Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Industrial
Unidad de Posgrado

Mejora de la productividad en las lineas de producción de fabricación de tubos electrosoldados con la elaboración de un plan de mantenimiento basado en el mantenimiento autónomo

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Ingeniería Industrial

AUTOR

Carlos Antonio PORRAS GUZMAN

ASESOR

Mg. Alejandro Cornelio GALLEGOS CHOCCE

Lima, Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Porras, C. (2025). *Mejora de la productividad en las lineas de producción de fabricación de tubos electrosoldados con la elaboración de un plan de mantenimiento basado en el mantenimiento autónomo*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Carlos Antonio Porras Guzman
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41743004
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0001-8460-0198
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Alejandro Cornelio Gallegos Chocce
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08689922
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-0968-6825
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Jorge Enrique Ortiz Porras
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40523944
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	José Antonio Velásquez Costa
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09827586
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Alcides Guillermo Joo Aguayo
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	42151186
Datos de investigación	

Línea de investigación	Gestión organizacional sostenible
Grupo de investigación	PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	SIDERPERU - GERDAU País: Perú Departamento: Ancash Provincia: Santa Distrito: Chimbote Centro poblado: Chimbote Antiguo Urbanización: Chimbote Antiguo Manzana y lote: 150 Calle: Ramon Castilla Latitud: -9.0562687 Longitud: -78.5992785
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Obligatorio. Ejemplo: Enero 2018 - Diciembre 2021
URL de disciplinas OCDE	Sistemas de automatización, Sistemas de control http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.03 Ingeniería mecánica http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.01 Ingeniería de procesos http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.04.02

UNIVERSIDAD NACIONAL
MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA

UNIDAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN Nº007-UPG-FII-2025

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

En la ciudad de Lima del día catorce del mes de marzo del año dos mil veinticinco, siendo las doce y treinta horas, se instaló el Jurado Examinador para la Sustentación de la Tesis titulada: **"MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LAS LINEAS DE PRODUCCIÓN DE FABRICACIÓN DE TUBOS ELECTROSOLDADOS CON LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN EL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO"**, presentado por el **Bach. CARLOS ANTONIO PORRAS GUZMAN,** para optar el Grado Académico de Magíster en Ingeniería Industrial.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas del Jurado Examinador se procedió a la calificación individual y secreta, habiendo sido aprobado con la calificación de diecisiete (17) muy bueno.

El Jurado recomienda que la Facultad acuerde el otorgamiento del Grado Académico de Magíster en Ingeniería Industrial, al Bach. **CARLOS ANTONIO PORRAS GUZMAN.**

En señal de conformidad, siendo las 13:30 **horas** se suscribe la presente acta en cuatro ejemplares, dándose por concluido el acto.

Dr. JORGE ENRIQUE ORTIZ PORRAS
Presidente

Dr. JOSÉ ANTONIO VELASQUEZ COSTA
Miembro

Mg. ALCIDES GUILLERMO JOO AGUAYO
Miembro

Mg. ALEJANDRO CORNELIO GALLEGOS CHOCCE
Asesor

Scanned with OKEN Scanner

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **ALEJANDRO CORNELIO GALLEGOS CHOCCE**, en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Decanal - **DICTAMEN N N°686-UPG-FII-2021** de la tesis, cuyo título es "**MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LAS LINEAS DE PRODUCCIÓN DE FABRICACIÓN DE TUBOS ELECTROSOLDADOS CON LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN EL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**" presentado por el bachiller **CARLOS ANTONIO PORRAS GUZMÁN** para optar el grado de **MAGÍSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**, **CERTIFICO** que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el **08% de similitud**, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado/ título/ especialidad correspondiente.

Lima, 12 de junio 2024

Firma del Asesor

Nombres y Apellidos del asesor: **ALEJANDRO CORNELIO GALLEGOS CHOCCE**

DNI **08689922**

ÍNDICE

I. INTRODUCCION 9

1.1. Situación problemática 9
1.2. Formulación del problema 22
1.3. Justificación de la investigación 22
1.4. Objetivos de la investigación 25
1.4.1. Objetivo general 25
1.4.2. Objetivos específicos 25

II. MARCO TEÓRICO 26

2.1. Antecedentes del problema 26
2.2. Bases teóricas 34
2.2.1. Productividad 34
2.2.2. Mantenimiento autónomo 35
2.3. Marcos conceptuales 46
2.3.1. Empowerment 46
2.3.2. Benchmarking 47
2.3.3. Lean manufacturing 47
2.3.4. 5s 48
2.3.5. Rentabilidad y Competitividad 48
2.3.6. Liderazgo 49
2.3.7. Productividad 50
2.3.8. Costos 50
2.3.9. Desperdicios 51
2.3.10 OEE 53
2.3.11 CTQ 55
2.3.12 Método Delphi 55
2.4. Hipótesis y variables 56

2.4.1. Hipótesis general 56
2.4.2. Hipótesis específicas 56
2.5. Identificación de variables 56
2.6. Operacionalización de variables 57
2.7. Matriz de consistencia 58

III. METODOLOGÍA 59
3.1. Tipo y diseño de investigación 59
3.2. Unidad de análisis 59
3.3. Población de estudio 60
3.4. Tamaño de la muestra 60
3.5. Selección de muestra 61
3.6. Técnicas de recolección de datos 62

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 62
4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados 62

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 89
5.1 Conclusiones 89
5.2 Recomendaciones 96

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 98

VII. ANEXOS 105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de Variables 57
Tabla 2. Matriz de Consistencia 58
Tabla 3. Distribución de Células en Siderperú 61
Tabla 4. Matriz CTQ 63
Tabla 5. Hoja de verificación de la productividad antes de la Implementación del Mantenimiento Autónomo (2019) 65
Tabla 6. Nivel de cumplimiento en el Mantenimiento Autónomo 66
Tabla 7. Hoja de verificación de la productividad posterior al mantenimiento autónomo (2021) 66
Tabla 8. Nivel de Cumplimiento del mantenimiento autónomo 68
Tabla 9. Toma de datos de 12 variables durante 18 meses desde Julio del 2018 hasta diciembre del 2019 68
Tabla 10. Recopilación de datos de variables por un periodo de 18 meses a partir de enero del 2020 hasta Junio 2021 luego de implementado el Mantenimiento Autónomo 69
Tabla 11. Impacto Económico 70
Tabla 12. Análisis Descriptivo de la Productividad Pre-Post test 70
Tabla 13. Análisis Descriptivo de la OEE Pretest – Post test 71
Tabla 14. Análisis Descriptivo de la Costos Pretest. Post test 75
Tabla 15. Prueba de Normalidad de la Variable Productividad, OEE y Costo 76
Tabla 16. Prueba de Muestras emparejadas OEE 77
Tabla 17. Prueba de Muestras emparejadas -costos 78
Tabla 18. Prueba de Muestras emparejadas OEE 79
Tabla 19. Prueba de Muestras emparejadas de los costos 80
Tabla 20. Posibles causas raíz 83
Tabla 21. Datos de 12 variables durante los 18 meses desde Julio del 2018 hasta diciembre del 2019 84
Tabla 22. Correlación de Variables 86

Tabla 23. Datos de 12 variables durante los 18 meses desde enero del 2020 hasta junio del 2021 88
Tabla 24. Ficha de indicadores de factores 110
Tabla 25. Relación DPMO de Calidad y Nivel Sigma. 115
Tabla 26. Listado de equipos crítico 129
Tabla 27. Programa del mantenimiento anual planificado 131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variación Porcentual - Producción Nacional 2019-2021 10
Figura 2. Variación Porcentual – Producción Nacional según actividad 2019 – 2021 11
Figura 3. Índice de utilización de la capacidad instalada de la industria siderúrgica por año de 2015 a 2021 12
Figura 4. Utilización de la capacidad instalada en el sector siderúrgico, por meses, de 2020 a 2021. 12
Figura 5. Disponibilidad 15
Figura 6. Rendimiento 15
Figura 7. Pérdida Metálica 16
Figura 8. Horas Pérdidas en la Planta de Tubos 18
Figura 9. Horas Pérdidas de Julio del 2018 hasta diciembre del 2019 19
Figura 10. Disponibilidad 19
Figura 11. Análisis del Problema, Motivo y Causa 20
Figura 12. Pasos del Mantenimiento autónomo aplicados a cada causa del problema 21
Figura 13. Diseño esquemático del mantenimiento autónomo 43
Figura 14. Diagrama causa efecto 69
Figura 15. Análisis descriptivo del pre y post test - variable Productividad 72
Figura 16. Análisis descriptivo del pre y post test - variable OEE 73
Figura 17. Análisis Descriptivo del pre y post test de la variable Costos 75

Figura 18. Análisis de regresión de variables. 85
Figura 19. Análisis de regresión de variables sin x5 85
Figura 20. % Productividad (Y) 90
Figura 21. % Personal Capacitado (X1) 91
Figura 22. % Aprobación en Clima Laboral (X2) 92
Figura 23. % Desviación de Paradas Programadas para Mantenimiento Preventivo (X3) 92
Figura 24. % Perdida Metálica (X4) 93
Figura 25. % Reclamo de Clientes (X5) 93
Figura 26. % Observaciones Levantadas (X6) 94
Figura 27. % Variación Costos de Producción Planificada vs Real (X7) 94
Figura 28. % OEE 96
Figura 29. Centramiento Cpk. 108
Figura 30. Correlación. Nota. Datos tomados de Levin & Rubin (2016) 109
Figura 31. Índice de capacidad Cp. 111
Figura 32. Prueba One Sample T. 111
Figura 33. Prueba Two Sample) 112
Figura 34. Regresión 113
Figura 35. Etiquetas de Mantenimiento Autónomo 116
Figura 36. Programa diario de Mantenimiento Autónomo 119
Figura 37 Entrenamiento y Capacitaciones 120
Figura 38. Simbología del mantenimiento autónomo 133

RESUMEN

En el contexto actual, donde los desafíos de garantizar alta calidad, flexibilidad, velocidad, personalización y bajos costos de producción son cada vez más exigentes, los sistemas de producción juegan un papel fundamental en las organizaciones. En este panorama complicado, la implementación del Mantenimiento Autónomo (MA) se presenta como una estrategia clave. Este enfoque busca establecer un plan de mantenimiento que abarque desde actividades administrativas hasta la limpieza y lubricación de máquinas, promoviendo así la colaboración de todas las áreas de la empresa en pro del mantenimiento de la calidad, la seguridad y un entorno de alto rendimiento. Se trata de un mantenimiento planificado en el que tareas como el monitoreo, la limpieza y la inspección de las máquinas son responsabilidad de los operadores, con el objetivo de reducir costos en mano de obra y disminuir las paradas técnicas.

El concepto de mantenimiento autónomo tuvo su origen en Japón en la década de 1960, como parte de la filosofía de producción de Toyota. Desde entonces, se ha consolidado como un pilar esencial del Mantenimiento Productivo Total (TPM) y se ha aplicado con éxito en numerosas fábricas alrededor del mundo. Además, el mantenimiento autónomo está íntimamente ligado a la mejora continua. Al empoderar a los operadores para que asuman responsabilidad por sus máquinas, se fomenta la identificación y resolución de problemas, lo que resulta en la optimización continua de los procesos.

ABSTRACT

In today's context, where the challenges of ensuring high quality, flexibility, speed, customization, and low production costs are increasingly demanding, production systems play a fundamental role in organizations. In this complicated environment, the implementation of Autonomous Maintenance (AM) emerges as a key strategy. This approach seeks to establish a maintenance plan that encompasses everything from administrative activities to machine cleaning and lubrication, thus promoting collaboration across all areas of the company to maintain quality, safety, and a high-performance environment. This is a planned maintenance in which tasks such as machine monitoring, cleaning, and inspection are the responsibility of operators, with the goal of reducing labor costs and minimizing downtime.

The concept of autonomous maintenance originated in Japan in the 1960s, as part of Toyota's production philosophy. Since then, it has established itself as an essential pillar of Total Productive Maintenance (TPM) and has been successfully applied in numerous factories around the world. Furthermore, autonomous maintenance is closely linked to continuous improvement. By empowering operators to take responsibility for their machines, problem identification and resolution is encouraged, resulting in continuous process optimization.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Situación Problemática

Según la edición del Banco Mundial de las Perspectivas Económicas Mundiales, la economía mundial está experimentando una fuerte desaceleración en medio de nuevos peligros derivados de las versiones COVID 19, así como del aumento de la deuda, la inflación y la desigualdad de ingresos, que podrían poner en peligro la recuperación de las naciones emergentes y en desarrollo. A medida que disminuya el grado de asistencia fiscal y monetaria en todo el mundo, se prevé que el crecimiento mundial se reduzca significativamente, pasando del 5,5% en 2021 al 4,1% en 2022 y al 3,2% en 2023. (Banco Mundial, 2022). La demanda de acero aumentaría un 0,4% este año, hasta 1.840 millones de toneladas, por debajo del incremento del 2,7% previsto en 2021, lastrado por la crisis de Ucrania y el aumento de los precios. Las interrupciones de la cadena de suministro mundial y el aumento de los costes de la energía y las materias primas, que ya afectaban al sector siderúrgico antes del conflicto, así como el encarecimiento de las materias primas para la producción de acero, se dejarán sentir como consecuencia del efecto. (Forbes, 2022)

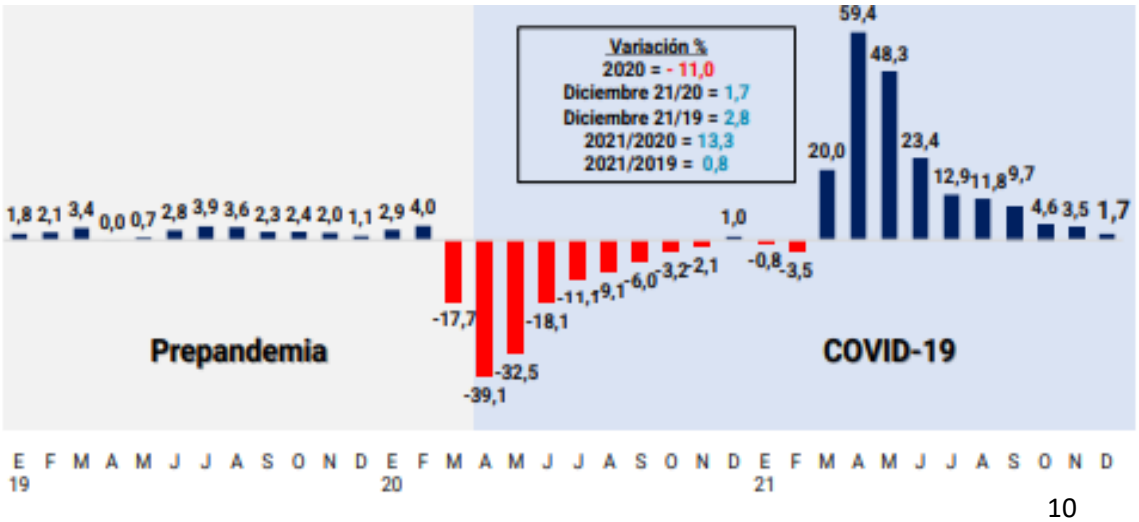
“Debido a la falta de acero y materias primas procedentes de Rusia o Ucrania, el mercado mundial tuvo que buscar nuevos sustitutos. Aunque no se pueden descartar algunas naciones de América Latina, esto afecta sobre todo a Estados Unidos y Europa. Debido a los costes más elevados de estos nuevos proveedores o al simple exceso de demanda de materias primas por

parte de algunos de ellos, el escenario ha desembocado en una situación global de subidas de precios". (Wagner, 2022)

Esto es sustentado por el Estudio de la Sociedad Nacional de Industria de Febrero del 2022, que señala que el sector industrial experimentó un crecimiento de 1,7% en diciembre de 2021, inferior a las tasas observadas en los meses anteriores (sept. 2021: 9,8%; oct. 2021: 4,5%; nov. 2021: 3,5%), lo que indica una desaceleración de la economía peruana. Debido a que la producción nacional se ubicó en niveles muy similares al nivel prepandémico en los últimos meses del 2020, la desaceleración del PBI nacional también refleja una menor recuperación estadística de las cifras. Con el resultado de diciembre, el PIB cerró 2021 con una subida del 13,3%. Es crucial tener en cuenta que, si se compara el estado de la economía nacional con 2019, la tasa del 13,3% baja al 0,8%. Por ello vemos con optimismo el buscar metodologías que permitan seguir creciendo la producción nacional de diferentes tipos de Industrias. A continuación, en la Figura 1 se muestra la Variación Porcentual – Producción Nacional del 2019 al 2021.

