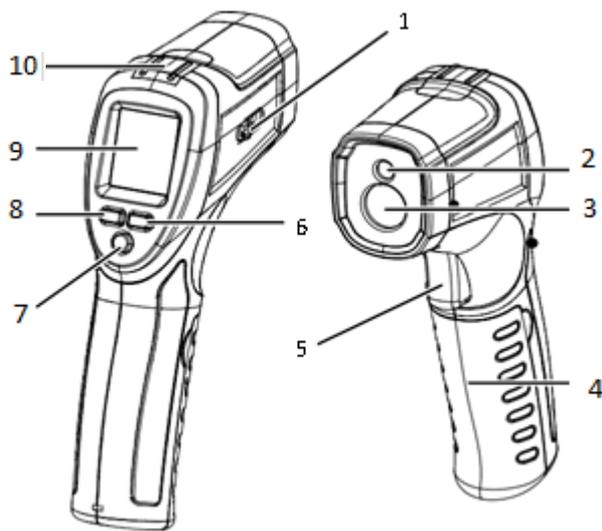
Información sobre el Instrumento

El pirómetro BP17 mide la temperatura de superficies sin contacto por medio de un sensor infrarrojo. El aparato tiene integrado un puntero láser para determinar el área de medición.

En la medición de temperatura se pueden elegir niveles de sensibilidad de entre 1°C, 5°C Y 10°C, según la temperatura de referencia. Si se sobrepasa o no se alcanza el valor umbral seleccionado, se activa una función visual y acústica. Si se quiere, es posible iluminar la pantalla, se apaga automáticamente para proteger la pila (Batería) a largo plazo.

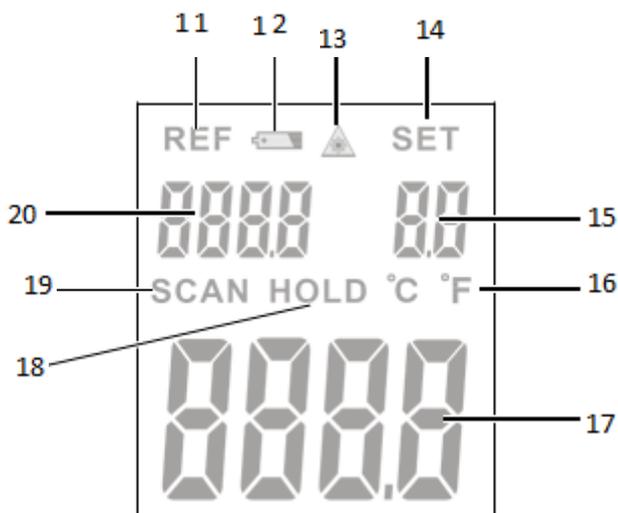
Vista general del Instrumento

Imagen N°3. Pirómetro marca trotec – Partes principales



Nº	Denominación
1	Selector del valor umbral
2	Puntero láser
3	Sensor infrarrojo
4	Compartimento de la pila con tapa
5	Tecla de medición
6	Tecla para la luz
7	Tecla C/°F
8	Tecla láser
9	Pantalla
10	LED de función de alarma

Fuente: Trotec



Nº	Denominación
11	Referencia
12	Estado de la pila
13	Láser
14	SET
15	Valor umbral configurado (1 / 3 / 5 °C)
16	°C/°F
17	Valor de medición
18	HOLD
19	SCAN
20	Valor de referencia

Fuente: Trotec

Tabla N°7. Ficha técnica del Pirómetro

Parámetro	Valor
Modelo	BP17
Peso	220 g
Dimensiones (alto x ancho x largo):	185 x 40 x 135
Rango de medición	-50 °C a 380 °C (-58 °F a 716 °F)
Resolución gama de medición	0,1 °C / °F
Precisión	±2 °C ó ±2,0 % del valor de medición (se aplica el valor superior) si T > 0 °C ±3 °C del valor de medición si T ≤ 0 °C
Reproducibilidad	0,5 °C
Grado de emisión	0,95
Tiempo de respuesta	< 0,5 s
Sensibilidad espectral	de 8 a 14 μm
Resolución óptica (E:M)	10:01
Área de medición mínima Ø	12,7 mm (distancia 127 mm)
Desconexión automática	después de aprox. 6 min (SCAN) o de aprox. 15 s (HOLD)
Condiciones de servicio	0 - 50 °C, 10 - 90 % h.r.
Condiciones de almacenamiento	-20 - 60 °C, <80 % h.r.
Voltaje	Pila de bloque de 9 V
Potencia del láser	< 1 mW (630-660 nm)
Láser	Clase II, de 630 a 660 nm, < 1 mW

Fuente: Trotec

Transporte: Utilice un maletín adecuado a la hora de transportar el aparato para así protegerlo de posibles influencias externas.

Almacenamiento: Mientras no esté utilizando el aparato, procede a almacenarlo cumpliendo las siguientes condiciones: en un ambiente seco, en un lugar protegido del polvo y la irradiación solar directa, protegido del polvo con una funda si fuera necesario, extraiga las pilas del aparato.

Volumen de suministro

- . 1 x pirómetro BP17
- . 1 X bloque de pilas 9 V
- . 1 x estuche para el aparato
- . 1 x manual de instalación rápida

Manejo del instrumento

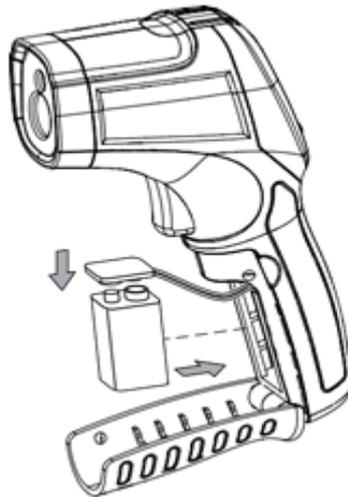
.Colocación de pilas

Antes de usar el aparato por primera vez, introduzca la pila enviada en el volumen de suministro

 ¡Cuidado!

Cerciórese de que la superficie del aparato esté seca y el aparato esté apagado

Imagen N 4. Pirómetro



Fuente: Trotec

1. Abra la tapa del compartimiento de la pila.
2. Conecte la nueva pila al clip asegurándose de que la polarización es correcta.
3. Introduzca la pila en el comportamiento asegurándose de que la polarización es correcta.
4. Cierre la tapa del compartimiento de la pila

Advertencia:

El primer objeto sobre el cual dirija el aparato y cuya temperatura mida constituye al mismo tiempo el valor de referencia para todas las demás mediciones. El valor de referencia se visualiza en el indicador de referencia.

1. Oriente el aparato hacia el objeto a medir.
 2. Presione la tecla de medición.
- . El valor de referencia se visualiza en el indicador del valor de referencia.

- . En la pantalla aparece el mensaje SCAN.
- .El valor de medición actual se muestra en el indicador del valor de medición.
- 3. Pulse de nuevo la tecla de medición si desea congelar un valor de medición.
- . Se congela el valor de medición actual.
- . En la pantalla aparece el mensaje HOLD.

Cambiar entre unidad en °C y °F

1. Pulse la tecla °C / °F para cambiar la unidad de temperatura entre grados Celsius o Fahrenheit.

Apagar el aparato

- Si el indicador SCAN (19) se encuentra activado, el aparato se apagará una vez transcurridos aprox. 6 minutos.
- Si el indicador HOLD (18) se encuentra activado, el aparato se apagará una vez transcurridos aprox. 15 minutos.

1. Presione la tecla de medición (5) durante unos 3 segundos.
.El aparato está apagado.

Pirómetro

Motor eléctrico



Fuente: Trotec

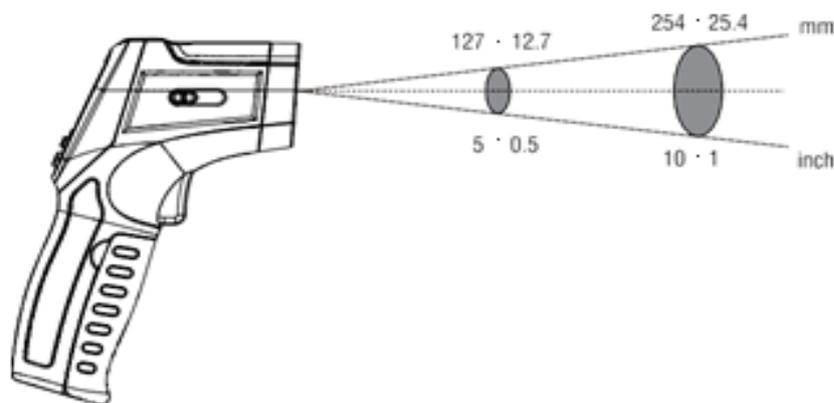
Principio de medición

El aparato mide las temperaturas gracias a un sensor infrarrojo. Las magnitudes principales son el diámetro del área de medición y el grado de emisión.

Área de medición

Tenga en cuenta la relación entre la distancia y el diámetro del área de medición. Mientras mayor sea la distancia al objeto mayor será el diámetro del área de medición y más impreciso el resultado de medición.

El puntero láser indica el punto medio aproximado del área de medición. Por lo tanto, sólo se debe tomar como una de indicación y no como la medición de temperatura válida.



Grado de emisión

El grado de emisión define el valor de emisión que presenta un material.

El grado de emisión de un material depende de varios factores:

- . Composición
- . Naturaleza superficial
- . Temperatura

El grado de emisión se sitúa entre 0,1 (Teóricamente)

Mantenimiento y reparación

Limpieza: Limpie el aparato con un paño húmedo, suave y sin pelusas, asegúrese de que no entre humedad al interior de la carcasa.

Reparación

No realice modificaciones en el aparato ni recambie piezas. Para realizar una reparación o comprobación del equipo deberá dirigirse al fabricante.

Cambiar la pila

Se debe cambiar la pila cuando parpadee el estado de la pila o no se pueda encender el aparato.

Tabla N°8. Mediciones y parámetros usados para el diagnóstico predictivo



Rendimiento	Mecánica	Eléctrica	Análisis de aceite, calidad de producto y otros
.Consumo de energía	.Expansión térmica	.Corriente	.Análisis de aceite
.Eficiencia	.Posición	.Voltaje	.Análisis de tasas de hierro
.Temperatura	.Nivel de fluido	.Inductancia	.Dimensiones de producto
.Termografía	.Vibración	.Resistencia	.Propiedades físicas de producto
.Presión	.desplazamiento	.Capacitancia	.Propiedades químicas (color, olor, apariencia)
.Flujo	.Vibración-velocidad	.Campo Magnético	.Otras pruebas no destructivas
	.Vibración-aceleración	.Aislamiento	
	.Ruido audible		
	.Ultrasonido: ondas		

Etapa 4. Descripción de los equipos del área (Máquinas automáticas)

El área de máquinas automáticas está conformada por prensas excéntricas hidráulicas y neumáticas para 100 Toneladas de fuerza, motores eléctricos y motorreductores, la cual tienen las siguientes fichas técnicas

Imagen N°6. Prensa excéntrica 100 toneladas serie je21

Prensa excéntrica 100 toneladas Serie je 21

motor principal



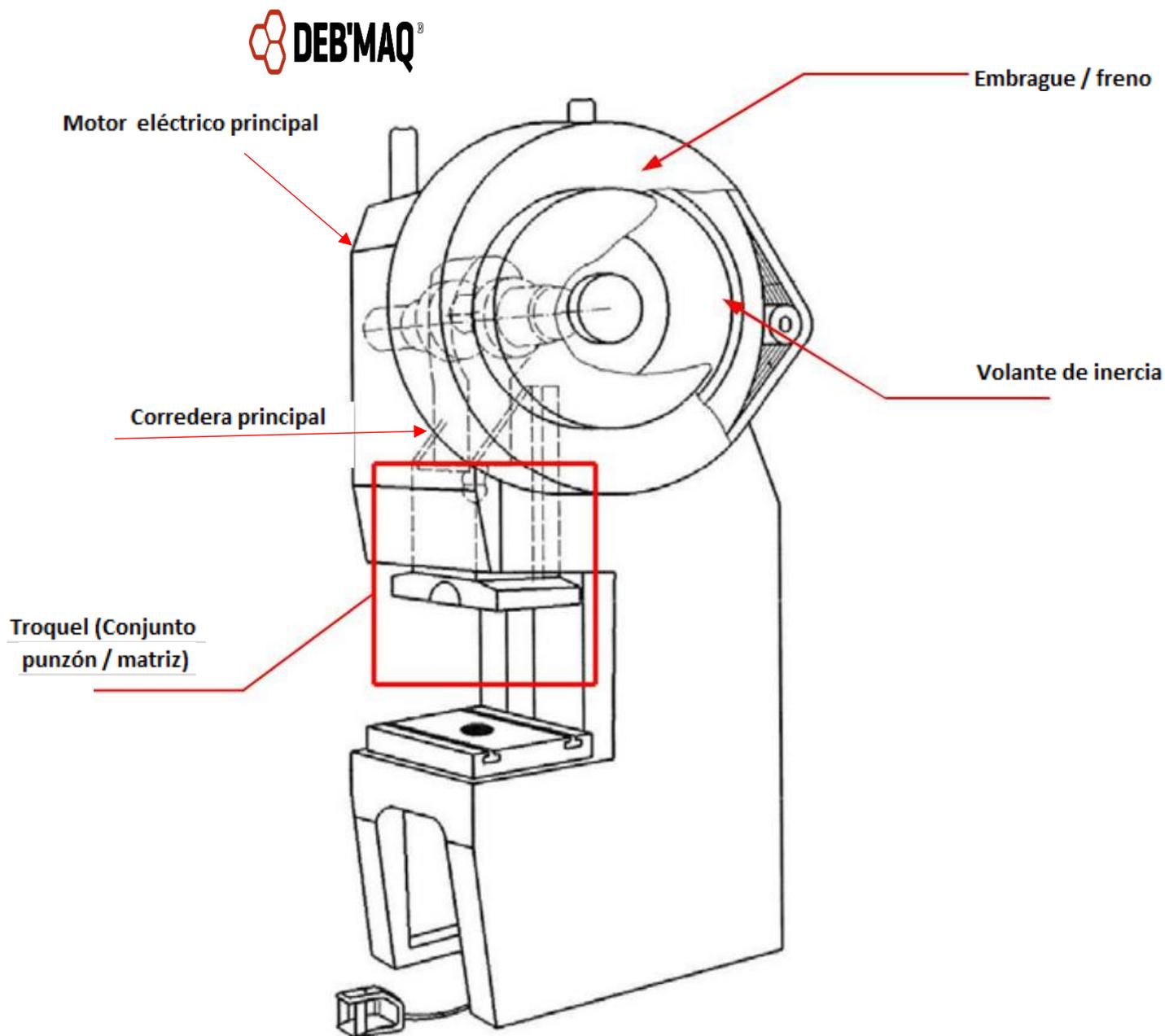
Fuente: DEB'MAQ

Tabla N°9. Ficha técnica Prensa serie je 21

									
		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS							
		JE21-16	JE21-25	JE21-40	JE21-63	JE21-80	JE21-100	JE21-125	
		UNID	JE21-16D	JE21-25D	JE21-40D	JE21-63D	JE21-80D	JE21-100D	JE21-125D
CAPACIDADE									
Potência nominal	ton	16	25	40	63	80	100	125	
Altura de corte	mm	2	2.5	4	4	5	6	6	
Golpes por minuto	gpm	130	100	70	60	53	40	40	
Altura do estampo	mm	170/170	180/180	220/220	300/290	350/330	320/320	320/320	
Ajuste da regularidade do martelo	mm	45/30	70/70	80/80	80/80	100/100	100/100	100/100	
Distância do centro do martelo ao corpo	mm	170	210	250	300	300	380	380	
Distância entre colunas	mm	250	330	410	470	450	630	620	
Diâmetro do furo da mesa		100	120	180	180	180	220	220	
Potência do motor	kW	2.2	3	4	5.5	7.5	7.5	11	
Dimensões da mesa	Larg.	480	600	710	760	800	1100	1200	
	Prof.	320	400	480	570	580	710	720	
CURSO DO MARTELO									
Fixo		70	60	100	120	130	140	140	
Variável		0-70	0-80	20-120	20-120	10-130	16-140	16-140	
DIMENSÕES DO MARTELO									
Largura	mm	200	250	320	320	380	560	560	
Profundidade	mm	180	210	270	280	280	420	420	
FURAÇÃO DA FIXAÇÃO DA FERRAMENTA									
Diâmetro	mm	40	40	50	50	60	60	60	
Profundidade	mm	60	70	70	80	75	80	80	
DIMENSÕES DA MÁQUINA									
Comprimento	mm	1050	1560	1620	1700	1720	2200	2200	
Largura	mm	1175	1300	1450	1550	1630	1850	1850	
Altura	mm	1830	2210	2350	2640	2720	3050	3050	
Peso líquido	kg	1600	2204	3286	4500	5500	9000	11000	

Fuente: DEB'MAQ

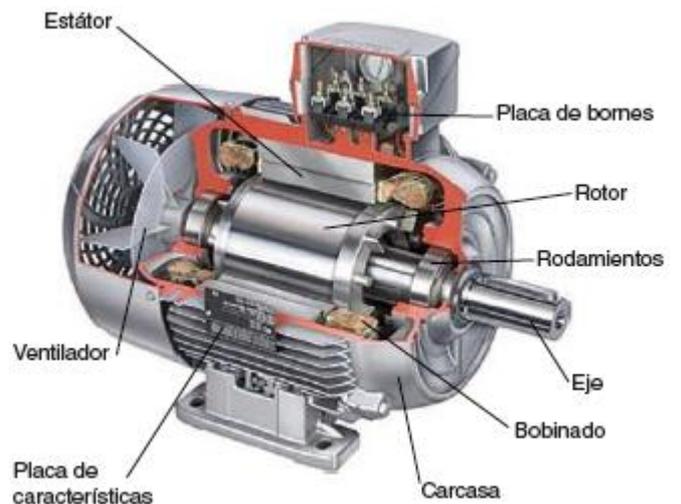
Imagen N°7. Partes principales de la prensa excéntrica