Figura 1

Variación Porcentual – Producción Nacional 2019 – 2021



Nota: Datos tomados del BCR

La subida del sector de la construcción (34,7%) es notable en términos de actividad económica., manufactura (17,7%), Minería e Hidrocarburos (7.4%) entre los principales, situándose como la actividad económica de mayor sostenibilidad en los años. A continuación, en la Figura 2 se muestra la Variación Porcentual – Producción Nacional según Actividad 2019 – 2021.

Figura 2

Variación Porcentual – Producción Nacional según actividad 2019 – 2021

PRODUCCIÓN NACIONAL SEGÚN ACTIVIDAD ECONÓMICA, 2021
(Variación porcentual)

Actividad Económica	2021 / 2019		2021 / 2020	
	Diciembre	Año	Diciembre	Año
Economía Total	2,8	0,8	1,7	13,3
Agropecuaria	6,5	4,9	9,2	3,8
Pesca	86,7	7,1	-12,6	2,8
Mineria e Hidrocarburos	-9,8	-7,0	-6,1	7,4
Manufactura	11,5	3,0	1,4	17,7
Electricidad, Gas y Agua	2,2	1,9	2,5	8,5
Construcción	14,8	16,7	-8,9	34,7
Comercio	1,0	-1,0	2,7	17,8
Otros Servicios	0,6	-0,5	5,0	10,5

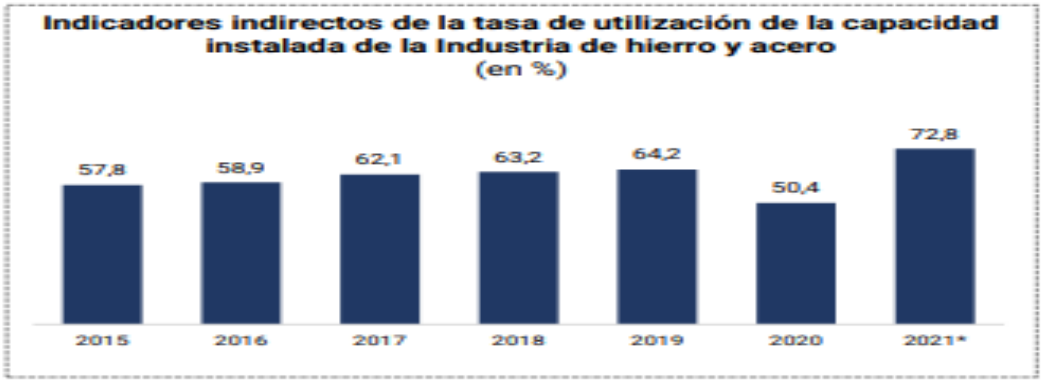
Nota: Datos tomados del BCR

Hay que tener en cuenta que la industria sigue luchando contra el exceso de capacidad instalada, lo que afectará a los niveles de producción y a los precios en los próximos años, junto con el descenso de la demanda. (Rumbo Minero, 2021). La tasa media de utilización de la industria siderúrgica hasta octubre de 2021 fue del 72,8% de su capacidad de producción, superando en 8,7 puntos porcentuales los niveles observados en el año anterior a la pandemia.

A continuación, en la Figura 3 se muestra el índice de utilización de la capacidad instalada de la industria siderúrgica por año de 2015 a 2021

Figura 3

índice de utilización de la capacidad instalada de la industria siderúrgica por año de 2015 a 2021

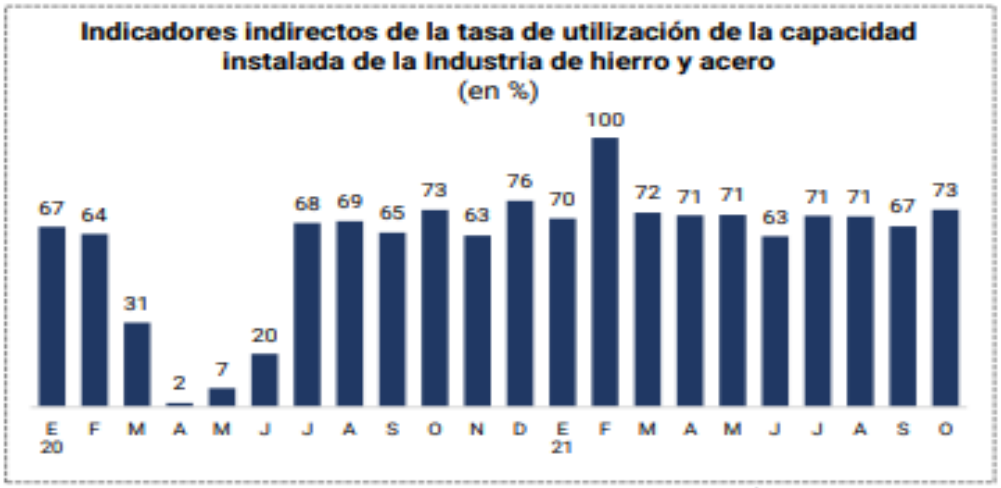


Nota: Datos tomados del BCR

Es crucial destacar el dinamismo de este sector, que ha visto incrementada la tasa de utilización de su capacidad potencial desde que se mantienen registros, alcanzando su nivel más alto en 2019 (64,2%); no obstante, tal y como se observa por el repunte de su actividad productiva, esta tasa se superaría en 2021. A continuación, en la Figura 4 se muestra la Utilización de la capacidad instalada en el sector siderúrgico, por meses, de 2020 a 2021.

Figura 4

Utilización de la capacidad instalada en el sector siderúrgico, por meses, de 2020 a 2021.



Nota: Datos tomados del BCR

La economía en el Perú ha implementado seis tratados comerciales en la primera década de este siglo que nos han llevado a la importación de productos manufacturados y al déficit comercial desde el 2004; ocasionado por la competencia desleal al ofertar productos a precio inferior al de nuestros productores, es el caso del acero chino que aún cuando es de inferior calidad al peruano, debido a que el TLC presenta 0 arancel en productos mineros y de construcción tiene mayor demanda (Asociación Latinoamérica del Acero, 2014). Así para ser competitivos se necesita mejorar la disponibilidad de los equipos en las empresas que producen en cadena (Beltrán, 2016) para maximizar su producción, evitando paradas de las cuales se desconocen sus fallas (Hernández, 2021), porque usualmente las intervenciones permitidas a los técnicos de mantenimiento son las provisionales y de escasa fiabilidad (Bernández, 2020). Debido a que se prioriza la producción antes que a los mantenimientos programados (Cuesta, 2018).

Tener las áreas de producción y mantenimiento sectorizadas, reduce la productividad, cuando los mantenimientos son básicos, ya que se pueden perder horas de producción por tan solo ajustar pernos, calibrar equipos, purgar bombas etc., Por lo cual es necesario comprometer a los operadores de planta en las decisiones a través de la integración de equipos de trabajo, estableciendo los objetivos de ellos con los de la corporación, logrando en la interna cambios culturales (Beltrán, 2016). Si bien es cierto que la empresa de estudio es una de las empresas más importantes del país, y ha sido factible detectar la presencia de diversos residuos a lo largo de sus procedimientos de fabricación. en disponibilidad de máquinas, rendimiento de las mismas y calidad de producto terminado. El tiempo de producción que tienen las máquinas de la Planta de Tubos en la empresa es muy variable, siendo que, de las 18 horas laborales programadas al día, se han observado días en los que hubo fuertes paradas hasta de tres horas en cada máquina, ocasionando una disponibilidad promedio de 65.8% en planta y restando tiempo productivo a la empresa. A continuación, en la Figura 5 se muestra la Disponibilidad de la Planta en Horas x Mes.

Figura 5

Disponibilidad

ITEM	MES	TIEMPO PROGRAMADO (HRS)	TIEMPO DE PRODUCTIVIDAD	DISPONIBILIDAD
1	jul-18	3528	2188	62.0%
2	ago-18	3400	2300	67.6%
3	sep-18	3500	2410	68.9%
4	oct-18	3450	2310	67.0%
5	nov-18	3500	2330	66.6%
6	dic-18	3550	2360	66.5%
7	ene-19	3528	2358	66.8%
8	feb-19	3024	1834	60.6%



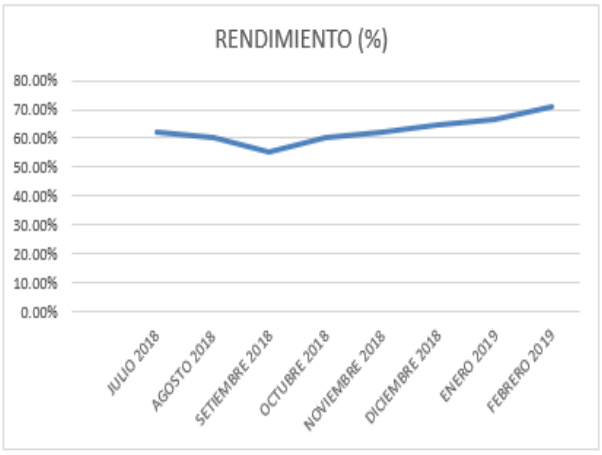
Nota: Elaboración propia (2023)

La presencia de paradas no programadas genera, además, bajas en la producción programadas, logrando determinar un 63% de cumplimiento del programa de producción en promedio (rendimiento). A continuación, en la Figura 6 se muestra el Rendimiento de la Planta en porcentaje por mes.

Figura 6

Rendimiento

ITEM	MES	PRODUCCION PROGRAMADA (TON)	PRODUCCION REALIZADAS (TON)	RENDIMIENTO (%)
1	jul-18	4500.0	2800	62%
2	ago-18	4500.0	2700	60%
3	sep-18	4500.0	2500	56%
4	oct-18	4500.0	2700	60%
5	nov-18	4500.0	2800	62%
6	dic-18	4500.0	2900	64%
7	ene-19	4500.0	3000	67%
8	feb-19	4500.0	3200	71%



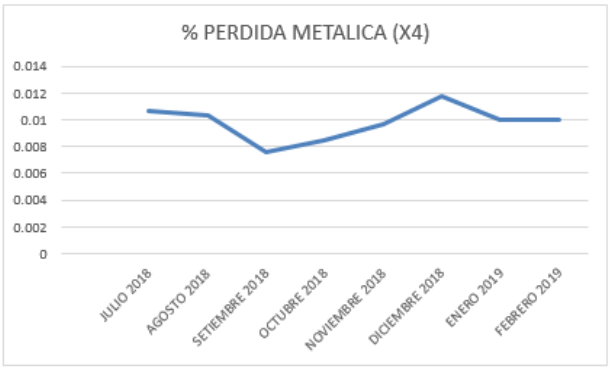
Nota: Elaboración propia (2023)

Por último, en lo que respecta a la calidad se presentan con frecuencia rechazos y defectos en los productos terminados, que les impiden cumplir los criterios necesarios para hacerlos inadecuados para la venta, al parar el equipo todo el material que está en la línea se pierde automáticamente, otro factor son malas regulaciones en equipos que terminan realizando los operadores por demoras en atención de los mantenedores, generando en promedio una Perdida Metálica de 1.0%. A continuación, en la Figura 7 se muestra la Pérdida Metálica en porcentaje por mes.

Figura 7

Pérdida Metálica

ITEM	MES	PRODUCCION REALIZADAS (TON)	PERDIDA METALICA (KG/TON)	% PERDIDA METALICA (X4)
1	jul-18	2800	30	1.1%
2	ago-18	2700	28	1.0%
3	sep-18	2500	19	0.8%
4	oct-18	2700	23	0.9%
5	nov-18	2800	27	1.0%
6	dic-18	2900	34	1.2%
7	ene-19	3000	30	1.0%
8	feb-19	3200	32	1.0%



Nota: Elaboración propia (2023)

Según García (2021) es necesaria una correcta estrategia de mantenimiento basada en el conocimiento técnico - científico para competir. Muchas veces se tiene actividades básicas en las líneas de producción las cuales no se realizan debido a que el operador no posee el conocimiento adecuado, es por ello que es necesario capacitar al personal operativo en actividades técnicas básicas que permitan evitar las paradas y mejorar la disponibilidad de las líneas; el cual debe ser autónomo para redireccionar a los operarios el cuidado y conservación de su instrumento de trabajo, se debe considerar el uso de registros para poder visualizar una información concreta acerca de los tiempos y brindar capacitaciones al personal mecánico y a los operarios.

En las industrias suele haber falta de compromiso en los equipos de trabajo, el área de producción suele buscar responsabilizar de los mantenimientos al área de mantenimiento, dejando muchas veces las líneas de producción inoperativas por trabajos sencillos, situación que podríamos mejorar si todos fueran comprometidos y solidarios (Bernández, 2020).