Fuente: DEB'MAQ

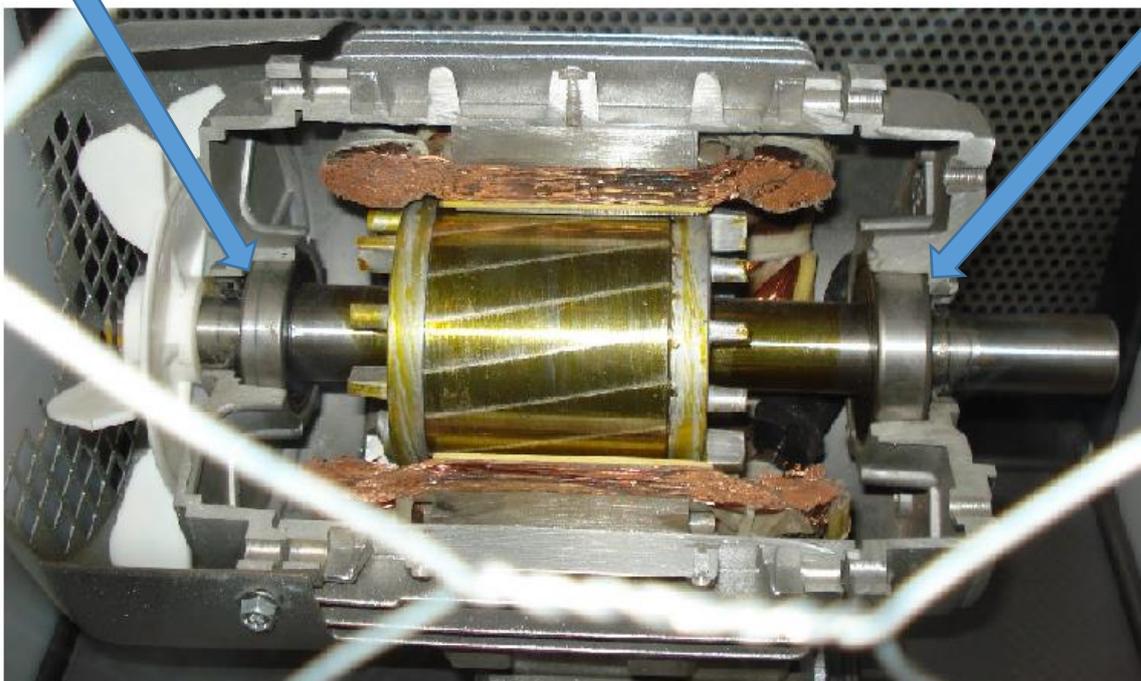
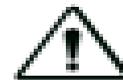
A continuación, se muestran los equipos principales más críticos los cuales forman parte de la prensa excéntrica (Máquinas automáticas) que generaban las paradas imprevistas y baja eficiencia de la máquina, tiene por nombre: Los motores eléctricos.

Imagen N°8. Motores trifásicos 380 – 420 V



Exceso de temperatura en rodamientos

Temperatura elevada



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°10. Ficha técnica de los motores trifásicos

Características técnicas

		Detalle
1	General	Motor trifásico de inducción jaula de ardilla
2		Baja tensión
3	Grado de protección (encerramiento)	IP55 - Totalmente cerrado y autoventilado
4	Sistema de ventilación	IC411 - Autoventilado
5	Carcasa	71 a 355 (según norma IEC)
6	Polos	2 a 8 polos
7	Velocidad nominal	3000 a 750 rpm
8	Potencia nominal	0,25 kW (0,33 HP) a 355 kW (475 HP)
9	Factor de servicio	1.0 y 1.15
10	Tipo de servicio	S1 a S6 (según IEC)
11	Tensión nominal	380-420V
12	Frecuencia nominal	50 Hz
13	Forma constructiva	IM1001, B3 (con apoyos)
14	Clase de aislamiento / T	F/B
15	Temperatura ambiente	40 °C
16	Altitud (m.s.n.m)	1000 m
17	Posición de la caja de conexiones	Parte superior
18	Dirección de rotación	Bidireccional
19	Carcasa y tapas	Fundición de hierro
20	Rendimiento EFF2	Definido para motores de 1,1 a 90 kW, 2 a 4 polos, a 400V, 50Hz

Fuente: DEB'MAQ

La ficha técnica constituye las características convencionales de los motores de aplicación estándar.

Etapas 5. Programación de mantenimiento predictivos a motores trifásicos de las prensas excéntricas.

A continuación se muestran las imágenes del mantenimiento predictivo, utilizando nuestro instrumento Pirómetro y poder anotar las temperaturas excesivas de los rodamientos montados en el interior de los motores trifásicos.

Se procedió a realizar la medición de temperatura de las partes rotativas del motor.

Imagen N° 9. Técnico realizando medición de temperatura



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 10. Valor registrado en el pirómetro



Fuente: Elaboración propia

Etapa 6. Ingreso de datos.

Se procedió a registrar en formato los datos de temperatura obtenidos para su evaluación y toma de decisión de acuerdo a los parámetros establecidos.

Tabla N°11. Registro de valores de temperatura

Nº	Equipos eléctricos trifásicos Monofásicos en General					Fecha	Personal
	Serie Type	Equipos	Capacidad				
1	SD 100	Motor Trifásico	2 HP		120.2	29/08/2017	Hector mendoza
2	DA 80	Motor Trifásico	3HP		110.3	29/08/2017	Hector mendoza
3	2	Motor Trifásico	3HP		122.4	29/08/2017	Hector mendoza
4	BS 83	Motor Trifásico	8HP/ 7.5 KW		130.3	29/08/2017	Hector mendoza
5	SD 100	Motor Trifásico	10HP/7.6 KW		112.7	29/08/2017	Hector mendoza
6	DA 80	Motor Trifásico	8HP/ 7.5 KW		115.1	29/08/2017	Hector mendoza
7	2	Motor Trifásico	2HP/1.75KW		110.1	29/08/2017	Hector mendoza
9	BS 83	Motor Trifásico	10HP/7.6 KW		110.3	29/08/2017	Hector mendoza
10	SD 100	Motor Trifásico	7.5 HP		120.2	29/08/2017	Hector mendoza
11	DA 80	Motor Trifásico	10HP/7.5 KW		110.3	29/08/2017	Hector mendoza
12	2	Motor Trifásico	1HP/0.75KW		122.4	29/08/2017	Hector mendoza
13	BS 83	Motor Trifásico	2HP/1.5KW		130.3	29/08/2017	Hector mendoza
14	SD 100	Motor Monofásico	8HP/ 7.5 KW		112.7	29/08/2017	Hector mendoza
15	DA 80	Motor Monofásico	2HP/1.5KW		115.1	29/08/2017	Hector mendoza
16	2	Motor Monofásico	1HP/0.75KW		110.1	29/08/2017	Hector mendoza
17	BS 83	Motor Monofásico	8HP/ 7.5 KW		110.3	29/08/2017	Hector mendoza
18	CH 32	Bomba centrífuga	2HP/1.5KW		100.2	29/08/2017	Hector mendoza
19	CRN32	Bomba centrífuga	2HP		111.3	29/08/2017	Hector mendoza
20	CRN34	Bomba centrífuga	2HP		118.4	29/08/2017	Hector mendoza

Fuente: Elaboración propia

Etapa 7. Desmontaje y ejecución de acciones correctivas.

Aquellas máquinas que cuyos valores de temperatura estuvieron fuera de los rangos de aceptabilidad, fueron sometidas a las acciones correctivas.

Imagen N°11. Técnico desmontando un rodamiento para ser cambiado.



Fuente: Elaboración propia

2.7.4. Resultados

Etapa 8. Captura de datos después de la implementación

Después de la implementación del mantenimiento predictivo, se obtuvieron los siguientes resultados para el incremento de la productividad del 04 al 30 de setiembre.

Tabla N°12. Reporte de producción del mes de setiembre 2017

(Post - Test)



N° de días	Tiempo programado (horas)	Tiempo utilizado	Eficiencia %	Promedio de % de eficiencia	Producción planificada	Producción real	Eficacia %	Promedio de % de eficacia	Productividad %	Promedio de % de productividad
1	8	8.00	1.00	98%	1000	1000	1.00	97%	1.00	95%
2	8	8.17	0.98		1000	980	0.98		0.96	
3	8	8.00	1.00		1000	1000	1.00		1.00	
4	8	8.08	0.99		1000	950	0.95		0.94	
5	8	8.17	0.98		1000	930	0.93		0.91	
6	8	8.00	1.00		1000	1000	1.00		1.00	
7	8	8.33	0.96		1000	940	0.94		0.90	
8	8	8.17	0.98		1000	990	0.99		0.97	
9	8	8.08	0.99		1000	980	0.98		0.97	
10	8	8.33	0.96		1000	970	0.97		0.93	
11	8	8.42	0.95		1000	940	0.94		0.89	
12	8	8.33	0.96		1000	987	0.99		0.95	
13	8	8.17	0.98		1000	969	0.97		0.95	
14	8	8.17	0.98		1000	975	0.98		0.95	
15	8	8.08	0.99		1000	980	0.98		0.97	
16	8	8.33	0.96		1000	970	0.97		0.93	
17	8	8.17	0.98		1000	950	0.95		0.93	
18	8	8.33	0.96		1000	980	0.98		0.94	
19	8	8.08	0.99		1000	990	0.99		0.98	
20	8	8.42	0.95		1000	940	0.94		0.89	
21	8	8.00	1.00		1000	1000	1.00		1.00	
22	8	8.17	0.98		1000	970	0.97		0.95	
23	8	8.33	0.96		1000	930	0.93		0.89	
24	8	8.17	0.98		1000	980	0.98		0.96	
Total	192	196.50	-	-	24000	23301	-	-	-	-