Debido a ello, se realiza en el presente estudio una metodología para mejorar la productividad de planta a través del desarrollo de herramientas e

instrumentos basados en el Mantenimiento Autónomo, propuesta de la cual se espera pueda abordar los problemas mencionados y dirigir la empresa hacia el progreso continuo, y que, de obtenerse un resultado positivo, la propuesta pueda servir para implementarla en posteriores empresas donde se requiera una acción de mejora. Mantener la Calidad en los Productos Terminados con un costo adecuado es importante para las empresas siderúrgicas, debido a que esto les permite mantenerse en el mercado, por ello se debe minimizar los defectos y optimizar la productividad para garantizar productos de calidad (Bernández, 2020).

A continuación, en la Figura 8 se muestra las horas perdidas en la planta de tubos.

Figura 8

Horas Pérdidas en la Planta de Tubos.

ITEM	MES	TIEMPO PROGRAMADO (HRS)	TIEMPO DE PRODUCTIVIDAD (HRS)	PRODUCCION TOTAL (TON)	COLABORADORES SIN CAPACITACION (X1) HORAS PERDIDAS POR MES	COLABORADORES SIN COMPROMISO DE PLANTA (X2) HORAS PERDIDAS POR MES	PARADAS CONTINUAS DE LA LINEA DE PROUCCION (FALTA MANTTO PREVENT) - X3 HORAS PERDIDAS POR MES	PARADAS CONTINUAS DE LA LINEA DE PROUCCION (EXCESIVA PERDIDA METALICA) - X4 HORAS PERDIDAS POR MES	MALA CALIDAD EN EL PRODUCTO FINAL (PROBLEMAS DE TRANSPORTE Y/O ALMACENAMIENTO) X5 HORAS PERDIDAS POR MES	PLANTA SUCIA (X6) HORAS PERDIDAS POR MES	PARADAS CONTINUAS DE LA LINEA DE PROUCCION (RENTABILIDAD) X7 HORAS PERDIDAS POR MES	DESORDEN EN EL SISTEMA DE PLANIFICACION (X8) HORAS PERDIDAS POR MES	NUMERO DE ACCIDENTES (X9) HORAS PERDIDAS POR MES	CONDICIONES INSEGURAS EN PLANTA (X HORAS PERDIDAS POR MES	MATERIAL OXIDADO A CLIENTE FINAL - INSATIFACCION DE CLIENTE (X11) HORAS PERDIDAS POR MES	OXIDACION DE PRODUCTO EN ALMACENAMIENTO (X12) HORAS PERDIDAS POR MES
1	Jul-18	3528	2188	2800	187.60	174.20	160.80	147.40	113.90	134.00	107.20	67.00	60.30	46.90	87.10	53.60
2	Ago-18	3400	2300	2700	154.00	143.00	132.00	121.00	93.50	110.00	88.00	55.00	49.50	38.50	71.50	44.00
3	Set-18	3500	2410	2500	152.60	141.70	130.80	119.90	92.65	109.00	87.20	54.50	49.05	38.15	70.85	43.60
4	Oct-18	3450	2310	2700	159.60	148.20	136.80	125.40	96.90	114.00	91.20	57.00	51.30	39.90	74.10	45.60
5	Nov-18	3500	2330	2800	163.80	152.10	140.40	128.70	99.45	117.00	93.60	58.50	52.65	40.95	76.05	46.80
6	Dic-18	3550	2360	2900	166.60	154.70	142.80	130.90	101.15	119.00	95.20	59.50	53.55	41.65	77.35	47.60
7	Ene-19	3528	2358	3000	163.80	152.10	140.40	128.70	99.45	117.00	93.60	58.50	52.65	40.95	76.05	46.80
8	Feb-19	3024	1834	3200	166.60	154.70	142.80	130.90	101.15	119.00	95.20	59.50	53.55	41.65	77.35	47.60
9	Mar-19	3000	2100	3300	126.00	117.00	108.00	99.00	76.50	90.00	72.00	45.00	40.50	31.50	58.50	36.00
10	Abr-19	3100	2171	3200	130.06	120.77	111.48	102.19	78.97	92.90	74.32	46.45	41.81	32.52	60.39	37.16
11	May-19	3024	2224	3250	112.00	104.00	96.00	88.00	68.00	80.00	64.00	40.00	36.00	28.00	52.00	32.00
12	Jun-19	3050	2178	3400	122.15	113.43	104.70	95.98	74.16	87.25	69.80	43.63	39.26	30.54	56.71	34.90
13	Jul-19	2800	2145	2800	91.70	85.15	78.60	72.05	55.68	65.50	52.40	32.75	29.48	22.93	42.58	26.20
14	Ago-19	3799	2802	3100	139.65	129.68	119.70	109.73	84.79	99.75	79.80	49.88	44.89	34.91	64.84	39.90
15	Set-19	2500	1918	3150	81.55	75.73	69.90	64.08	49.51	58.25	46.60	29.13	26.21	20.39	37.86	23.30
16	Oct-19	2592	1932	3150	92.40	85.80	79.20	72.60	56.10	66.00	52.80	33.00	29.70	23.10	42.90	26.40
17	Nov-19	2600	1933	3300	93.45	86.78	80.10	73.43	56.74	66.75	53.40	33.38	30.04	23.36	43.39	26.70
18	Dic-19	2592	1947	3300	90.30	83.85	77.40	70.95	54.83	64.50	51.60	32.25	29.03	22.58	41.93	25.80

Nota: Elaboración propia (2023)

En esta data vemos la cantidad de horas perdidas desde Julio del 2018 hasta diciembre del 2019, que afectan la productividad en la Fabricación de Tubos Electrosoldados en la planta de SiderPeru.

Figura 9

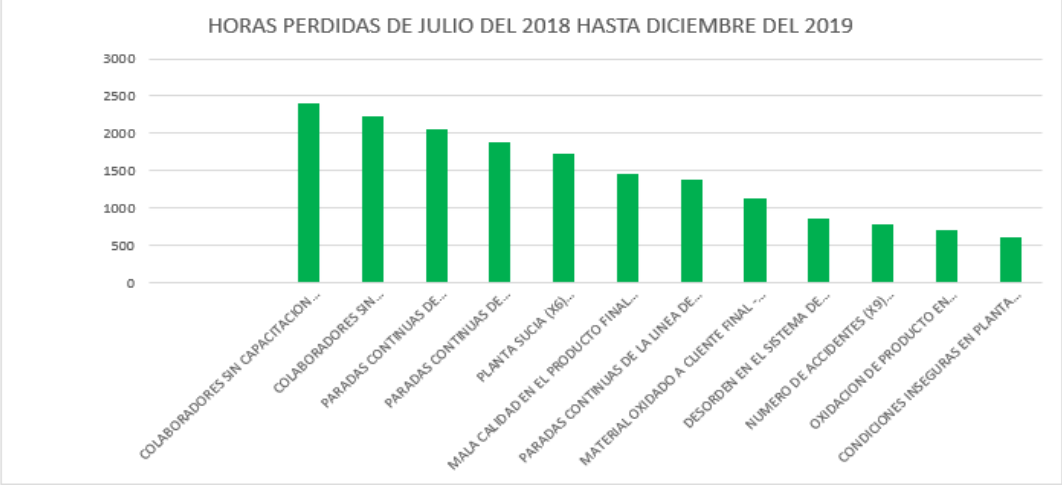
Horas Pérdidas de Julio del 2018 hasta diciembre del 2019

DETALLE	COLABORADORES SIN CAPACITACION (X1) HORAS PERDIDAS POR MES	COLABORADORES SIN COMPROMISO DE PLANTA (X2) HORAS PERDIDAS POR MES	PARADAS CONTINUAS DE LA LINEA DE PROUCCION (FALTA MANTTO PREVENT) - X3 HORAS PERDIDAS POR MES	PARADAS CONTINUAS DE LA LINEA DE PROUCCION (EXCESIVA PERDIDA METALICA) - X4 HORAS PERDIDAS POR MES	PLANTA SUCIA (X6) HORAS PERDIDAS POR MES	MALA CALIDAD EN EL PRODUCTO FINAL (PROBLEMAS DE TRANSPORTE Y/O ALMACENAMIENTO) X5 HORAS PERDIDAS POR MES	PARADAS CONTINUAS DE LA LINEA DE PROUCCION (RENTABILIDAD) X7 HORAS PERDIDAS POR MES	MATERIAL OXIDADO A CLIENTE FINAL - INSATIFACCION DE CLIENTE (X11) HORAS PERDIDAS POR MES	DESORDEN EN EL SISTEMA DE PLANIFICACION (X8) HORAS PERDIDAS POR MES	NUMERO DE ACCIDENTES (X9) HORAS PERDIDAS POR MES	OXIDACION DE PRODUCTO EN ALMACENAMIENTO (X12) HORAS PERDIDAS POR MES	CONDICIONES INSEGURAS EN PLANTA (X HORAS PERDIDAS POR MES
HORAS PERDIDAS DE JULIO DEL 2018 HASTA DICIEMBRE DEL 2019	2393.86	2222.87	2051.88	1880.89	1709.9	1453.415	1367.92	1111.435	854.95	769.455	683.96	598.465

Nota: Elaboración propia (2023)

Figura 10

Indicador de Horas pérdidas de Julio del 2018 hasta diciembre del 2019



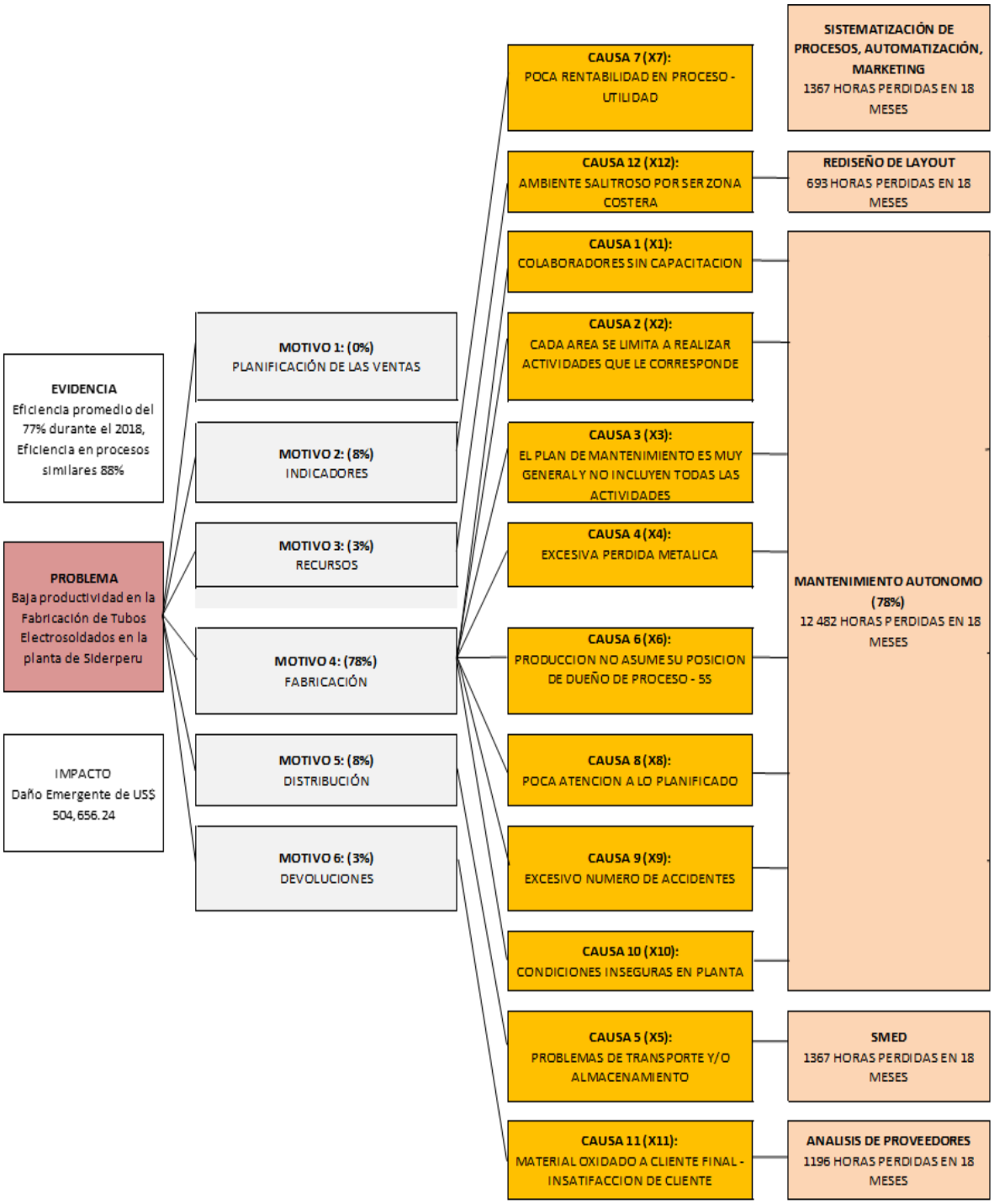
Nota: Elaboración propia (2023)

Por lo expuesto vemos que el principal motivo de la Baja Productividad en la Fabricación de Tubos Electrosoldados en la Planta de SiderPeru es en Producción. Para poder mejorar el mayor porcentaje de causas encontradas

es conveniente aplicar la Metodología del Mantenimiento Autónomo, con ello podríamos evitar perder 12 482 horas en los últimos 18 meses, que representa el 78% del Total de Horas perdidas del total. A continuación, en la Figura 11 se muestra el Análisis del Problema, Motivo y Causa.

Figura 11

Análisis del Problema, Motivo y Causa.