Fuente: Empresa Tecnopress S.A.C

Fórmulas para hallar mi productividad, eficiencia y eficacia

Productividad

$$\frac{\text{Productividad después} - \text{Productividad antes} \times 100}{\text{Productividad antes}}$$

Fuente: Elaboración propia

Eficiencia

$$\frac{\text{Eficiencia después} - \text{Eficiencia antes} \times 100}{\text{Eficiencia antes}}$$

Fuente: Elaboración propia

Eficacia

$$\frac{\text{Eficacia después} - \text{Eficacia antes} \times 100}{\text{Eficiencia antes}}$$

Fuente: Elaboración propia

Análisis

De los datos recopilados con los instrumentos de fichas de registros después de la implementación de la mejora se obtuvieron los siguientes resultados del Tiempo programado, Tiempo utilizado, Producción planificada y la producción real

Tabla N°13. Resultados obtenidos con la mejora

	Antes	Después	Mejora
Tiempo Programado	8	8	8
Tiempo Utilizado	223.5	196.5	196.5
Producción Planificada	24,000 pzs	24,000 pzs	24,000 pzs
Producción Real	20,242	23,301	23,301

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla apreciamos los promedios de % de productividad, índice de eficiencia, eficacia, antes y después (incrementando en un 95% la productividad)

Tabla N° 14. Resultados de los promedios obtenidos con la mejora

	Promedio antes	Promedio después
Índice DE eficiencia	86%	98%
Índice de eficacia	84%	97%
Productividad	73%	95%

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente representación se muestra el incremento satisfactorio que se obtuvo con la implementación del mantenimiento predictivo, logrando el incremento en la productividad, eficiencia y eficacia.

Tabla N° 15. Resultados, incremento de la productividad, eficiencia y eficacia

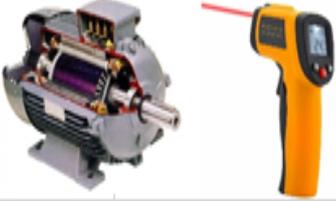
$\frac{\text{Productividad después} - \text{Productividad antes}}{\text{Producción antes}} \times 100$	$\frac{73 \times 95}{95} = 0.301 \times 100 = 30\%$
$\frac{\text{Eficiencia después} - \text{Eficiencia antes}}{\text{Eficiencia antes}} \times 100$	$\frac{86 \times 98}{98} = 0.139 \times 100 = 14\%$
$\frac{\text{Eficacia después} - \text{Eficacia antes}}{\text{Eficacia antes}} \times 100$	$\frac{84 \times 97}{97} = 0.154 \times 100 = 15\%$

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°16. Registro de valores de temperatura después de la implementación

Mostramos como la temperatura en los motores eléctricos a disminuido satisfactoriamente después de la corrección que se realizó en los equipos eléctricos

Etaa 9. Registro de temperatura Post - Test

Nº	Equipos eléctricos trifásicos Monofásicos en General			 Temperatura Grado Centígrado	Fecha	Personal
	Serie Type	Equipos	Capacidad			
1	SD 100	Motor Trifásico	2 HP	90.2	29/08/2017	Hector mendoza
2	DA 80	Motor Trifásico	3HP	85.3	29/08/2017	Hector mendoza
3	2	Motor Trifásico	3HP	79.4	29/08/2017	Hector mendoza
4	BS 83	Motor Trifásico	8HP/ 7.5 KW	98.3	29/08/2017	Hector mendoza
5	SD 100	Motor Trifásico	10HP/7.6 KW	88.7	29/08/2017	Hector mendoza
6	DA 80	Motor Trifásico	8HP/ 7.5 KW	62.1	29/08/2017	Hector mendoza
7	2	Motor Trifásico	2HP/1.75KW	70.1	29/08/2017	Hector mendoza
9	BS 83	Motor Trifásico	10HP/7.6 KW	75.3	29/08/2017	Hector mendoza
10	SD 100	Motor Trifásico	7.5 HP	81.2	29/08/2017	Hector mendoza
11	DA 80	Motor Trifásico	10HP/7.5 KW	90.3	29/08/2017	Hector mendoza
12	2	Motor Trifásico	1HP/0.75KW	84.4	29/08/2017	Hector mendoza
13	BS 83	Motor Trifásico	2HP/1.5KW	65.3	29/08/2017	Hector mendoza
14	SD 100	Motor Monofásico	8HP/ 7.5 KW	68.7	29/08/2017	Hector mendoza
15	DA 80	Motor Monofásico	2HP/1.5KW	74.1	29/08/2017	Hector mendoza
16	2	Motor Monofásico	1HP/0.75KW	75.1	29/08/2017	Hector mendoza
17	BS 83	Motor Monofásico	8HP/ 7.5 KW	78.3	29/08/2017	Hector mendoza
18	CH 32	Bomba centrífuga	2HP/1.5KW	80.2	29/08/2017	Hector mendoza
19	CRN32	Bomba centrífuga	2HP	86.3	29/08/2017	Hector mendoza
20	CRN34	Bomba centrífuga	2HP	80.4	29/08/2017	Hector mendoza

Fuente: Elaboración propia

Variable independiente

$$\text{TDF} = \frac{\text{TD}}{\text{TPT}} \times 100$$

TDF = Tiempo detección de fallas

TD = Tiempo de detección

TPT = Tiempo programado de trabajo

Número de motores eléctricos después de los 24 días de los resultados

Post - Test

Tabla N°17. Mantenimiento del tiempo de detecciones

Número de motores	Tiempo de detección	Tiempo programado de trabajo	Tiempo de detección de fallas %
1	2,3	2,5	92
2	2,5	2,5	100
3	2,6	2,8	92,85
4	2,7	2,8	96,42
5	2,6	2,8	92,85
6	2,5	2,8	89,28
7	2,4	2,8	85,71
8	2,8	2,8	100
9	2,7	2,8	96,42
10	2,7	2,8	96,42
11	2,9	2,9	100
12	2,6	2,8	92,85
13	2,5	2,8	89,28
14	2,4	2,8	85,71
15	2,6	2,8	92,85
16	2,4	2,6	92,3
17	2,7	2,8	96,42
18	2,5	2,6	96,15
19	2,8	2,8	100
20	2,9	3	96,67

Fuente: Elaboración propia

$$\text{HMP} = \frac{\text{TC} \times 100}{\text{TCP}}$$

HMP = Horas de máquina parada

TC = Tiempo de corrección

TCP = Tiempo de corrección proyectada

Número de motores eléctricos después de los 24 días de los resultados

Post - Test

Tabla N°18. Mantenimiento de Horas de máquina parada

NÚMERO DE MOTORES	TIEMPO DE CORRECCIÓN (TC)	TIEMPO DE CORRECCIÓN PROYECTADA (TCP)	HORAS DE MÁQUINA PARADA HMP (%)
1	3,2	3,5	91,42
2	3,4	3,5	97,14
3	3,3	3,5	94,28
4	3,5	3,5	100
5	3,3	3,5	94,28
6	3,4	3,5	97,14
7	3,2	3,5	91,42
8	3,3	3,5	94,28
9	3,4	3,5	97,14
10	3,5	3,5	100
11	3,5	3,5	100
12	3,6	3,8	94,73
13	3,4	3,5	97,14
14	3,6	3,8	94,73
15	3,3	3,5	94,28
16	3,4	3,5	97,14
17	3,3	3,5	94,28
18	3,4	3,5	97,14
19	3,5	3,5	100
20	3,4	3,5	97,14

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°19. Datos Pre – Test y Datos Post - Test

Se tiene como datos principales (Datos Pre-Test y los Datos Post-Test), antes – después y dentro de ellas, la productividad, eficiencia, eficacia.

DATOS PRE-TEST			DATOS POST-TEST		
Productividad	Eficiencia	Eficacia	Poductividad	Eficiencia	eficacia
0.74	0.87	0.85	1.00	1.00	1.00
0.77	0.89	0.87	0.96	0.98	0.98
0.73	0.87	0.84	1.00	1.00	1.00
0.67	0.82	0.82	0.94	0.99	0.95
0.69	0.86	0.80	0.91	0.98	0.93
0.69	0.86	0.80	1.00	1.00	1.00
0.77	0.87	0.88	0.90	0.96	0.94
0.78	0.88	0.89	0.97	0.98	0.99
0.71	0.89	0.80	0.97	0.99	0.98
1.00	1.00	1.00	0.93	0.96	0.97
0.72	0.86	0.84	0.89	0.95	0.94
0.71	0.89	0.80	0.95	0.96	0.99
0.70	0.85	0.83	0.95	0.98	0.97
0.71	0.84	0.85	0.95	0.98	0.98
0.71	0.82	0.86	0.97	0.99	0.98
0.79	0.89	0.88	0.93	0.96	0.97
0.68	0.81	0.84	0.93	0.98	0.95
0.72	0.86	0.84	0.94	0.96	0.98
0.72	0.86	0.84	0.98	0.99	0.99
0.66	0.81	0.82	0.89	0.95	0.94
0.65	0.81	0.80	1.00	1.00	1.00
0.70	0.86	0.82	0.95	0.98	0.97
0.71	0.82	0.87	0.89	0.96	0.93
0.69	0.86	0.80	0.96	0.98	0.98

Fuente: Empresa Tecnopress S.A.C.

2.7.5 Análisis económico – Financiero

Resultados obtenidos con la mejora de la implementación del mantenimiento predictivo para incrementar la productividad en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress S.A.C.