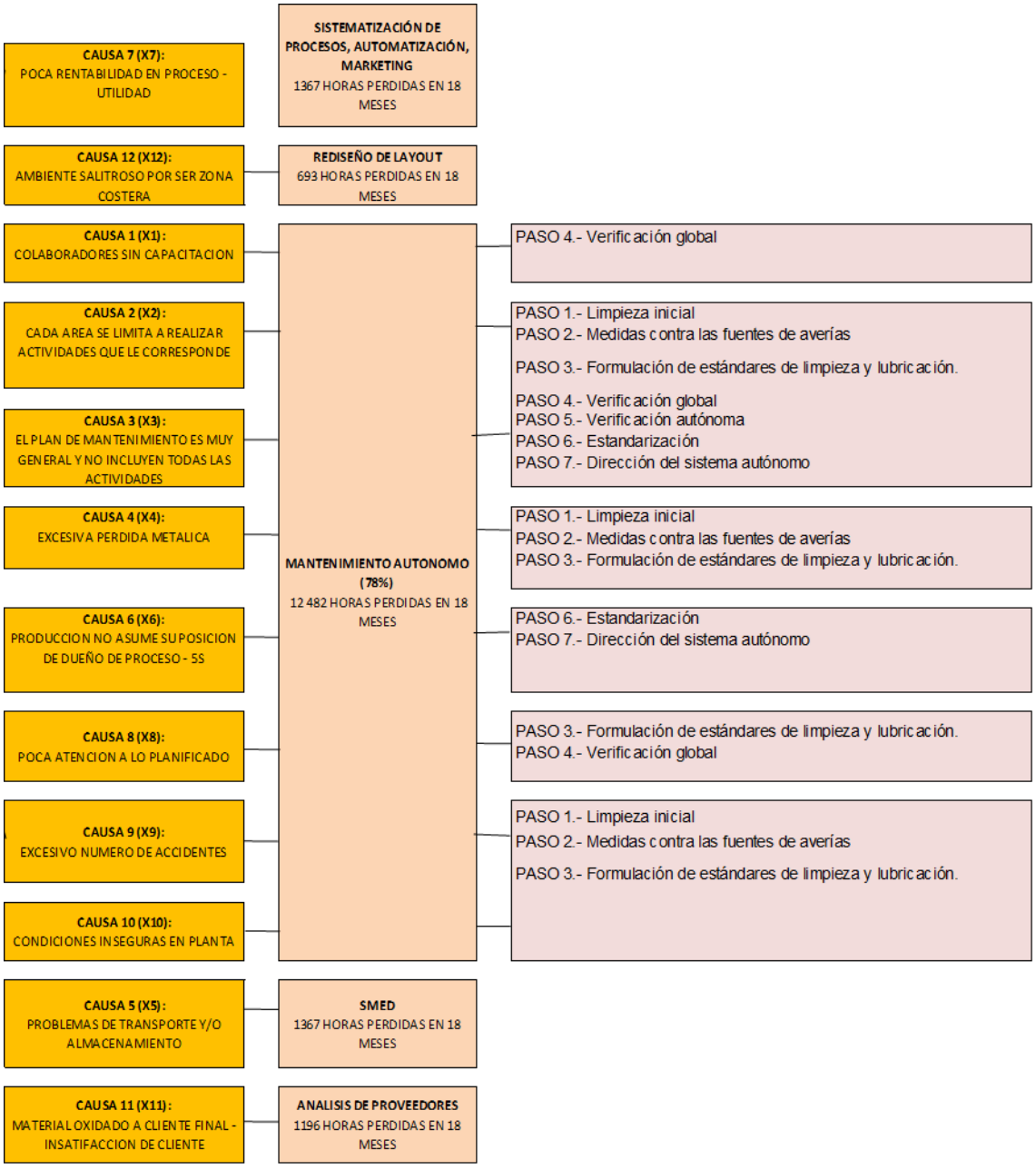


Nota: Elaboración propia (2023)

A continuación, se mostrará la Figura 12 donde se apreciará los pasos del Mantenimiento autónomo que servirán para poder mejorar cada causa del problema expuesto.

Figura 12

Pasos del Mantenimiento autónomo aplicados a cada causa del problema.



Nota: Elaboración propia (2023)

1.2. Formulación del Problema

Problema Principal

¿En que medida La Implementación del Mantenimiento Autónomo mejora la productividad en la Fabricación de Tubos Electrosoldados ?

Problemas Específicos

1.- ¿En qué medida La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora el OEE en la planta de Tubos electrosoldados?

2.- ¿En qué medida La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora los Costos en la planta de Tubos electrosoldados?

3.- ¿Cuáles son los factores significativos que más inciden en la implementación del Mantenimiento Autónomo para mejorar los Costos en la planta de Tubos electrosoldados?

1.3. Justificación de la Investigación

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La presente investigación se enfoca en el diseño y aplicación de la metodología del mantenimiento autónomo aplicado a la Siderurgia. Para lograr este objetivo, resulta necesario realizar una investigación para identificar los principales conceptos, principios y teorías de autores con la finalidad de sustentar su implementación, en base a estos fundamentos teóricos. Se busca utilizar la teoría respecto al Mantenimiento Autónomo.

Debido a ello, resulta sumamente importante la investigación sobre el tema para construir un marco teórico que pueda combinar teorías sobre mantenimiento autónomo y mejora continua desde el punto de vista empresarial, más específicamente de las empresas del rubro siderúrgico. Finalmente, esta investigación tiene el propósito de aportar al conocimiento existente sobre el desarrollo de metodologías basadas en herramientas de mejora continua, enfocándose en el Mantenimiento Autónomo. Se espera que el aporte realizado en la presente investigación sirva como referencia para futuros trabajos, contribuyendo epistemológicamente al rubro de la investigación con una problemática diferente que pueda sentar las bases para futuros profesionales interesados en el tema.

JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Debido a que las empresas del sector siderúrgico y confecciones representan parte importante del rubro económico con una participación significativa, necesitan de condiciones mínimas en sus equipos para asegurar el adecuado flujo de la producción y el buen funcionamiento de su sistema de trabajo, así como también requieren del apoyo de un buen equipo humano de trabajo que esté dispuesto a liderar actividades de mejora continua. Debido a que en la empresa de estudio se presentaban diversas dificultades que ponían en riesgo la producción diaria, se desarrolla en la presente investigación la metodología del Mantenimiento Autónomo en busca de alcanzar de manera óptima una mejora en la Productividad, generando un incremento de ganancias dentro de la compañía, y se desea que la metodología realizada pueda funcionar dentro de otras compañías del sector. La metodología expuesta va a mejorar la brecha de los

mantenimientos industriales con la sinergia entre Mantenedores y Operadores se buscará mejorar los objetivos comunes como disponibilidad, utilización y confiabilidad de los equipos haciéndolos más sistemáticos, sostenibles y productivos.

En lo que respecta al aporte a la Universidad, y específicamente a la Facultad de Ingeniería Industrial, sirve para los estudiantes en el sentido de que pueden visualizar el proceso de utilización de las herramientas continúas aprendidas en clase y conocer su ejecución y efectos, enriqueciendo así su aprendizaje y brindando tanto a alumnos y docentes información nueva sobre la ejecución de un tema relacionado fuertemente con la mejora continua.

JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

A través de la presente investigación se pretende proponer la implementación del Mantenimiento Autónomo que considere algunas estrategias para la mejora de Productividad, esto permitirá a las acerías disponer de un conjunto de herramientas para mejorar el mantenimiento, reducir los fallos y responder a la disponibilidad, la eficacia y la calidad, todo lo cual puede mejorar notablemente la gestión.

JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La utilización de este enfoque arrojó buenos resultados y ventajas para la organización estudiada y las empresas siderúrgicas, lo que determina la importancia de esta investigación, teniendo presente las condiciones de trabajo adecuadas para poder mejorar la gestión de las empresas garantizando el bienestar de sus colaboradores. A su vez se justifica ya que

debido a factores externos (Guerra, Pandemia, Inflación), es necesario buscar oportunidades de mejora que permita mantener las ventas con seguridad, calidad y en los plazos establecidos.

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

Determinar en qué medida La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora la productividad en la planta de Tubos electrosoldados

1.4.2. Objetivos Específicos

1.- Determinar en qué medida La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora el OEE en la planta de Tubos electrosoldados

2.- Determinar en qué medida La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora los Costos en la planta de Tubos electrosoldados

3.- Determinar en qué medida Los factores significativos que inciden en el mantenimiento autónomo en la planta de Tubos electrosoldados son personal capacitado, clima laboral, desviación de paradas programadas para mantenimiento. preventivo, pérdida metálica, % observaciones levantadas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

Como modelos de gestión de mejora continua, se presentan:

Trabajos internacionales

Rojas Rangel, María Fernanda. Tesis “Implementación de los pilares TPM (Mantenimiento Total Productivo) de mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo, en la planta de producción OFIXPRES S.A.S.”, Facultad de Administración e Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional de Bucaramanga (Colombia). Se utilizó la técnica de Mantenimiento Productivo Total (TPM). Se utilizó un estudio descriptivo no experimental con enfoque transaccional para cuantificar y caracterizar el nivel de experticia entre los colaboradores de TPM y de mantenimiento autónomo. Los miembros de la instalación productora constituyeron la población. Debido a la participación de todos los miembros, la muestra fue de tipo censal. Aunque el resultado fue favorable en cinco grupos, no pudo concluirse en los otros cinco por falta de tiempo. La conclusión Cuando se adoptó el TPM, se crearon los formatos de orden y limpieza basados en el principio de las 5S para promover la cultura corporativa.

Toapanta Castro, Juan Carlos. Tesis “Mejoramiento de la producción de la empresa Migplas de la ciudad de Guayaquil en el área de extrusión aplicando plan de mantenimiento autónomo basado en la filosofía TPM” Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga Facultad de Administración e Ingeniería Escuela de Ingeniería Industrial. Se utilizó la técnica de Mantenimiento Productivo Total (TPM). Se utilizó un estudio

descriptivo no experimental con enfoque transaccional para cuantificar y caracterizar el nivel de experticia entre los colaboradores de TPM y de mantenimiento autónomo. Los miembros de la instalación productora constituyeron la población. Debido a la participación de todos los miembros, la muestra fue de tipo censal. Aunque el resultado fue favorable en cinco grupos, no pudo concluirse en los otros cinco por falta de tiempo. La conclusión fue que cuando se adoptó el TPM, se crearon los formatos de orden y limpieza basados en el principio de las 5S para promover la cultura corporativa. (Toapanta, 2015).

Jima Solano, Cristhian Alexander, Tesis “Diseño de un sistema integral de mantenimiento y seguridad industrial de las instalaciones y equipos para prácticas del centro de la madera de la universidad nacional de Loja". Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Nacional de Loja Área de Energía, Industrias y Recursos Naturales No Renovables 2015 en Loja, Ecuador. En este estudio se empleó una matriz de priorización, cuestionarios, tablas FMEA, entrevistas y sistemas de tiempos prefijados para construir un sistema de mantenimiento integral para el Centro Maderero. Se incluyeron cuatro participantes en el proyecto de estudio: tres empleados de la planta y un miembro del personal administrativo. Para conocer mejor el estado actual del mantenimiento de las máquinas y del plan de seguridad, se realizaron encuestas y entrevistas a cada empleado. Por tanto, en la técnica de estudio se utilizaron diseños descriptivos de campo, preexperimentales, correlacionales y longitudinales. En consecuencia, se adoptó finalmente un sistema integrado de mantenimiento y seguridad industrial.

Clará Díaz, Oscar Antonio; Domínguez De Paz, Ralph Anthony; Pérez Medrano, Edwin Alberto. Tesis “Sistema de gestión de mantenimiento productivo total para talleres automotrices del sector público” Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Ciudad Universitaria, El Salvador, 2013. El objetivo de este estudio es mejorar la eficacia operativa de un sistema de gestión TPM. Utilizando la información, recopilar datos sobre las diferentes formas de mantenimiento, de carácter preexperimental, la investigación utilizó los niveles descriptivo, documental, correlacional tanto cualitativa como cuantitativa. tratando de encontrar el concepto de Mantenimiento Productivo Total. Las organizaciones gubernamentales que albergan talleres de reparación de vehículos constituyeron la población del estudio. Para reunir datos primarios y secundarios, se realizaron entrevistas en cada institución. En conclusión, los encuestados de la muestra se pusieron en contacto con el 58,8% de los organismos gubernamentales.

Martínez Sánchez, Ignacio. Tesis “Diseño de un modelo para aplicar el mantenimiento productivo total a los sectores de bienes y servicios” 2009 México D.F. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional. Los enfoques Kaizen, Kanban, mantenimiento autónomo, justo a tiempo (JIT), entre otros, se apoyan en los niveles de diseño cuantitativo cuasi - experimental, aplicado, descriptivo, descriptivo, correlacional y transversal. benchmarking, control total de calidad y mejora continua. La población de este estudio estaba formada por 30 empresas dedicadas a la producción de bienes y que pretendían conservar su maquinaria, instalaciones y equipos en excelente estado de funcionamiento (se ha

omitido la fuente por respeto a las partes implicadas). Dado que los empleados son los principales impulsores del cambio de procesos a través de la formación y las recompensas, este estudio sugiere aplicar los pilares del TPM y fomentar un cambio de mentalidad del personal para lograr resultados. Las conclusiones mostraron que sólo funcionó el primer 30% de las veces, cuando los miembros del personal ajustaron sus entornos de trabajo y trabajaron como individuos y equipos. Experimentaron un desarrollo constructivo y cooperativo, y algunos empleados pudieron incluso utilizar estas ideas en casa.

Trabajos nacionales

QUIROZ Cabañas, Robert Franklin, ANTICONA Chicana, Robert Franklin; Tesis “Implementación de la metodología de mantenimiento progresivo para mejorar la productividad en la planta de producción de pañales Procter & Gamble, 2013 - 2015”. Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte, 2017. Debido a que el diseño pretendía reconocer y comprender el problema y emprender una atención progresiva en la región pañalera, el tipo fue aplicado y descriptivo. Después de hacer un análisis independiente de las variables identificadas (independientes y dependientes), se realizó un examen exhaustivo del problema. El nivel fue cuantitativo, y la selección se produjo tanto durante la fase de recogida de información como en las etapas de tratamiento y análisis de los datos. La muestra de la investigación incluía indicadores del sector de fabricación de pañales, mientras que la población estaba formada por indicadores de las instalaciones de producción. Para analizar estos datos se utilizó la estadística descriptiva. En términos de eficacia, consiguieron reducir la

media de arranque vertical de 7,1 a 4,0 y el mantenimiento del 45% al 29%. En conclusión, la implantación del mantenimiento progresivo arroja resultados favorables. El mantenimiento progresivo, que se gestiona y consigue resultados eficaces y eficientes a lo largo de todo el proceso, redujo las paradas y los niveles de inventario y mejoró la capacidad del personal en la gestión diaria en términos de puesta en marcha vertical.

Shirley Lisbet, Valencia Chaupis, “Aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la productividad en la línea de fabricación de hilos acrílicos de la empresa hilados Cheviot E.I.R.L., San Juan de Lurigancho, 2016”. Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial. Universidad del Cesar Vallejo. 2016. Se utilizó un diseño de estudio experimental, que implican la manipulación intencionada de la variable independiente para investigar la influencia de la variable de control dependiente generada por el investigador. Se trataba de una investigación tanto descriptiva como explicativa, según el grado de indagación. Además, fue longitudinal en cuanto a su amplitud temporal.

Al reconocerse las actividades de la máquina a lo largo de los 30 días durante los que se recogió la información, la zona de hilatura, que incluía un número limitado de personas, servía de población. Los fines de semana no se incluyeron en la muestra de la investigación por ser de tipo censal, lo que ayudó a estandarizar los datos. La eliminación de las causas de la baja productividad y la mejora de la eficacia y eficiencia de la línea de fabricación fueron algunos de los resultados de la implantación. Los trabajadores podrían realizar tareas de mantenimiento.

Madeleine Yanet, Estrada Huamán. Tesis “Aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la productividad en el área de mantenimiento en la empresa Corporación Logística & Transporte S.A.C., Lima, 2016”. Escuela de ingeniería. Escuela profesional de ingeniería industrial. Universidad César Vallejo de Lima 2017. El objetivo de esta tesis era demostrar cómo la implementación de un departamento de mantenimiento dentro de una empresa permitirá alargar la vida útil de la flota y a la vez reducir los problemas de los vehículos. tiene un alcance longitudinal, aplicado, descriptivo y de tipo correlacional, diseño preexperimental. Para establecer la relación causa-efecto, se utilizó un análisis explicativo a nivel descriptivo para identificar las características o circunstancias significativas de las personas o las máquinas. Porque la muestra es una representación exacta de la población, procede de un censo, y se ha tenido en cuenta un periodo operativo de 30 días en el que intervienen 5 coches. Según las conclusiones, la aplicación del TPM se traduce en una disminución de las averías de los vehículos y el uso y la accesibilidad de las unidades permiten aumentar la productividad de un sistema de producción de servicios. Emiliana Vanesa, Salinas Manrique. Tesis “Aplicación del Total Productive Maintenance (TPM) para la mejora de la productividad en el área de mantenimiento, en la empresa Compañía Peruana de Ascensores S.A.”. Escuela de ingeniería. Escuela profesional de ingeniería industrial, Universidad de cesar vallejo, Lima 2017. Para el trabajo experimental se estableció un grupo y se utilizaron pre y post test. Se recogieron datos con un alcance longitudinal de varias épocas. Aplicando métodos de investigación descriptivo, correlacional, deductivo y aplicado. el

grado de tipo cuantitativo, utilizando la información para sustentar la premisa. Las conclusiones fueron favorables; tras aplicar el TPM en el departamento de mantenimiento, aumentó la eficiencia y los recursos se utilizaron con mayor eficacia. Los resultados demostraron que la implantación del TPM aumenta la productividad del área de mantenimiento. También mejora la eficacia y la eficiencia del área de mantenimiento.

Carlos Javier, Aponte Chumacero. Tesis “Aplicación del mantenimiento productivo total para mejorar la productividad en el área de mantenimiento de los vehículos de carga en una empresa de transporte, Lima 2017”. Escuela de ingeniería. Escuela profesional de ingeniería industrial, Lima 2017, Universidad César Vallejo. El principal objetivo de esta tesis era mostrar cómo el TPM aumenta la productividad del área de mantenimiento. Se empleó un solo conjunto de series de tiempo en un diseño cuasiexperimental con un arreglo pretest y post-test. El estudio fue práctico, explicativo y describió empresas, fenómenos u otros conceptos, así como las conexiones entre ellos. La investigación fue de naturaleza cuantitativa, analizando los datos recopilados. Abarcó un periodo de tiempo considerable. Los datos, recogidos a lo largo de 24 semanas o seis meses, sirvieron de población en el experimento actual. La población y la muestra eran equivalentes. El principal objetivo de esta tesis era mostrar cómo el TPM aumenta la productividad del área de mantenimiento.

Lima Flores (2012) realizó una investigación utilizando las siguientes herramientas: Value Stream Map, 5'S, Control Visual, SMED (Single Minute Exchange of Die), Mantenimiento Productivo Total (TPM), Kaizen. Analizó el actual sistema de producción de la empresa objeto de estudio y propuso

utilizar la manufactura esbelta para mejorarlo y al mismo tiempo disminuir los costos de operación, eliminando las actividades que no generan valor y aumentando la disponibilidad, eficiencia y calidad de la línea seleccionada. Ante la inquietud que le suscitaba la persistente acumulación de basura, llegó a la conclusión de que se necesitaba más información.

Además, se encontró una obra de Burga publicada en Piura en 2005. Intentó establecer las directrices para utilizar los conceptos del instrumento en este estudio. Sus aportes sirvieron como manual para implementar el TPM en todos los niveles de una instalación de procesos industriales. La región de laminación en frío de la zona de enderezado de la empresa antes mencionada a través de los pasos de iniciar, implementar y consolidar la implementación del TPM, al mismo tiempo que se lleva a cabo una evaluación continua de la Eficiencia General de los Equipos (OEE). Según el autor, la implantación del TPM tiene varias ventajas, entre ellas el aumento de la capacidad profesional, la reducción de accidentes, la mayor calidad de los productos, la mejora del entorno de trabajo y la eficiencia general de los equipos. Además, los operarios cuidarán mejor sus equipos, se sentirán más parte del equipo y con un sentimiento de devoción hacia la organización, lo que aumentará su motivación, y sus puestos de trabajo estarán seguros.

Vigo y Astocaza (2013) emplearon las siguientes técnicas en su proyecto de estudio en Lima: la aplicación de TPM, Just in Time, 5'S y programas de incentivos para la reducción de residuos. Se llegó a la conclusión de que la programación de la carga de trabajo, que tiene efectivamente en cuenta tanto el tiempo como los recursos de personal y se adhiere a los principios Just in Time, debe ser utilizada para lograr la eficiencia en el uso del tiempo.

También se determinó que los recorridos innecesarios pueden reducirse mediante una distribución adecuada de equipos y áreas para lograr un flujo más continuo.

El método de mejorar la gestión, concentrar los esfuerzos en la excelencia y alinearse con los sistemas de gestión de la calidad y el medio ambiente de la organización mediante la planificación, puesta en marcha y supervisión de un sistema de gestión del mantenimiento que utilice las directrices de calidad y medio ambiente proporcionadas por las normas ISO 9000 e ISO 14000. fueron detallados en un estudio realizado por Saavedra (2006) en Lambayeque. Según este estudio, pasar del mantenimiento reactivo al proactivo ayudará a la empresa a obtener mejores resultados. Para ello deben emplearse modelos de calidad y el combo mantenimiento-ISO-BSC. Esto ayudará a que los objetivos de la organización y las necesidades de mantenimiento estén realmente alineados, ya que el mantenimiento proactivo fomenta el mantenimiento continuo, mejora el servicio al cliente interno y mide la eficiencia del mantenimiento.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. La productividad

Dado que ningún equipo es realmente productivo hasta que las personas están formadas en ambas operaciones, la productividad óptima de los equipos debe estar respaldada por enfoques operativos y de mantenimiento. (Hernández, 2021). En toda organización es común que exista un departamento cuya función es el mantenimiento de óptimas condiciones de

operación, buscando la interrelación y el apoyo del resto de los departamentos de la empresa, sobretodo de los más directamente vinculados con la producción y mantenimiento. Lo ideal sería que el equipo no necesitara un mantenimiento específico, sino que fueran trabajos sencillos y rápidos que un operador pudiera realizar para mantenerlo operativo (Bernández, 2020).

2.2.2. Mantenimiento autónomo

La utilización con eficacia de los equipos ha sido determinante para reducir costos y mejorar la competitividad de las empresas; El mantenimiento por parte de los empleados, a veces denominado mantenimiento autónomo, mejora la eficacia de los equipos con el objetivo de evitar su degradación. (Duffuaa, 2019).

“Es obvio el desinterés de los operadores por realizar actividades nuevas no se cambia de un día para otro, porque cambiar las actitudes, es difícil y demora, se les hace difícil dejar su forma habitual de trabajo; los operadores trabajan a tiempo completo en la producción y los mantenedores asumen las responsabilidades de las reparaciones”. (Armendola, 2016).

“Cambiar tales actitudes son las razones por las cuales se requiere de mucho tiempo para progresar eficientemente en la implementación completa del Mantenimiento Autónomo; En adición cada operador tiene que ser entrenado en la destreza de hacer el mantenimiento autónomo, en actividades sencillas como son: Inspección, limpieza y lubricación de su propio equipo”. (Hernández, 2021).

La corrosión, la pérdida de tiempo y la mala calidad se deben a la falta de inspección, reapriete, limpieza, eliminación de rebabas, eliminación de contaminantes y lubricación de los equipos (Bernández, 2020). El mantenimiento fundamental de los equipos no viene determinado por la formación o la educación.

2.2.2.1. Pasos del mantenimiento autónomo

A.- PASO 1.- Limpieza inicial

Aumento del deseo de los operarios de mantener limpios los equipos. La resistencia al cambio se debe al hábito de limpieza, ya que no están acostumbrados a trabajar de manera ordenada y limpia, creyendo que el trabajo de limpiar no corresponde, más aún si existen colaboradores que lo realizan (Armendola, 2016).

B.- PASO 2.- Ofrecer soluciones y describir las causas y efectos de la basura y el polvo.

“Lo más difícil para el individuo es hacer la limpieza inicial; y al proponer medidas para combatir las causas de la generación de desorden, suciedad, desajustes, etc. se puede reducir el tiempo de limpieza” (Beltrán, 2016).

C.- PASO 3.- Estándares de limpieza y lubricación.

Los colaboradores determinan las condiciones fundamentales de su equipo en las fases anteriores. “En el paso 5 se revalúan los estándares de mantenimiento autónomo, se inician los mantenimientos preventivos básicos, verificando con los procedimientos de inspección autónoma. El método de

trabajo de las 5´S refiere al mejoramiento constante del ambiente de trabajo y su principal enfoque se basa en el orden y la limpieza de las cosas y en el respeto a las políticas y disciplinas de cada organización, es necesario implementarlas antes de iniciar los tres primeros pasos del Mantenimiento Autónomo" (Cuesta, 2018).

"Es la herramienta que se utiliza para romper la resistencia que generalmente surge de los mandos medios, e involucra a toda la planta en la mejora continua y prepara las condiciones propicias para el cambio" (Armendola, 2016).

"Los tres primeros pasos del mantenimiento autónomo se enfoca en reunir requisitos, por lo tanto, el esfuerzo en esta etapa temprana no siempre presenta resultados impactantes. Menos aún si previamente no se implementaron las Cinco S" (García, 2021).

D.- PASO 4.- Inspección general

Los procesos anteriores implican tareas autónomas de mantenimiento para limpiar, lubricar y reapretar, al tiempo que se previenen, detectan y controlan los problemas fundamentales de los equipos.

En esta etapa, la inspección general del equipo se utiliza para imitar la detección de mecanismos probables de fallo. Es fundamental que todos los miembros del personal reciban formación para mejorar sus capacidades para llevar a cabo la inspección general. (Armendola, 2016).

“Este cuarto paso lleva tiempo complementarlo, porque los colaboradores tienen que desarrollar sus habilidades y destrezas para detectar anormalidades” (Bernández, 2020).

E.- PASO 5.- Inspección autónoma

En esta fase se comparan los criterios de lubricación y limpieza son evaluados en busca de eliminar inconsistencias para asegurar la evolución del mantenimiento autónomo. “Aquí se complementan las inspecciones de los equipos de trabajo de operadores y personal técnico, estas inspecciones se harán con equipo parado, equipo en marcha y condiciones de operación” (Cuesta, 2018).

"Una vez que los operarios de producción y los operarios de mantenimiento están totalmente formados para dirigir la inspección general (paso cuatro), el departamento de mantenimiento puede crear programas de mejora del diseño de los equipos, mantenimiento preventivo rutinario por horario y/o uso y grupos de trabajo, así como mantenimiento preventivo, mantenimiento anual y preparar normas de mantenimiento. Incluir inspecciones, listas de comprobación y ajustes, procedimientos que contengan un ciclo de inspección completo" (Beltrán, 2016).

F.- PASO 6.- Organización y ordenamiento

Seiri es el medio que pone de relieve las cosas que se manejan en el centro de trabajo y crea normas y procesos. Está orientado al nivel de dirección y mandos intermedios (Dorbessan, 2019). Cuando se utiliza en el entorno laboral (Seiri), se modifica mediante la clasificación y/o la selección.

Los operadores son responsables del seiton, u ordenamiento, que es una forma de integrarse para establecer normas. (Bernández, 2020).

El fomento, la simplicidad y la organización del mantenimiento autónomo, así como la armonización de normas y procesos, son resultados de Seiton y Seiri, organización y organización; facilitando el aseguramiento de la estandarización (Cuesta, 2018).

Los pasos 1 a 5 describen el orden de inspección y mantenimiento del equipo, como limpiar, lubricar y reapretar; sin embargo, esto es sólo el principio de una responsabilidad más amplia de los colaboradores. (Bernández, 2020).

Mediante la evaluación de los trabajadores y la definición de sus funciones en el paso 6, los líderes, mandos intermedios y directivos apoyan el despliegue del mantenimiento autónomo. (Hernández, 2021).

G.- PASO 7.- Término de la implantación del mantenimiento autónomo.

Cuando los equipos de trabajo hayan terminado sus tareas, serán más competentes y estarán más motivados, se volverán autónomos, expertos y seguros de sí mismos y también serán capaces de autogestionarse encontrando o creando su propio puesto de trabajo y actualizando de forma independiente las herramientas, los procesos y los equipos. (Beltrán, 2016).

Para conseguir cero paradas, los equipos de trabajo tenían que intentar eliminar las seis pérdidas significativas tratando de mejorar sus capacidades según lo sugerido por las cinco mediciones. (Duffuaa, 2019).

Cinco medidas para cero paros

En la medida de lo posible, las paradas deben evitarse mediante el mantenimiento preventivo; el primer paso para introducir mejoras es impedir que el error humano provoque averías en los equipos. (Beltrán, 2016).

Lo que aprenden de este esfuerzo les sirve para diseñar equipos que se acerquen progresivamente al ideal. (Rey, 2016). Un fallo se produce cuando una o varias piezas de un equipo funcionan mal, como un sistema, un conjunto, un subconjunto o incluso una parte. (Bernández, 2020).

“Este error demuestra que las averías de los equipos no se limitan a una parada brusca que provoca una parada completa; aunque siga funcionando, La degradación puede acarrear pequeñas pérdidas, como: bajo rendimiento, pérdida de velocidad, mayor duración de los ciclos, ajustes más complicados, tiempos muertos y poco tiempo de inactividad. “(Cuesta, 2018).

Tales pérdidas tendrán que ser analizadas como fallas inesperadas; las paradas inesperadas con paros de operación en forma completa son llamados fallas de funcionamiento-pérdida, mientras aquellos fallos que implican deterioros paulatinos del equipo y a pesar de ello continúa su mala operación, es llamado falla de reducción de funcionamiento (Duffuaa, 2019). Se entiende entonces, que aquellos que conciernen a paros y defectos serios, son así de evidentes y son sin ninguna duda los casos en que las causas solas provocan un defecto de calidad o un tiempo perdido (Rey, 2016).

“Pequeños defectos, como la basura, el polvo, la fricción, aflojamientos, desgastes y la vibración, que pueden parecer insignificantes, suelen repentinamente convertirse en grandes problemas” (Beltrán, 2016).