Con respecto al análisis costo beneficio en un periodo de 24 días, se representa lo siguiente:

$$\text{Beneficio / Costo} > 1$$

Costo: Es el presupuesto destinado a las mejoras, en este caso se tiene el siguiente presupuesto para el mantenimiento predictivo que se ejecutó en la empresa Tecnopress S.A.C.

Tabla N°20. Análisis de Costo

COSTOS	ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN De agosto a meses anteriores	
		X MES
	Rodamientos para las máquinas	s/.1,000
	Contrato de trabajos terceros-predic.	s/.5,000
	Trabajos externos	s/.1,500
	Compra de lubricantes	s/.550
	Compra de mangueras neumáticas	s/.150
	capacitación a 3 técnicos	s/.900
TOTAL		S/. 9,100
COSTOS	DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN De setiembre para adelante	
		X MES
	Compra de lubricantes	s/.550
	Rodamientos para las máquinas	s/.1,000
	Compra de mangueras neumáticas	s/.150
	Capacitación a 1 técnico	s/.370
TOTAL		s/.2,070

Fuente: Elaboración propia

Se contrató dos operarios externo (Trabajos manuales) durante los 24 días después de la implementación: s/.

Pago mensual a cada operario externo (Trabajos manuales) por 8 horas diarias s/ 1,400

$$1,400 / 24 = 59 \text{ (al día)}$$

Los resultados de la implementación del mantenimiento predictivo se obtuvo en 24 días.

$$59 \times 24 = \text{S/ } 1,416 \text{ (cada operario)}$$

$$1,416 \times 2 = \text{S/ } 2,832 \text{ (por los dos operarios)}$$

$$\text{Costo total} = 2,070 + 2,832 = \text{s/ } 4,902$$

Beneficio: Es la ganancia que se obtiene después de la mejora.

• Producción: 800 unidades, Producción: 1000 unidades

• **Diferencia de producción: 200**

Se obtuvo de ganancia 248 unidades de cerraduras.

Precio de la cerradura al público = \$ 25 (c/u)

Tipo de cambio: s/ 3.25

$$\text{\$ } 25 \times \text{s/ } 3.25 = \text{S/ } 81.25 \text{ (costo de cada cerradura)}$$

$$248 \times 81.25 = \text{s/ } 20,150$$

Análisis Costo Beneficio

Beneficio / Costo > 1

$$20,150 / 6.270 > 1$$

$$3.21 > 1$$

Al incrementar la productividad, se incrementaron las unidades que se producían; por lo tanto mejora el aspecto económico de la empresa Tecnopress S.A.C.

III

RESULTADOS

3.1 Análisis Descriptivo

Descriptivos				
		Estadístico	Error estándar	
Productividad antes	Media	72.5833	1.39994	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	69.6873	
		Límite superior	75.4793	
	Media recortada al 5%	71.6667		
	Mediana	71.0000		
	Varianza	47.036		
	Desviación estándar	6.85830		
Productividad después	Media	94.8333	.71896	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	93.3460	
		Límite superior	96.3206	
	Media recortada al 5%	94.8704		
	Mediana	95.0000		
	Varianza	12.406		
	Desviación estándar	3.52219		

. De acuerdo al resultado descriptivo que se utilizó mediante el SPSS nos muestra La productividad: Antes – Después

Eficiencia antes	Media		86.0417	.81534
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	84.3550	
		Límite superior	87.7283	
	Media recortada al 5%		85.6481	
	Mediana		86.0000	
	Varianza		15.955	
	Desviación estándar		3.99433	
Eficiencia después	Media		97.7500	.33106
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	97.0651	
		Límite superior	98.4349	
	Media recortada al 5%		97.7778	
	Mediana		98.0000	
	Varianza		2.630	
	Desviación estándar		1.62186	
Eficacia antes	Media		84.3333	.89618
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	82.4794	
		Límite superior	86.1872	
	Media recortada al 5%		83.8056	
	Mediana		84.0000	
	Varianza		19.275	
	Desviación estándar		4.39037	
Eficacia después	Media		97.1250	.46747
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	96.1580	
		Límite superior	98.0920	
	Media recortada al 5%		97.1944	
	Mediana		98.0000	
	Varianza		5.245	
	Desviación estándar		2.29010	

. De acuerdo al resultado descriptivo que se utilizó mediante el SPSS nos muestra

La Eficiencia y Eficacia: Antes – Después

La eficacia: Antes - Después

3.2 Análisis Inferencial

3.2.1. Análisis de Hipótesis general

Ha: La aplicación de la metodología del mantenimiento predictivo incrementará la productividad en el área de máquinas automáticas de la empresa tecnopress s.a.c. Ate, Lima 2017?

A fin de poder contrastar la hipótesis general, es necesario primero determinar si los datos de la productividad son paramétricos o no paramétricos, en vista que hay 24 datos del antes y después respectivamente, procederemos al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

Si $\rho_{valor} \leq 0.05$, los datos de la serie tiene un comportamiento no paramétrico.

Si $\rho_{valor} > 0.05$, los datos de la serie tiene un comportamiento paramétrico.

. Prueba de normalidad de la productividad antes y productividad después con Shapiro-Wilk.

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Productividad antes	.703	24	.000
Productividad después	.936	24	.131

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia con Spss V.23.

En la tabla confirmamos que la significancia de la productividad antes es 0.000 y después 0.131, como podemos observar la significancia de la productividad antes es menor a 0.05 (No paramétrico) y la significancia productividad después es mayor a 0.05 (paramétrico) por consiguiente y según el estadígrafo se utilizará la prueba de Wilcoxon.

Contrastación de la hipótesis general

H₀: La aplicación del mantenimiento predictivo, no incrementa la productividad en el área de máquinas automáticas de la Empresa TECNOPRESS S.A.C. ATE, 2017.

H_a: La aplicación del mantenimiento predictivo, incrementa la productividad en el área de máquinas automáticas de la Empresa TECNOPRESS S.A.C. ATE, 2017.

Regla de decisión:

$$\mathbf{H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}}$$

$$\mathbf{H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}}$$

Tabla 1. Comparación de medias de productividad antes y productividad después con Wilcoxon.

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Productividad antes	24	72.5833	6.85830	65.00	100.00
Productividad después	24	94.8333	3.52219	89.00	100.00

Fuente: Elaboración propia con Spss V.23.

En la tabla de estadísticos de muestras relacionadas se puede comprobar que la media de la productividad antes (72.5833) es menor que la media de la productividad después (94.8333) por consiguiente no se cumple con $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$ y de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de la investigación o alterna, por la cual queda comprobado que La aplicación del mantenimiento predictivo, incrementará la productividad en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress. ATE, Lima 2017.

A fin de corroborar que el análisis es el correcto, procederemos al diagnóstico mediante el p_{valor} o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de Wilcoxon.

Regla de decisión:

Si $p_{valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $p_{valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 2. Prueba de estadísticos mediante el p_{valor} o significancia productividad antes y productividad después

Estadísticos de prueba ^a	
	Productividad después - Productividad antes
Z	-4,262 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	.000
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos negativos.	

Fuente: Elaboración propia con Spss V.23.

De la tabla se puede observar que la significancia de la prueba de Wilcoxon, aplicada en la productividad antes y después es de 0.000, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión se reafirma que se rechaza la hipótesis nula y se acepta que La aplicación del mantenimiento predictivo, incrementará la productividad en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress, Ate. Lima 2017.

3.2.2. Análisis de la primera hipótesis alternativa

H_a: La aplicación del mantenimiento predictivo, incrementará la eficiencia en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress. Ate-Lima. 2017

Para contrastar la primera hipótesis específica, es necesario realizar la prueba de normalidad para determinar si los datos de la eficiencia son paramétricos o no paramétricos, en vista que hay 24 datos del antes y después respectivamente, procederemos al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

Si $p_{\text{valor}} \leq 0.05$, los datos de la serie tiene un comportamiento no paramétrico.

Si $p_{\text{valor}} > 0.05$, los datos de la serie tiene un comportamiento paramétrico.

Tabla 3. Prueba de normalidad de la eficiencia antes y eficiencia después con Shapiro-Wilk.

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia antes	.822	24	.001
Eficiencia después	.892	24	.015

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia con Spss V.23.

En la tabla confirmamos que la significancia de la eficiencia antes es 0.001 y después 0.015, donde según la regla de decisión, la eficiencia antes es menor que 0.05 y la eficiencia después es menor a 0.05 por lo tanto los datos tienen comportamiento no paramétrico y según el estadígrafo se utilizará la prueba de Wilcoxon.

Contrastación de la primera hipótesis específica.

H₀: La aplicación del mantenimiento predictivo, no incrementará la eficiencia en el área de máquina automáticas de la empresa Tecnopress, Ate-Lima. 2017.

H_a: La aplicación del mantenimiento predictivo, incrementará la eficiencia en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress, Ate-Lima. 2017.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

$$H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

Tabla 4. Comparación de medias de eficiencia antes y eficiencia después con Wilcoxon.

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Eficiencia antes	24	86.0417	3.99433	81.00	100.00
Eficiencia después	24	97.7500	1.62186	95.00	100.00

Fuente: Elaboración propia con Spss V.23.

De la tabla de estadísticos de muestras relacionadas se puede comprobar que la media de la eficiencia antes (86.0417) es menor que la media de la eficiencia después (97.7500) por consiguiente no se cumple con $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$ y de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de la investigación o alterna, por la cual queda demostrado que La aplicación del mantenimiento predictivo, incrementará la eficiencia en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress, Ate-Lima. 2017.