“A veces estos desperfectos pueden crear un efecto más fuerte, así de importante es terminar con ellos mientras son pequeños; este es el concepto fundamental del mantenimiento preventivo cuando se estructura en un fuerte método de inspección, desperfecto que no es visto y no es tratado, se le llama desperfecto oculto y será el disparo de un paro” (Bernández, 2020).

Por lo tanto, se tendrá que exponer defectos y restaurar condiciones simples del equipo antes de su deterioro. Las siguientes cinco medidas van a ayudar a eliminar los desperfectos.

1. Regularizar las condiciones simples de: Limpieza, lubricación y reapriete.

2. Guiarse de los procedimientos de operación.

3. Elimine todos los desperfectos.

4. Mejore debilidades que puedan existir en el diseño.

5. Mejore las habilidades y destrezas de colaboradores de mantenimiento.

Se recuerda que muchas veces los paros ocurren porque las personas fallan en la implementación de medidas básicas, pudiendo eliminarse si se cumplen los procedimientos (Rey, 2016).

Si estos procedimientos son planificados conjuntamente por las áreas de producción y mantenimiento, podrán comprender, sus roles y cooperar para

el cumplimiento de cada punto, observando y analizando la conducta y deberes respectivos. Así cada uno de los colaboradores comprometidos en la operación del equipo y/o el mantenimiento, trabajarán para eliminar las fallas (Cuesta, 2018).

2.2.2.2. Auditoria del mantenimiento autónomo

Mensualmente, las actividades del mantenimiento autónomo son auditadas bajo la coordinación del Facilitador de Operación y la participación del Facilitador de Mantenimiento, Padrino y Operadores; en algunas auditorías deben participar invitados de otras áreas, son evaluados los puntos relacionados con el estado de equipos y con los papeles de los involucrados en el proceso (Beltrán, 2016)

Ítems evaluados en la auditoria del mantenimiento autónomo

Limpieza y organización del local de trabajo, estado general de la máquina, herramientas del mantenimiento, participación de los Operadores, Facilitador y Gerencia.

2.2.2.3. Diseño esquemático del mantenimiento autónomo

Algunas anomalías registradas serán analizadas tratando de evitar su reincidencia; el criterio para realizar, o no, un análisis detallado de las anomalías del mantenimiento autónomo es definido para cada equipo/proceso; a continuación, se presenta el diseño esquemático del funcionamiento del mantenimiento autónomo. A continuación, en la Figura 13 se muestra el Diseño Esquemático del Mantenimiento Autónomo.

Figura 13

Diseño esquemático del mantenimiento autónomo.



Nota: Datos tomados de Siderperú (2021).

El trabajo del mantenimiento autónomo con las cinco S (5S), debe ser reconocido para que motive más al personal (Dorbessan, 2019)

2.2.3.- Cinco Niveles de Mantenimiento. –

Entendemos por mantenimiento predictivo aquellas técnicas y procesos que nos permiten determinar las condiciones del funcionamiento y de servicio de equipos en un futuro cercano para predecir cuándo deben realizarse acciones de mantenimiento antes de que se produzca una incidencia, un fallo o una rotura. Es decir, conocer las condiciones a las que está trabajando ese equipo nos permitirá realizar un diagnóstico de su funcionamiento. (Cuesta, 2018).

Todo el plan de mantenimiento debe basarse en una recogida de datos a partir de la monitorización de una serie de parámetros y condiciones de funcionamiento del equipo que estemos estudiando. Se pueden monitorizar

todo tipo de aparatos, desde un molino de viento a una catenaria, una turbina o cualquier equipo en una línea de producción. Además, las nuevas tecnologías permiten llevar a cabo un seguimiento en tiempo real de todos estos parámetros. (Datascope, 2021)

Podemos medir dos tipos de variables:

- Datos internos específicos del propio equipo y de su funcionamiento: las horas, la presión y los caudales a los que trabaja, el voltaje, el calentamiento de los componentes, etc.
- Datos externos que pueden condicionar también el trabajo que realiza: temperatura ambiente y humedad del entorno, vibraciones a las que esté sometido por el tipo de trabajo que hace, desplazamientos del equipo.

1. Mantenimiento Correctivo

Se refiere el conjunto de acciones ejecutadas para corregir incidencias que van presentándose. Es completamente reactivo, la acción se lleva a cabo una vez que se ha producido la incidencia. A partir de ahí los usuarios informan al departamento de mantenimiento que diagnostica las causas y trata de buscar soluciones. Este nivel de mantenimiento no permite actuar de manera proactiva antes de que se produzca el fallo. (García, 2021).

2. Mantenimiento Preventivo

Su objetivo es mantener un nivel de servicio determinado en los equipos mediante la planificación de acciones de mantenimiento orientadas a evitar que se produzcan incidencias y fallos. Para ello, utilizan información basada en el histórico de funcionamiento del aparato y en sus características. (Datascope, 2021)

Las intervenciones se programan de manera sistemática, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de fallo, y se centran especialmente sobre aquellos componentes más vulnerables. Este tipo de mantenimiento permite ampliar el tiempo de funcionamiento de los equipos en las condiciones apropiadas y ayuda a evitar o reducir las paradas inesperadas. (Cuesta, 2018).

3. Mantenimiento Basado en las condiciones

A partir de la monitorización del funcionamiento de los equipos, del diagnóstico realizado a partir de las acciones correctivas o de las preventivas y en base a las condiciones en las que trabaja el aparato, de su entorno, de su utilización o de su patrón de funcionamiento, podemos realizar, planificar, adelantar o atrasar las intervenciones de mantenimiento. Estas acciones podrían programarse o ejecutarse en tiempo real mediante el uso de sensores que detectan niveles anómalos y envían una señal para iniciar el protocolo de mantenimiento concreto en cada caso. (Bernández, 2020).

4. Mantenimiento Predictivo

Este tipo de mantenimiento es capaz de predecir cuándo van a producirse averías y solucionarlas antes de que sucedan. En base a toda la información recogida, a las condiciones de funcionamiento y a las acciones realizadas previamente, el sistema detecta fallos potenciales y actúa de acuerdo con un conjunto de acciones previas diseñado para evitar que ocurran las incidencias. (Ureña, 2018)

Busca conocer en tiempo real y permanente el estado y la capacidad de funcionamiento de las instalaciones. Para ello, identifica y mide múltiples parámetros representativos que ayudan a describir ese estado general y

cuya variación pueda indicar potenciales problemas para el equipo. Esto ayuda a mejorar la eficiencia de los equipos de producción. (Cuesta, 2018).

5. Mantenimiento Prescriptivo

Se trata de la evolución de mantenimiento predictivo. Basado en ese modelo y en la posibilidad de detectar una posible rotura en un momento determinado, en la fiabilidad del producto o las condiciones de trabajo, el sistema detecta desviaciones en los parámetros normales y propone acciones correctoras. Este es el tipo de mantenimiento más avanzado tecnológicamente y que mejor puede satisfacer al cliente. Utiliza recursos innovadores de sensorización, inteligencia artificial, analítica predictiva, aprendizaje automático, etc. (Beltrán, 2016)

2.3. Marcos Conceptuales

2.3.1. Empowerment

Es un procedimiento estratégico que busca hacer socios a la organización y sus colaboradores, aumentar la confianza responsabilidad, autoridad y compromiso para darle una mejor atención al cliente (Jaffe, 2017).

En el marco de esta gestión empresarial, el líder delega poder y autoridad a sus colaboradores, ellos poseen autoridad, crítica y responsabilidad necesarias para realizar sus labores cotidianas (Duffuaa, 2019).

Con el *empowerment* los colaboradores se sienten responsables de su trabajo; ponen toda su energía para obtener resultados de óptima calidad y son capaces de tomar decisiones responsables resolviendo problemas de

manera proactiva y con la ayuda de sus líderes luchan por mejorar constantemente sus procesos.

2.3.2. Benchmarking

"El *benchmarking* se define como un proceso sistemático y continuo para evaluar comparativamente los productos, servicios y procesos de trabajo en organizaciones" (Bogan, 2020).

"Consiste en comparar a los productos, servicios y procesos de trabajo que pertenezcan a organizaciones que evidencien las mejores prácticas sobre el área de interés, con el propósito de traslapar el conocimiento de las mejores prácticas y su aplicación" (Bogan, 2020).

El *benchmarking* consiste en tomar como referencia a los mejores y adaptar sus métodos y sus estrategias, dentro de la legalidad.

2.3.3. Lean manufacturing

"Lean es una herramienta de gestión de mejoramiento continuo que disminuye dramáticamente el tiempo entre el momento en el que el cliente realiza una orden hasta que recibe el producto o servicio, mediante la eliminación de desperdicios o actividades que no agregan valor en todas las operaciones" (Maldonado, 2017).

"Lean Manufacturing es un modelo de gestión enfocado a la creación de flujo para poder entregar el mejor valor para los clientes, utilizando para ello los mínimos recursos necesarios: es decir ajustados" (Bernández, 2020).

Lean Manufacturing es un sistema de herramientas que busca eliminar todos los desperdicios, buscando reducir el tiempo entre el pedido del cliente y el envío del producto, mejorando la calidad y reduciendo los costos.

2.3.4. 5S

“Es una práctica de Calidad ideada en Japón referida al Mantenimiento Integral de la empresa, no sólo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos” (Cuesta, 2018).

Se centra en gestionar de forma sistemática los elementos de un área de trabajo de acuerdo con cinco fases, que requieren esfuerzo y perseverancia para mantenerlas (Rey, 2016).

Las 5S es una metodología para organizar la rutina del trabajo de tal manera que minimice el desperdicio, asegurando que las zonas de trabajo estén limpias y organizadas.

2.3.5. Rentabilidad y Competitividad

“La rentabilidad es el beneficio renta en términos relativos o porcentuales respecto a otra magnitud económica como el capital total invertido o los fondos propios” (Duffuaa, 2019).

“La rentabilidad se considera la remuneración recibida por el dinero invertido, se conoce también como los dividendos percibidos de un capital invertido en un negocio o empresa” (Maldonado, 2017).

La rentabilidad son los beneficios obtenidos o se pueden obtener de una inversión que hemos realizado previamente.

“La competitividad se define como la capacidad de generar satisfacción de los consumidores fijando un precio o la capacidad de poder ofrecer un menor precio fijando una cierta calidad” (Duffuaa, 2019).

Se entiende como la capacidad de una empresa el hecho de mantener sistemáticamente ventajas comparativas que le permitan alcanzar, sostener y mejorar una determinada posición en el entorno socioeconómico (Bogan, 2020).

Es la forma rápida y futura del sector industrial para diseñar, producir y vender productos cuyos atributos puedan formar un paquete más atractivo que el de productos similares ofrecidos por los competidores: el juez final es el mercado.

2.3.6. Liderazgo

“El liderazgo son las habilidades gerenciales o directivas que un individuo que tienen para influir en la forma de ser de las personas o en un grupo de personas determinadas, haciendo que este equipo trabaje con entusiasmo, en el logro de metas y objetivos” (Bogan, 2020)

“También se entiende como la capacidad de tomar la iniciativa, gestionar, convocar, promover, incentivar, motivar y evaluar a un grupo o equipo. En la administración de empresas el liderazgo es el ejercicio de la actividad ejecutiva en un proyecto, de forma eficaz y eficiente, sea este personal, gerencial o institucional” (Shingo, 2022).

El Liderazgo define a una influencia que se da sobre las personas y que permite motivarlas para que trabajen en forma enérgica por un objetivo común

2.3.7. Productividad

“La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción” (Bogan, 2020).

“La productividad también es la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema” (Sánchez, 2021).

El objetivo de la productividad es medir la eficiencia de producción por cada factor o recurso utilizado, entendiendo por eficiencia el hecho de obtener el mejor o máximo rendimiento utilizando un mínimo de recursos. Es decir, cuantos menos recursos sean necesarios para producir una misma cantidad, mayor será la productividad y, por tanto, mayor será la eficiencia.

2.3.8. Costos

El Costo es el gasto económico que representa la fabricación de un producto o la prestación de un servicio (Beltrán, 2016).

“Es el esfuerzo económico (el pago de salarios, la compra de materiales, la fabricación de un producto, la obtención de fondos para la financiación, la administración de la empresa, etc.) que se debe realizar para lograr un objetivo operativo” (Martínez, 2015).

Es el valor económico de los consumos de factores que supone el ejercicio de una actividad monetaria destinada a la producción de un bien, servicio o actividad.

2.3.9. Desperdicios

Los Desperdicios o Mudas son 7 conceptos que se aplicaron inicialmente por el ingeniero Taiichi Ohno, autor del archiconocido just in time el Sistema de producción de Toyota.

Sobreproducción

Producir más de lo demandado o producir algo antes que sea necesario. Es frecuente la falsa creencia que es preferible producir grandes lotes para minimizar los costes de producción y almacenarlos en stock hasta que el mercado los demande (Galgano, 2021).

Esperas

En términos industriales es donde se genera una espera en el proceso productivo debido a que una fase va más rápida que la que le sigue, con lo cual el material llega a la siguiente etapa antes de que se la pueda procesar (Gutiérrez, 2000).

Transporte

Movimientos innecesarios de productos y materias primas ha de ser minimizado, dado que se trata de un desperdicio que no aporta valor añadido al producto (Madonado, 2017)

Procesos inapropiados o sobre procesos

La optimización de los procesos y revisión constante del mismo es fundamental para reducir fases que pueden ser innecesarias al haber mejorado el proceso (Galgano, 2021).

Exceso de Inventario

Se refiere al stock acumulado por el sistema de producción y su movimiento dentro de la planta, que afecta tanto a los materiales, como piezas en proceso, como producto acabado. Este exceso de materia prima, trabajo en curso o producto terminado no agrega ningún valor al cliente, pero muchas empresas utilizan el inventario para minimizar el impacto de las ineficiencias en sus procesos (Gutiérrez, 2000).

Movimientos innecesarios

Movimientos innecesarios de personas o equipamiento que no añada valor al producto es un despilfarro. Estos desperdicios hacen que un aumento del cansancio del operario con los consiguientes problemas dorsolumbares y demás dolencias, así como una disminución del tiempo dedicado a realizar lo que realmente aporta valor (Madonado, 2017).

Defectos

Los defectos de producción y los errores de servicio no aportan valor y producen un desperdicio enorme, ya que consumimos materiales, mano de obra para reprocesar y/o atender las quejas, y sobre todo pueden provocar insatisfacción en el cliente (Gutiérrez, 2000).

Eliminar las actividades innecesarias es uno de los prerrequisitos más importantes para construir una empresa exitosa. Este concepto es una parte integral del pensamiento Lean y ayuda a aumentar la rentabilidad.