A fin de corroborar que el análisis es el correcto, procederemos al diagnóstico mediante el p_{valor} o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de Wilcoxon.

Regla de decisión:

Si $p_{valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $p_{valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 5. Prueba de estadísticos mediante el p_{valor} o significancia eficiencia antes y eficiencia después

Estadísticos de prueba ^a	
	Eficiencia después - Eficiencia antes
Z	-4,265 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	.000
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos negativos.	

Fuente: Elaboración propia con Spss V.23.

En la tabla se puede observar que la significancia de la prueba de Wilcoxon, aplicada en la eficiencia antes y después es de 0.000, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión se reafirma que se rechaza la hipótesis nula y se acepta que La aplicación del mantenimiento predictivo, incrementará la eficiencia en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress, Ate-Lima. 2017.

3.2.3 Análisis de la segunda hipótesis alternativa

H_a: La aplicación del mantenimiento predictivo, incrementará la eficacia en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress, Ate- Lima 2017.

A fin de poder contrastar la segunda hipótesis específica, es necesario realizar la prueba de normalidad para determinar si los datos de la eficacia son paramétricos o no paramétricos, en vista que hay 24 datos del antes y después respectivamente, procederemos al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

Si $\rho_{\text{valor}} \leq 0.05$, los datos de la serie tiene un comportamiento no paramétrico.

Si $\rho_{\text{valor}} > 0.05$, los datos de la serie tiene un comportamiento paramétrico.

Tabla 6. Prueba de normalidad de la eficacia antes y eficacia después con Shapiro-Wilk.

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficacia antes	.808	24	.000
Eficacia después	.898	24	.019

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia con Spss V.23.

En la tabla confirmamos que la significancia de la eficacia antes es 0.000 y después 0.019, donde según la regla de decisión, la eficacia antes es menor que 0.05 y la eficiencia después es menor a 0.05 por lo tanto los datos por lo tanto los datos tienen comportamiento no paramétrico y según el estadígrafo se utilizará la prueba de Wilcoxon.

Contrastación de la primera hipótesis específica.

H₀: La aplicación del mantenimiento predictivo, no incrementará la eficacia en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress, Ate-Lima. 2017.

H_a: La aplicación del mantenimiento predictivo, incrementará la eficacia en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress, Ate-Lima. 2017

Regla de decisión:

$$\mathbf{H_0:} \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

$$\mathbf{H_a:} \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

Tabla. Comparación de medias de eficacia antes y eficacia después con wilcoxon

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Eficacia antes	24	84.3333	4.39037	80.00	100.00
Eficacia después	24	97.1250	2.29010	93.00	100.00

Fuente: Elaboración propia con Spss V.23.

En la tabla de estadísticos de muestras relacionadas se puede comprobar que la media de la eficacia después (97.1250) es mayor que la media de la eficacia antes (84.3333) por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de la investigación o alterna, por la cual queda demostrado que La aplicación del mantenimiento predictivo, incrementará la eficacia en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress, Ate-Lima. 2017.

A fin de corroborar que el análisis es el correcto, procederemos al diagnóstico mediante el *p*valor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de Wilcoxon.

Regla de decisión:

Si $p_{valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $p_{valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 7. Prueba de estadísticos mediante el p_{valor} o significancia eficacia antes y eficacia después

Estadísticos de prueba ^a	
	Eficacia después - Eficacia antes
Z	-4,260 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	.000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon
b. Se basa en rangos negativos.

Fuente: Elaboración propia con Spss V.23.

En la tabla se puede observar que la significancia de la prueba de Wilcoxon, aplicada en la eficacia antes y después es de 0.000, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión se reafirma que se rechaza la hipótesis nula y se acepta que La aplicación del mantenimiento predictivo, incrementará la eficacia en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress, Ate-Lima. 2017.

IV

DISCUSIÓN

LEMA H, en su investigación titulada “Propuesta de mejora del proceso productivo de la línea de productos de papel Tisú mediante el empleo de herramientas de manufactura Esbelta”. Llegó a la conclusión que el mapeo del flujo de valor de la familia de productos higiénicos permitió identificar que el desperdicio de espera ocurrido debido a paradas de máquina constantes perjudicando su productividad. Así mismo, si nos remitimos a los resultados obtenidos en la presente investigación vemos que su eficiencia incrementa de 77.44% a 81.41%. Se encuentra una similitud en el aumento de la eficiencia presentada en la empresa Tecnopress S.A, se registró un aumento de 86% a 98%.

RONALD Apaza, en su investigación titulada “El modelo de mantenimiento productivo total TPM y su influencia a la productividad de la empresa minera Chama Perú”. Nos dice en su conclusión que el TPM no pretende ser la solución a todos los problemas de la empresa. Sin embargo ayudará a maximizar la eficacia y productividad, minimizará pérdidas y por lo tanto ayudará a reducir costos que son producidos por mermas, paradas, trabajos ineficientes, se reduce el 50% de las interrupciones de producción, la pérdida de producción decrece en un 70 %, la productividad se incrementa en un 50%. En el presente trabajo su incremento de productividad es similar aumenta en un 30%.

ROBERT, Burgos, concluye en su investigación titulada “Análisis del proceso de mantenimiento de la sala de máquina y el impacto en los niveles de producción en el reparto servicio de dragas”. La ausencia de un plan de mantenimiento programado influye el inadecuado control de detección de fallas de los procesos de mantenimiento de equipos de maquinaria a través del mantenimiento predictivo, siendo de tal manera que su productividad incrementa del 87% al 96% lo que equivale un aumento del 10.3%. Comparando con la tesis mencionada en la empresa Tecnopress S.A, aplicando mantenimiento predictivo se evitó futura fallas y paradas inesperadas de las máquinas, ya que las futuras fallas fueron atendidas con anticipación. Y tal motivo logró que se aumente

V

CONCLUSIÓN

.Se concluye que en la Implementación de Mantenimiento Predictivo se logró incrementar la productividad en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress – Cantol, Ate, en un 95 % y de acuerdo a la fórmula planteada (promedio después menos promedio antes entre promedio antes) nos da como resultado que nuestra productividad incrementó en un $=0.301 = 30 \%$.

.Se demostró que con la implementación del Mantenimiento Predictivo se incrementó la eficiencia en las máquinas automáticas de la empresa Tecnopress, Ate, en un 98% utilizando la misma fórmula que en el de la productividad dándonos como resultado de un $0.139 = 14\%$ que generaban las averías y/o fallas antes de la implementación. Esto fue gracias a que por ejemplo, a que se disminuyó las contrataciones de trabajos externos de trabajos predictivos, ya que actualmente se cuenta en la empresa con uno de los instrumentos predictivos, siendo así los técnicos realizan las tareas predictivas prescindiendo del servicio mencionado.

.Se demostró que con la implementación del Mantenimiento Predictivo se incrementó la eficacia en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress – Cantol, Ate, Dando un incremento de 97 %, siendo así hallamos de acuerdo a la fórmula (Promedio después menos promedio antes entre promedio antes) dándonos como resultado un $0.154 = 15 \%$ El resultado positivo para la eficacia de la empresa se obtuvo gracias a la disminución de números de averías.

VI

RECOMENDACIONES

En consideración de los resultados obtenidos se recomienda:

a) Al área de Mantenimiento, liderada por su jefatura correspondiente, la continuidad de los procesos de control y monitoreo de la implementación del Mantenimiento Predictivo aplicando los criterios de criticidad, en la selección previa de los equipos que serán también sometidos a este mantenimiento para, y en atención a la justificación práctica, resolver el problema de la baja productividad en las máquinas automáticas de la empresa Tecnopress, Ate. 2017.

b) Al área de Recursos Humanos, en coordinación con la jefatura del Área de Mantenimiento, la sensibilización y motivación al personal técnico para las capacitaciones externas con referencia al curso de Mantenimiento Predictivo y otros relacionados al diagnóstico y atención de fallas. Esta propuesta se hará en atención de la aplicación de los convenios académicos existentes que la empresa Tecnopress tiene con diversos centros de estudios técnicos como es el caso de Tecsup, Senati, etcétera. Esto para que los conocimientos teóricos y prácticos sean recibidos por el personal técnico garantizando una eficiente implementación de la misma en el campo.

c) A las Sub jefaturas del área de Mantenimiento Técnico preservar y difundir una cultura predictiva en atención de las estrategias mencionadas como resultado del Foda (ver tabla 04) donde se dicta la disminución de las averías en las máquinas automáticas con sus consecuencias negativas económicamente y la implementación de indicadores. El aseguramiento de este objetivo se debe hacer a través del seguimiento riguroso por parte de las sub jefaturas mencionadas donde la plasmación de los datos en las fichas de registro (ver anexo 05) no sean desatendidas por el personal técnico destinada a dicha labor.

VII

REFERENCIAS

Bibliografía principal

CÓRDOVA, Manuel. Estadística descriptiva e inferencial. 5ª. ed. Lima: Editorial Moshera. 2014. 488 pp.

ISBN: 9972813053

CUATRECASAS, Luis y TORRELL, Francesca. TPM en un entorno Lean Management. Barcelona: Profit Editorial. 2010. 412 pp.

ISBN: 9788415336172

CRUELLES, José. Ingeniería Industrial: Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua. México: Alfa Omega, 2013. 848 pp.

ISBN: 9786077076513

GONZÁLES, Francisco Javier. Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado.. 4ª. ed. Fundación Confemetal, 2011. 642 pp.

ISBN: 978849273585-3

GARCIA, Alfonso. Productividad y Reducción de Costos para la pequeña y mediana industria. 2ª. ed. México: Trillas, 2011. 304 pp.

ISBN: 9786071707338

GUTIERREZ, Humberto. Calidad y productividad. 4ª. ed. México D.F: Mc Graw-Hill / Interamericana editores . 2014. 382 pp.

ISBN: 97860715114-5

HERNÁNDEZ, Sanpieri. Metodología de la Investigación. 4ª. ed. Mac Graw – Hill / Interamericana, 2006. 404 pp.

ISBN: 9789701057537

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. Metodología de la investigación. 6ª. ed. México D.F: Mc Graw-Hill / Interamericana editores. 2014. 600 pp.

ISBN: 9781456223960

MORA, Alberto. Mantenimiento, Planeación, ejecución y control, Bogotá: Alfaomega. 2009.528 pp.

ISBN: 9789586827690

MOUBRAY, John. RCM II, Mantenimiento Centrado en la confiabilidad. 2ª. ed. España: Ed Aladon LLC. 2004.

ISBN: 0953960323

PISTARELLI, Alejandro J. Manual de Mantenimiento. Ingeniería, gestión y organización. Buenos Aires: 2010. 696 pp.

ISBN: 9789870584209

TECSUP VIRTUAL. Mantenimiento predictivo 2015

TÉCNICAS PARA EL MANTENIMIENTO y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas por Manés Fernández [et al]. Barcelona Marcombo. 1998. 355 pp.

ISBN: 8426711669.

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. 3ª ed. Lima: Editorial San Marcos. 2013. 496 pp.

ISBN: 9786123028787

Referencias Bibliográficas de Tesis Internacionales y Nacionales

CASTAÑEDA, Oscar. Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento preventivo basado en la lubricación que permita mejorar la confiabilidad de las maquinarias en la planta Merrill crowe s.a. Tesis (ingeniero industrial). Lima: Universidad Privada del Norte del Perú, 2013.

CHANG, Enrique. Propuesta de un modelo de gestión del mantenimiento predictivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio del alquiler. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima: Universidad de Ciencias Aplicadas del Perú, 2009. 94pp.

GARCÉS, Maricela de Lourdes. Optimización del mantenimiento predictivo en función del costo en la empresa bioalimentar CIA. LTDA. Tesis (Ingeniería Industrial) Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de Ecuador, 2011.92pp.

LEMA, H. Propuesta de mejora del proceso productivo de la línea de productos de papel Tisú mediante el empleo de herramientas de manufactura Esbelta. Tesis (Ingeniero Industrial) Perú: Universidad Católica del Perú, 2014.

MUÑOZ, José. Propuesta de desarrollo y análisis de la gestión del mantenimiento predictivo industrial en una empresa de cartón corrugado. Tesis (Ingeniero Industrial) Lima: Universidad de Ciencias Aplicadas del Perú, 2014.

PILAY, A. Implantación del mantenimiento preventivo en la empresa Oxígeno del Guayas. S.A. Tesis (Ingeniero Industrial).Ecuador: Universidad de Guayaquil, 2011.

ROBERT, Burgos. Análisis del proceso de mantenimiento de la sala de máquina y el impacto en los niveles de producción en el reparto servicio de dragas. Tesis (Ingeniero industrial). Universidad estatal de milagro, 2014.

RONAL, Apaza. El modelo de mantenimiento productivo total TPM y su influencia en la productividad minera. Tesis (Ingeniero industrial). Universidad Andina de Juliaca, 2015.

TAMARIZ, Velez. Diseño del plan de mantenimiento predictivo y correctivo para los equipos móviles y fijos de la empresa Mirasol S.A. Tesis (Ingeniero Industrial). Universidad de Cuenca. Cuenca – Ecuador, 2014.

VILLACORTA, César. Implementación de técnica de mejoramiento Mantenimiento Predictivo para aumentar la productividad del proceso del mantenimiento automotriz, en busca del punto de equilibrio entre la oferta y la demanda, empresa Toyocosta S.A. Tesis (Ingeniero Industrial) Ecuador: Universidad de Guayaquil, 2014.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Formulación Del Problema	Objetivos	Hipótesis General	Variables	Indicadores	Diseño Metodológico
Problema General 1 ¿De qué manera la implementación del mantenimiento predictivo incrementa la productividad en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress S.A.C 2017, ATE-LIMA?	Objetivo General 1.Determinar como la implementación del mantenimiento predictivo incrementa la productividad en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopres S.A.C 2017. ATE-LIMA.	H1. La implementación del mantenimiento predictivo incrementa la productividad en el área de máquinas automáticas de la empresa tecnopress s.a.c 2017?	Variable dependiente : Y Y = Productividad Y1 = Eficiencia Y2 = Eficacia	Indicadores : Variable independiente $\text{Eficiencia} = \frac{\text{TP}}{\text{TU}} \times 100$ TP = Tiempo programado TU= Tiempo utilizado $\text{Eficacia} = \frac{\text{PR}}{\text{PP}} \times 100$ PR =Producción real PP =Producción planificado	Tipo de investigación Aplicada Nivel de investigación Explicativa Diseño de la investigación Cuasi Experimental
Problemas Específicos 1.Problema específico 1 ¿De qué manera la implementación del mantenimiento predictivo incrementa la eficiencia en el área de máquinas automáticas de la empresa tecnopress s.a.c 2017, ATE-LIMA? 2.Problema específico 2 ¿De qué manera la implementación del mantenimiento predictivo incrementa la eficacia en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress S.A.C 2017, ATE-LIMA?	Objetivos Específicos Objetivo específico 1. Determinar como la implementación del mantenimiento predictivo incrementa la eficiencia en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress S.A.C 2017, ATE-LIMA Objetivo específico 2. Determinar como la implementación del mantenimiento predictivo incrementa la eficacia en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress S.A.C 2017, ATE-LIMA.	Hipótesis Alternativa 1 .La implementación del mantenimiento predictivo incrementa la eficiencia el área de máquinas automáticas de la empresa tecnopress s.a.c 2017. ATE-LIMA Hipótesis Específica 2 .La implementación del mantenimiento predictivo incrementa la eficacia en el área de máquinas automáticas de la empresa tecnopress s.a.c 2017. ATE- LIMA	Variable Independiente X X =Mantenimiento predictivo .Dimensiones : X1. Detección X3. Fallas	$\text{TDF} = \frac{\text{TD}}{\text{TPT}} \times 100$ TDF=Tiempo de detección de fallas TD = Tiempo de detección TPT = Tiempo programado de trabajo $\text{HMP} = \frac{\text{TC}}{\text{TCP}} \times 100$ HMP= Hora de máquina parada TC = Tiempo de corrección TCP= Tiempo de corrección proyectada	Técnicas de recolección -Observación Directa -Recolección De datos Instrumento Ficha de registro

Elaborado por Jeancarlo Santiago Garcia . Ingeniería Industrial - Sube

Anexo 2. Validación de instrumentos



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE ESTUDIO DEL TRABAJO

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	TDF= TD / TPT X 100 TD= Tiempo de detección TPT = Tiempo programado de trabajo	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 2 FALLAS	Si	No	Si	No	Si	No	
2	HMP= TC / TCP X 100 TC= Tiempo de corrección TCP= Tiempo de corrección proyectada	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [✓] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Dr. Jorge Rafael Díaz Dumont DNI: 08693815

Especialidad del validador: ING. INDUSTRIAL

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

[Firma] 2 de 11 del 2017 7

STRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE **Firma del Experto Informante.**

Dr. Jorge Rafael Díaz Dumont
 Ing. Industrial CIP 43232
 Lic. en Educación CPPe 0300698815
 Docente de Escuela Universitaria
 UNFV

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1 Eficiencia							
3	Tiempo programado EFICIENCIA = $\frac{\text{-----}}{\text{Tiempo utilizado}} \times 100$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 2 Eficacia							
4	Producción real EFICACIA = $\frac{\text{-----}}{\text{Producción planificado}} \times 100$	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable / Aplicable después de corregir / No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Dr. Jorge Rafael Díaz Dumont DNI: 08693315

Especialidad del validador: ING. INDUSTRIAL

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Jorge Rafael Díaz Dumont
 Dr. Jorge Rafael Díaz Dumont
 Ing. Industrial CIP 43232
 Lic. en Educación CPPe 0306696815
 Docente de Escuela Universitaria
 Posgrado - UNFV
 Firma del Experto Informante.