2.3.10. OEE

El OEE (Overall Equipment Effectiveness) es un indicador que nos muestra un nivel de eficiencia de los equipos, muy utilizado en todas las industrias. Calcular el OEE es importante porque es un elemento fundamental para mejorar los procesos.

El OEE compara la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida, es decir, es un indicador que se usa para traducir la eficiencia de los equipos en una fábrica y para medir la capacidad de fabricación de productos nuevos. A partir de esta métrica, se puede saber cuánto tiempo se invierte realmente a la producción. Calcular el OEE es fundamental para reducir las pérdidas y aumentar el rendimiento de los equipos, mejorando su funcionamiento. (Novus, 2021).

La fórmula del cálculo es OEE = disponibilidad x calidad x rendimiento.

Disponibilidad: Cantidad de tiempo que un equipo funcionó en comparación con el periodo en que estuvo disponible para funcionar, es decir, parado. Esta parada puede ser planificada o no planificada.

Disponibilidad % = (Tiempo en producción / Tiempo programado para producir) * 100 %

Es decir, cuanto más tiempo se produzca, mayor será la disponibilidad. Cuanto menor sea la disponibilidad, mayor será el tiempo de parada del equipo.

Calidad: Indicador utilizado para medir los productos y las piezas defectuosas que no se pueden entregar al cliente. Por lo tanto, es esencial controlar y supervisar constantemente la producción en serie. (Novus, 2021).

Calidad % = (Cantidad de productos buenos / Cantidad total producida) * 100 %

Rendimiento: Evalúa el ritmo de producción y obtenemos datos sobre la velocidad de producción de un determinado artículo al realizar una comparación con el nivel de agilidad esperado. El rendimiento compara la cantidad producida versus la cantidad teórica que podría haberse producido mientras el equipo estaba operando, independientemente de la calidad de lo producido, y se calcula como sigue:

Rendimiento % = (Cantidad de producción real / Cantidad de producción teórica) * 100%

El OEE refleja la capacidad productiva real de los equipos industriales y pone al descubierto los despilfarros del proceso (rechazos, interrupciones, averías, baja velocidad, etc.) que impiden que funcionen a pleno rendimiento.

2.3.11. CTQ

CTQ son las siglas correspondientes a la expresión en inglés Critical to Quality, parámetros clave en los requerimientos de calidad formulados por un cliente. Su elaboración implica la jerarquización de prioridades en el resultado exigido y la eliminación de aquellos rasgos que no son fundamentales para satisfacer las demandas del cliente (Carreira, 2006)

Los CTQs de cualquier producto, proceso o servicio son aquellas características que satisfacen un requerimiento clave para el cliente. Como mencionamos, los atributos más importantes de un CTQ nos vienen trasladados directamente de la voz del cliente y esto nos da un panorama completo de sus necesidades.

2.3.12. METODO DELPHI

Con el método Delphi (o Delfos) se logra una visión convergente a partir de opiniones o aportes que inicialmente pueden ser divergentes.

La técnica se basa en la consulta a un grupo de especialistas sobre su visión futura de un tema determinado, de manera sistemática y anónima. Las diversas opiniones calificadas se analizan y se replantean a los expertos en una segunda vuelta con información de lo aportado por los demás, sin revelar los nombres de los autores. Esto permite orientar la creación de ideas hacia la obtención de un consenso. Si es necesario se reitera el proceso varias veces (George, 2018).

El método Delphi es el proceso de consenso prospectivo que requiere la participación del grupo de expertos que responden a una serie de cuestionarios sucesivos que contienen cuestiones referidas al futuro.

2.4. Hipótesis y variables

2.4.1. Hipótesis general

La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora la productividad en la planta de Tubos electrosoldados

2.4.2. Hipótesis específicas

1.- La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora el OEE en la planta de Tubos electrosoldados

2.- La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora los Costos en la planta de Tubos electrosoldados

3.- Los factores significativos que inciden en el mantenimiento autónomo de la planta de Tubos electrosoldado son personal capacitado, clima laboral, desviación de paradas programadas para mantenimiento. preventivo, pérdida metálica, % observaciones levantadas.

2.5. Identificación de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE

A.-Implementación del Mantenimiento Autónomo

VARIABLE DEPENDIENTE

A.- Productividad

2.6. Operacionalización de variables

A continuación, en la Tabla 1 se muestra la Operacionalización de las Variables.

Tabla 1

Operacionalización de Variables

ITEM	VARIABLE	GESTIÓN	INDICADOR	FORMULA
1.00	IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO	COSTOS	VP NOMINAL	DAÑO EMERGENTE / ($MENSUAL + LUCRO CESANTE MENSUAL ($) - INVERSION MENSUAL ($))
		MANTENIMIENTO	OEE	DISPONIBILIDAD X CALIDAD X RENDIMIENTO
2.00	PRODUCTIVIDAD (DEPENDIENTE)	PRODUCTIVIDAD	% PRODUCTIVIDAD	TONELADAS PRODUCIDAS / TIEMPO PRODUCIDO

Nota. Elaboración Propia (2023)

2.7. Matriz de consistencia

A continuación, en la Tabla 2 se muestra la Matriz de Consistencia.

Tabla 2

Matriz de Consistencia.

ASPECTO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS
GENERAL	¿En que medida La Implementación del Mantenimiento Autonomo mejora la productividad en la Fabricación de Tubos Electrosoldados ?	Determinar en que medida La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora la productividad en la planta de Tubos electrosoldados	La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora la productividad en la planta de Tubos electrosoldados
ESPECIFICAS	¿En que medida La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora el OEE en la planta de Tubos electrosoldados?	Determinar en que medida La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora el OEE en la planta de Tubos electrosoldados	La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora el OEE en la planta de Tubos electrosoldados
	¿En que medida La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora los Costos en la planta de Tubos electrosoldados?	Determinar en que medida La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora los Costos en la planta de Tubos electrosoldados	La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora los Costos en la planta de Tubos electrosoldados
	¿Cuales son los factores significativos que más inciden en el implementación del Mantenimiento Autónomo para mejorar los Costos en la planta de Tubos electrosoldados?	Determinar en que medida Los factores significativos que inciden en el mantenimiento autónomo en la planta de Tubos electrosoldados son personal capacitado, clima laboral, desviación de paradas programadas para mantenimiento. preventivo, pérdida metálica, % observaciones levantadas.	Los factores significativos que inciden en el mantenimiento autónomo de la planta de Tubos electrosoldado son personal capacitado, clima laboral, desviación de paradas programadas para mantenimiento preventivo, pérdida metálica, % observaciones levantadas.

Nota. Elaboración Propia (2023)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es explicativa y correlacional, de tipo mixta (cuantitativa y cualitativa).

3.2. Unidad de análisis

Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A., nombre generalmente simplificado como SIDERPERU, es la principal empresa siderúrgicas del Perú. Desde 1956 se dedica a la fabricación y comercialización de productos de acero de alta calidad. El Complejo Siderúrgico, se ubica en la ciudad de Chimbote, está instalado en un extenso terreno de 600 hectáreas y tiene una capacidad de producción superior a las 600 mil toneladas de productos terminados de acero. (SiderPeru, 2022)

Dentro del complejo siderúrgico se cuenta con diferentes áreas como la de reducción, aceración, laminación de productos planos, laminación de productos no planos, productos planos revestidos, productos tubulares, viales y numerosas instalaciones auxiliares. También cuenta con un muelle habilitado para recibir embarcaciones hasta de 50 mil toneladas. (Gerdau, 2022)

Los productos son requeridos por diferentes sectores económicos, principalmente por el sector construcción, minero e industrial; nacional como internacionalmente. (SiderPeru, 2022)

La unidad de análisis que se tomará para la presente Tesis son los operadores y mantenedores de la Célula de Tubos de la Empresa SiderPeru.

3.3. Población de estudio

La Población de estudio son todos los colaboradores de la empresa Siderperú.

3.4. Tamaño de muestra

Para Obtener el tamaño de la muestra, se ha utilizado la fórmula de la muestra aleatoria simple de población finita, aplicadas a toda la empresa. Esto servirá para identificar que célula vamos a analizar (Tamayo, 2020).

Dónde:

n = Tamaño de muestra

N = Población = 722 colaboradores

Nivel de confianza 95% z = 1.96

e = Margen de Error = 5%

p = Probabilidad que ocurra el evento = 50%

$$n = \frac{\frac{z^2 \, x \, p(1-p)}{e^2}}{1 + \frac{z^2 \, x \, p(1-p)}{e^2 \, N}}$$

Obtenemos un

n = 251

Entonces tomare como muestra la célula que esté más cerca como número de colaboradores al número de muestra. En este caso corresponde a la Célula de Tubos la cual a su vez es la célula con mayor número de colaboradores.

La célula de Tubos está dividida en Máquinas Frías (M2, TMC, M2.5) y Máquinas Calientes (YODER FERRUM, SHULTER FERRUM, W35), los cuales trabajan en 3 turnos. El alcance de Aplicación del Mantenimiento Autónomo dentro de los 5 Niveles de mantenimiento llegaremos hasta el Nivel 3 – Mantenimiento Basado en las condiciones. A continuación, en la Tabla 3 se muestra la Distribución de Células de SiderPeru.

Tabla 3

Distribución de Células en Siderperú.

ITEM	GERENCIA	CÉLULA	PORCENTAJE DEL TOTAL	CANTIDAD DE COLABORADORES
1	GERENCIA DE PLANOS Y DERIVADOS	PLANOS Y VIALES	8.01%	72
		TUBOS Y PERFILES	27.92%	251
		MANTENIMIENTO PYD	2.67%	24
2	GERENCIA DE LAMINACION LARGOS	LAMINADOR 1	6.34%	57
		LAMINADOR 2	5.90%	53
		LAMINADOR 3	6.12%	55
		MANTENIMIENTO LARGOS	5.01%	45
		TALLER DE CILINDROS	3.89%	35
3	GERENCIA DE ACERIA	PATIO DE CHATARRA	2.89%	26
		HORNO ELECTRICO	3.78%	34
		COLADA CONTINUA	3.78%	34
		MANTENIMIENTO ACERIA	4.78%	43
4	GERENCIA DE MANTENIMIENTO	MANTTO. ELECT. CENT.	3.78%	34
		MANTTO. EQUIPO MOVIL	3.89%	35
		MANTTO. MECÁNICO CENT.	6.34%	57
		UTILIDADES	4.89%	44
TOTAL, DE COLABORADORES EN CÉLULA			**100.00%**	899

Nota: Elaboración Propia (2023)

3.5. Selección de muestra

La selección de muestra serán grupos de 10 personas en la Planta de Tubos.

La toma de entrevistas será de acuerdo con el orden del flujo del proceso y a los 3 turnos de trabajo: mañana (7:00 a.m. – 3:45 p.m.), tarde (3:00 p.m. – 10:45 p.m.) y noche (10:00 p.m. – 6:45 a.m.).

3.6. Técnicas de recolección de datos

Para procesar la información se utilizará la tabulación de datos, lo mismo que se expresarán luego en cuadros y gráficos.

Las técnicas empleadas a utilizar son la observación directa sistemática o estructurada, la observación indirecta, realización de entrevistas dirigidas, cuestionarios. Así como revisión de revistas, documentos, libros y internet.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis, interpretación y discusión de resultados

Confiabilidad

Los instrumentos de recolección de datos demostraron confiabilidad al ser seleccionados a partir de fuentes fidedignas, tales como el sistema SAP y reportes de producción para la variable independiente relacionada con el Mantenimiento Autónomo. En cuanto a la variable dependiente, se utilizaron los formatos de productividad, Costos y OEE (Disponibilidad, Calidad y Rendimiento).

Método de Análisis de Datos

En el estudio de datos de esta investigación, se emplearon técnicas de análisis tanto descriptivo como inferencial. En cuanto al análisis descriptivo, se empleó el software Excel, que permitió calcular medidas estadísticas como promedios, desviaciones estándar y frecuencias. Estos análisis descriptivos proporcionaron una comprensión detallada de las características de las variables estudiadas.

Para el análisis inferencial, se utilizó el software SPSS v. 26. Para la prueba de normalidad de usó Shapiro Wilk y T de Student para las muestras dependientes. Estas técnicas permitieron evaluar relaciones y asociaciones entre variables, así como identificar patrones y tendencias en los datos. El uso combinado de estos métodos y software garantizó un análisis completo y riguroso, facilitando la obtención de resultados significativos y concluyentes para abordar los objetivos de la investigación.

También se utilizó el tipo de investigación correlacional, para ver que variables impactan más en la productividad.

Se realiza una matriz CTQ para medir la calidad del producto tubular de la empresa Siderperú, en ella vemos que ninguna de las brechas supera el 5% por ende vemos que el problema no es la calidad del producto. Sin embargo, podemos observar que el valor más alto es en la fabricación con un valor de 4.50. Entonces se empezará el análisis por la Fabricación.

A continuación, en la Tabla 6 se muestra la Matriz CTQ.

Tabla 4.