2 de 11 del 2017

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE ESTUDIO DEL TRABAJO

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	$TDF = TD / TPT \times 100$ TD= Tiempo de detección TPT = Tiempo programado de trabajo	/		/		/		
	DIMENSIÓN 2 FALLAS	Si	No	Si	No	Si	No	
2	$HMP = TC / TCP \times 100$ TC= Tiempo de corrección TCP= Tiempo de corrección proyectada	/		/		/		

 Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

 Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir [] No aplicable []

 Apellidos y nombres del juez validador. Dr/Mg: DAVILA LAGUNA RONALD DNI: 22423025

 Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

02 de 11 del 2017



Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ₁		Relevancia ₂		Claridad ₃		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1 Eficiencia							
3	Tiempo programado $EFICIENCIA = \frac{\text{-----}}{\text{Tiempo utilizado}} \times 100$							
	DIMENSIÓN 2 Eficacia							
4	Producción real $EFICACIA = \frac{\text{-----}}{\text{Producción planificado}} \times 100$							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr./Mg: DARLA LAGUNA RAMIRO DNI: 22423025

Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

02 de 11 del 2017


 Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE ESTUDIO DEL TRABAJO

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	<p>TDF= TD / TPT X 100</p> <p>TD= Tiempo de detección TPT = Tiempo programado de trabajo</p>	/		/		/		
	DIMENSIÓN 2 FALLAS	Si	No	Si	No	Si	No	
2	<p>HMP= TC / TCP X 100</p> <p>TC= Tiempo de corrección TCP= Tiempo de corrección proyectada</p>	/		/		/		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. Mg: EGUSQUIZA RODRIGUEZ MARGARITA DNI: 08424379

Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL

2 de 10 del 2017

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

STRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPE


Firma del Experto Informante.

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ₁		Relevancia ₂		Claridad ₃		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1 Eficiencia							
3	Tiempo programado $EFICIENCIA = \frac{\text{-----}}{\text{Tiempo utilizado}} \times 100$	✓		—		—		
	DIMENSIÓN 2 Eficacia							
4	Producción real $EFICACIA = \frac{\text{-----}}{\text{Producción planificado}} \times 100$	✓		—		—		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir [] No aplicable []

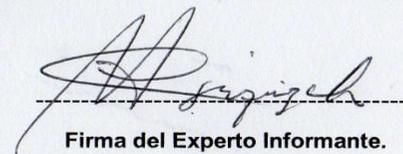
Apellidos y nombres del juez validador. Dr. Mg. EGUSQUIZ RODRIGUEZ MARCONITA DNI: 08474377

Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL

2 de 10 del 2017

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión


 Firma del Experto Informante.

Anexo 3. Ficha de registro de temperaturas

Nº	Equipos eléctricos trifásicos Monofásicos en General						Fecha	Personal
	Serie	Equipos	Capacidad					
	Type			Temperatura Grado Centígrado				
1	SD 100	Motor Trifásico	2 HP		120.2		29/08/2017	Hector mendoza
2	DA 80	Motor Trifásico	3HP		110.3		29/08/2017	Hector mendoza
3	2	Motor Trifásico	3HP		122.4		29/08/2017	Hector mendoza
4	BS 83	Motor Trifásico	8HP/ 7.5 KW		130.3		29/08/2017	Hector mendoza
5	SD 100	Motor Trifásico	10HP/7.6 KW		112.7		29/08/2017	Hector mendoza
6	DA 80	Motor Trifásico	8HP/ 7.5 KW		115.1		29/08/2017	Hector mendoza
7	2	Motor Trifásico	2HP/1.75KW		1101		29/08/2017	Hector mendoza
9	BS 83	Motor Trifásico	10HP/7.6 KW		110.3		29/08/2017	Hector mendoza
10	SD 100	Motor Trifásico	7.5 HP		120.2		29/08/2017	Hector mendoza
11	DA 80	Motor Trifásico	10HP/7.5 KW		110.3		29/08/2017	Hector mendoza
12	2	Motor Trifásico	1HP/0.75KW		122.4		29/08/2017	Hector mendoza
13	BS 83	Motor Trifásico	2HP/1.5KW		130.3		29/08/2017	Hector mendoza
14	SD 100	Motor Monofásico	8HP/ 7.5 KW		112.7		29/08/2017	Hector mendoza
15	DA 80	Motor Monofásico	2HP/1.5KW		115.1		29/08/2017	Hector mendoza
16	2	Motor Monofásico	1HP/0.75KW		1101		29/08/2017	Hector mendoza
17	BS 83	Motor Monofásico	8HP/ 7.5 KW		110.3		29/08/2017	Hector mendoza
18	CH 32	Bomba centrífuga	2HP/1.5KW		100.2		29/08/2017	Hector mendoza
19	CRN32	Bomba centrífuga	2HP		111.3		29/08/2017	Hector mendoza
20	CRN34	Bomba centrífuga	2HP		118.4		29/08/2017	Hector mendoza

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Funciones y procedimientos en el área de producción

Manual de Funciones y Procedimientos en el área de producción de la empresa TECNOPRESS		
Nombre del Cargo	Gerencia General	Área
REPORTA A : DIRECTORIO AMPLIADO	COORDINACIÓN .JEFE DE PLANTA .SUPERVISORES .JEFE DE MANTENIMIENTO .SUPERVISOR DE MANTENIMEINTO	MANTENIMIENTO LE REPORTAN : .JEFE DE PLANTA SUPERVISORES
OBJETIVO : Responsable de cumplir las metas establecidas por el directorio, representar al directorio en la ejecución óptima de las operaciones		
FUNCIONES ESPECÍFICAS : Convocar a reuniones de coordinación con las diferentes áreas de la empresa, analizar los avances así como problemas que puedan estar surgiendo en los distintos puntos de la organización.		REQUERIMIENTOS BÁSICOS : - Ingeniero Industrial
		HABILIDAD Y CONOCIMIENTO : Lectura de planos Costos y presupuesto Liderazgo

Fuente: Elaboración propia


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
 IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA
 INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE MÁQUINAS
 AUTOMÁTICAS DE LA EMPRESA TECNOPRESS S.A.C. 2017 Ate - Lima
 TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
 INGENIERO INDUSTRIAL
 AUTOR
 JEANCARLO MAURICIO SANTIAGO GARCIA
 ASESOR
 JAIME ENRIQUE MOLINA VILCHEZ
 LINEA DE INVESTIGACIÓN
 GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA
 LIMA - PERÚ
 2017



Resumen de coincidencias ✕

24 %

< Se están viendo fuentes estándar >

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

- | | | |
|---|--|-------|
| 1 | www.academia.edu
Fuente de Internet | 6 % > |
| 2 | repositorio.uancv.edu.pe
Fuente de Internet | 1 % > |
| 3 | docplayer.es
Fuente de Internet | 1 % > |
| 4 | Entregado a Universida...
Trabajo del estudiante | 1 % > |
| 5 | repositorio.ufpso.edu.c...
Fuente de Internet | 1 % > |
| 6 | tesis.ucsm.edu.pe
Fuente de Internet | 1 % > |

Anexo 7. Ficha de los mantenimientos programados - Correctivos

Mantenimiento programado	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
ASISTENCIA TECNICA												
CAMBIO DE ACEITE												
CAMBIO DE BOMBA												
CAMBIO DE BOMBA PRINCIPAL												
CAMBIO DE CABLES DE PH												
CAMBIO DE DUCTOS DE COLECTOR DE POLVO												
CAMBIO DE ELECTROBOMBA ENEA PH												
CAMBIO DE KIT DE JUNTA PISTON DE PISTON PH												
CAMBIO DE KITS DE PISTON PH												
CAMBIO DE MANGUERA SALIDA KM1												
CAMBIO DE MANGUERAS SALIDA DE KM11												
CAMBIO DE PISTON PRENSA												
CAMBIO DE REDUCTOR DE CARRO												
CAMBIO DE VALVULA SMU												
CAMBIO DE VALVULAS PROPORCIONALES DEL SPE PH												
CAMBIO MULTIPLICADOR PH												
INSTALACION DE DETECTORES DE HUMO Y ASPERSORES												
INSTALACION DE UNIDAD DE FILTRADO DE AIRE COMPRIMIDO												
MANTENIMIENTO DE TOLVAS												

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8. Ficha de registro Post – Test



FICHA DE REGISTRO DE DATOS

Fecha	Tiempo programado (horas)	Tiempo utilizado	Eficiencia %	Promedio de % de eficiencia	Producción planificada	Producción real	Eficacia %	Promedio de % de eficacia	Productividad %	Promedio de % de Productividad
1	8	9.17	0.87	86%	1000	850	0.85	84%	0.74	73%
2	8	9.00	0.89		1000	870	0.87		0.77	
3	8	9.17	0.87		1000	840	0.84		0.73	
4	8	9.75	0.82		1000	820	0.82		0.67	
5	8	9.25	0.86		1000	800	0.80		0.69	
6	8	9.33	0.86		1000	800	0.80		0.69	
7	8	9.17	0.87		1000	883	0.88		0.77	
8	8	9.08	0.88		1000	890	0.89		0.78	
9	8	9.00	0.89		1000	800	0.80		0.71	
10	8	8.00	1.00		1000	1000	1.00		1.00	
11	8	9.33	0.86		1000	840	0.84		0.72	
12	8	9.00	0.89		1000	800	0.80		0.71	
13	8	9.42	0.85		1000	830	0.83		0.70	
14	8	9.58	0.84		1000	845	0.85		0.71	
15	8	9.75	0.82		1000	860	0.86		0.71	
16	8	9.00	0.89		1000	884	0.88		0.79	
17	8	9.83	0.81		1000	840	0.84		0.68	
18	8	9.33	0.86		1000	840	0.84		0.72	
19	8	9.33	0.86		1000	840	0.84		0.72	
20	8	9.92	0.81		1000	820	0.82		0.66	
21	8	9.83	0.81		1000	800	0.80		0.65	
22	8	9.33	0.86		1000	820	0.82		0.70	
23	8	9.75	0.82		1000	870	0.87		0.71	
24	8	9.33	0.86		1000	800	0.80		0.69	
Total	192	223.65	-	-	24000	20242	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