Matriz CTQ

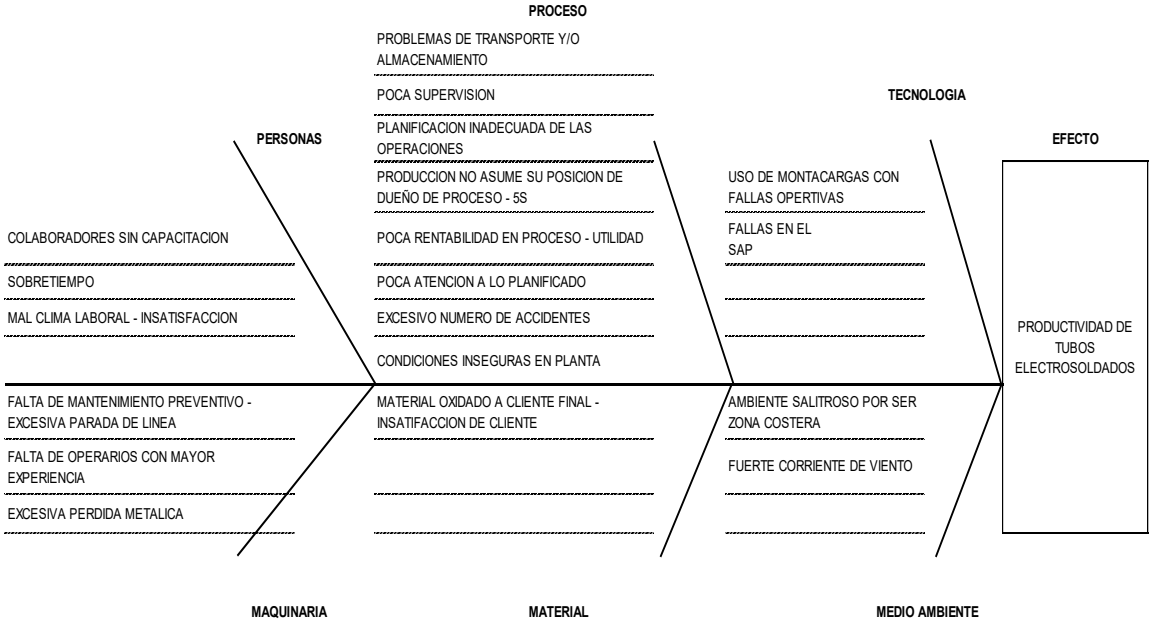
CTQ	IMPORTANCIA		PLAN	ENVABLE	SOURCE	MAKE	DELIVERY	RETURN	SATISFACCION	INSATISFACCION	BRECHA
	NRO	%	PLANIFICACION	INDICADORES	RECURSOS	FABRICACION	DISTRIBUCION	DEVOLUCIONES			
OFERTAS ACTUALIZADAS	8	24%	3	0	0	9	3	0	80%	20%	4.71
FACILIDAD DE CREDITO	7	21%	9	0	0	0	3	0	76%	24%	4.94
REPOSICION DE STOCK PARA VENTA	10	29%	3	1	0	9	0	0	90%	10%	2.94
VARIEDAD DE PRODUCTOS	9	26%	0	0	0	9	3	0	83%	17%	4.50
PERSONAL DE VENTAS AMABLE	6	18%	0	0	9	0	3	0	72%	28%	4.94
	40		2.56	0.00	1.59	4.50	2.65	0.00			

Nota. Elaboración Propia

Se realiza una lluvia de ideas analizando las causas potenciales (X) que afectarían el proceso y nos servirían de base para determinar las principales variables que estarían ocasionando la aparición de una cantidad significativa de merma (Y) en el proceso para lo cual se utilizó el diagrama Causa – Efecto de Ishikawa. A continuación, en la Figura 14 se muestra el Diagrama de Causa Efecto de la Productividad de Tubos Electrosoldados.

Figura 14.

Diagrama causa efecto



Nota. Elaboración Propia

Se determinó cuáles de estas variables eran las que afectaban significativamente en la generación de merma del proceso utilizando el juicio de expertos con el de determinar cuáles de las causas identificadas inicialmente son más significativas quedándonos así con las siguientes posibles causas raíz. A continuación, en la Tabla 7 se muestra la Determinación de Posibles Causas Raíz.

Tabla 5.

Hoja de verificación de la productividad antes de la Implementación del Mantenimiento Autónomo (2019)

	Evaluador: Juan Calderón				Periodo 2019	
	Calificación Inicial 13/64					
	Criterio de Evaluación 0=Malo, 1=Regular, 2=Aceptable, 3=Bueno, 4=Excelente					
Nro.	Detalle	0	1	2	3	4
1	Capacitación		X			
2	Estructura Organizacional / Definición de Célula		X			
3	Atendimiento al Perfil		X			
4	Funciones y Responsabilidades de los Facilitadores		X			
5	Funciones y Responsabilidades de Gerentes y Directores	X				
6	Implantación de Indicadores y Definición de Negocio		X			
7	Mapeamiento del Proceso		X			
8	Análisis del control de Parámetros críticos del proceso y definición de análisis de tareas críticas	X				
9	Involucramiento		X			
10	Análisis de Fallas		X			
11	Auditoria de Estándares		X			
12	Resultados Estables		X			
13	Implantación de los 4 proceso críticos del GBS y Herramientas/Sistemas que serán delegados a los multiplicadores	X				
14	Perfil, Selección y Rotación de Multiplicadores		X			
15	Autonomía y Reconocimiento de Multiplicadores		X			
16	Procesos de Seguimiento y coaching de multiplicadores		X			
SUBTOTAL		0	13	0	0	0
TOTAL		13/64				

Nota. Elaboración Propia

En la Tabla 6 se evidencia que el porcentaje de cumplimiento del Mantenimiento Autónomo en un estado inicial de 20%, revelando el poco interés de los operarios.

Tabla 6.

Nivel de cumplimiento en el Mantenimiento Autónomo

DETALLE	Puntaje Logrado	Puntaje Meta	Cumplimiento (%)
ANTES DE EMPEZAR EL MANTENIMIENTO AUOTNOMO - 2019	13	64	20%

Nota. Elaboración Propia

Tras la Implementación del Mantenimiento Autónomo, se debe calcular la productividad total para evidenciar las mejoras. (ver Tabla 7).

Tabla 7.

Hoja de verificación de la productividad posterior al mantenimiento autónomo (2021)

	Evaluador: Juan Calderón				Periodo 2021	
	Calificación Inicial 60/64					
	Criterio de Evaluación 0=Malo, 1=Regular, 2=Aceptable, 3=Bueno, 4=Excelente					
Nro.	Detalle	0	1	2	3	4
1	Capacitación				X	
2	Estructura Organizacional / Definición de Célula					X
3	Atendimiento al Perfil					X
4	Funciones y Responsabilidades de los Facilitadores					X
5	Funciones y Responsabilidades de Gerentes y Directores					X
6	Implantación de Indicadores y Definición de Negocio				X	
7	Mapeamiento del Proceso					X
8	Análisis del control de Parámetros críticos del proceso y definición de análisis de tareas críticas					X
9	Involucramiento					X
10	Análisis de Fallas					X
11	Auditoria de Estándares				X	
12	Resultados Estables				X	
13	Implantación de los 4 proceso críticos del GBS y Herramientas/Sistemas que serán delegados a los multiplicadores					X
14	Perfil, Selección y Rotación de Multiplicadores					X
15	Autonomía y Reconocimiento de Multiplicadores					X
16	Procesos de Seguimiento y coaching de multiplicadores					X
SUBTOTAL		0	0	0	12	48
TOTAL		60/64				

Nota. Elaboración Propia

En la Tabla 7 se evidencia que la verificación dio un nivel de cumplimiento de 94%, indicando que el Mantenimiento Autónomo mejora la Gestión en Planta.

Tabla 8.

Nivel de Cumplimiento del mantenimiento autónomo

DETALLE	Puntaje Logrado	Puntaje Meta	Cumplimiento (%)
UN AÑO POSTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN	60	64	94%

Nota. Elaboración Propia

Tabla 9.

Toma de datos de 12 variables durante 18 meses desde Julio del 2018 hasta diciembre del 2019.

ITEM	MES	TIEMPO PROGRAMADO (HRS)	TIEMPO DE PRODUCTIVIDAD	DISPONIBILIDAD	BUENOS PRODUCTOS (TON)	CALIDAD %	PRODUCCION TEORICA (TON)	RENDIMIENTO (%)	OEE	% PERSONAL CAPACITADO (X1)	% APROBACION EN CLIMA LABORAL (X2)	% DESVIACION DE PARADAS PROGRAMADAS PARA MANTTO PREVENTIVO (X3)	% PERDIDA METALICA (X4)	% RECLAMO DE CLIENTES INTERNOS (X5	% OBSERVACIONES LEVANTADAS (X6)	% VARIACION DE COSTOS DE PRODUCCION PLANIF VS REAL(X7)	% TONELADAS PROGRAMADAS REALIZADAS EN FECHA(X8)	% ACCIDENTES CON PERDIDA DE TIEMPO (X9	% CONDICIONES INSEGURAS LEVANTADAS (X10)	% MATERIAL CON OXIDACION (X11)	% TONELADAS PUESTAS EN OBSERVACION (X12)	% PRODUCTIVIDAD (Y)
1	jul-18	3528	2188	62.0%	2716.0	97.0%	4500.0	62%	0.37	27.4%	16.4%	23.3%	1.1%	1.1%	31.3%	121.3%	96.4%	13.7%	15.4%	1.1%	2.6%	77%
2	ago-18	3400	2300	67.6%	2624.4	97.2%	4500.0	60%	0.39	33.3%	22.2%	20.0%	1.0%	0.9%	40.0%	109.3%	85.2%	4.1%	57.1%	1.3%	5.4%	77%
3	sep-18	3500	2410	68.9%	2452.5	98.1%	4500.0	56%	0.38	31.5%	21.9%	22.4%	0.8%	0.8%	41.9%	107.1%	108.0%	9.6%	23.1%	0.5%	3.1%	70%
4	oct-18	3450	2310	67.0%	2637.9	97.7%	4500.0	60%	0.39	30.6%	20.8%	23.5%	0.9%	1.0%	28.6%	111.3%	81.5%	5.5%	57.1%	0.4%	2.4%	76%
5	nov-18	3500	2330	66.6%	2724.4	97.3%	4500.0	62%	0.40	26.0%	15.1%	16.7%	1.0%	1.0%	27.3%	103.5%	71.4%	1.4%	41.7%	1.4%	7.9%	78%
6	dic-18	3550	2360	66.5%	2801.4	96.6%	4500.0	64%	0.41	26.4%	16.7%	12.5%	1.2%	1.0%	26.7%	101.2%	86.2%	6.8%	30.8%	1.6%	2.3%	79%
7	ene-19	3528	2358	66.8%	2910.0	97.0%	4500.0	67%	0.43	27.4%	17.8%	14.7%	1.0%	0.8%	32.3%	110.0%	86.7%	8.2%	57.1%	1.0%	0.8%	82%
8	feb-19	3024	1834	60.6%	3097.6	96.8%	4500.0	71%	0.42	20.8%	11.1%	16.4%	1.0%	0.8%	26.7%	112.5%	87.5%	2.8%	18.2%	0.3%	2.1%	102%
9	mar-19	3000	2100	70.0%	3240.6	98.2%	4500.0	73%	0.50	30.1%	21.9%	8.6%	0.5%	0.6%	37.0%	102.6%	97.0%	11.0%	30.0%	2.1%	3.5%	108%
10	abr-19	3100	2171	70.0%	3145.6	98.3%	4500.0	71%	0.49	29.4%	20.6%	9.0%	0.5%	0.6%	35.7%	105.1%	90.6%	4.4%	77.8%	0.6%	2.4%	101%
11	may-19	3024	2224	73.5%	3198.0	98.4%	4500.0	72%	0.52	35.7%	27.1%	8.3%	0.5%	0.5%	52.2%	109.0%	96.9%	5.7%	20.0%	2.5%	2.1%	106%
12	jun-19	3050	2178	71.4%	3332.0	98.0%	4500.0	76%	0.53	30.6%	22.2%	9.2%	0.6%	0.5%	40.0%	110.4%	88.2%	12.5%	75.0%	0.2%	5.7%	109%
13	jul-19	2800	2145	76.6%	2758.0	98.5%	4500.0	62%	0.47	37.8%	31.1%	6.0%	0.5%	0.4%	51.9%	110.4%	92.9%	4.1%	55.6%	1.1%	2.1%	99%
14	ago-19	2799	1802	64.4%	3044.2	98.2%	4500.0	69%	0.44	33.8%	27.0%	8.0%	0.6%	0.5%	50.0%	116.9%	71.0%	2.7%	18.2%	0.3%	0.5%	109%
15	sep-19	2500	1918	76.7%	3099.6	98.4%	4500.0	70%	0.53	35.3%	30.9%	4.4%	0.5%	0.4%	40.0%	103.9%	96.8%	10.3%	62.5%	0.6%	2.2%	124%
16	oct-19	2592	1932	74.5%	3087.0	98.0%	4500.0	70%	0.51	31.4%	28.6%	7.0%	0.6%	0.5%	38.5%	110.4%	88.9%	12.9%	66.7%	0.3%	2.9%	119%
17	nov-19	2600	1933	74.3%	3230.7	97.9%	4500.0	73%	0.53	26.8%	25.4%	5.9%	0.6%	0.5%	37.0%	103.9%	98.5%	4.3%	20.0%	0.8%	2.3%	124%
18	dic-19	2592	1947	75.1%	3243.9	98.3%	4500.0	73%	0.54	32.9%	24.3%	4.0%	0.5%	0.4%	33.3%	106.8%	90.9%	7.1%	42.9%	0.2%	1.4%	125%

Tabla 10.

Recopilación de datos de variables por un periodo de 18 meses a partir de enero del 2020 hasta Junio 2021 luego de implementado el Mantenimiento Autónomo

ITEM	MES	TIEMPO PROGRAMADO (HRS)	TIEMPO DE PRODUCTIVIDAD	DISPONIBILIDAD	BUENOS PRODUCTOS (TON)	CALIDAD %	PRODUCCION TEORICA (TON)	RENDIMIENTO (%)	OEE	% PERSONAL CAPACITADO (X1)	% APROBACION EN CLIMA LABORAL (X2)	% DESVIACION DE PARADAS PROGRAMADAS PARA MANTTO PREVENTIVO (X3)	% PERDIDA METALICA (X4)	% RECLAMO DE CLIENTES INTERNOS (X5	% OBSERVACIONES LEVANTADAS (X6)	% VARIACION DE COSTOS DE PRODUCCION PLANIF VS REAL(X7)	% TONELADAS PROGRAMADAS REALIZADAS EN FECHA(X8)	% ACCIDENTES CON PERDIDA DE TIEMPO (X9	% CONDICIONES INSEGURAS LEVANTADAS (X10)	% MATERIAL CON OXIDACION (X11)	% TONELADAS PUESTAS EN OBSERVACION (X12)	% PRODUCTIVIDAD (Y)
1	ene-20	2592	1887	72.8%	3394.8	98.4%	4500.0	77%	0.55	29.2%	22.2%	3.3%	0.5%	0.3%	45.5%	105.4%	98.6%	1.4%	80.0%	0.1%	1.3%	131%
2	feb-20	2592	1843	71.1%	3148.8	98.4%	4500.0	71%	0.50	25.7%	18.9%	2.9%	0.5%	0.4%	47.6%	101.4%	98.4%	1.4%	40.0%	0.1%	1.9%	121%
3	mar-20	2592	1902	73.4%	3198.0	98.4%	4500.0	72%	0.52	29.4%	25.0%	2.0%	0.5%	0.2%	60.0%	101.4%	98.5%	0.0%	50.0%	0.1%	1.6%	123%
4	abr-20	2592	1982	76.5%	3444.0	98.4%	4500.0	78%	0.59	33.8%	27.9%	2.2%	0.5%	0.2%	66.7%	102.8%	98.6%	1.5%	60.0%	0.1%	1.1%	133%
5	may-20	2592	2014	77.7%	3591.6	98.4%	4500.0	81%	0.62	35.3%	30.9%	2.1%	0.4%	0.1%	92.3%	102.8%	98.6%	0.0%	100.0%	0.1%	1.3%	139%
6	jun-20	2592	2049	79.1%	3637.1	98.3%	4500.0	82%	0.64	35.7%	35.7%	0.8%	0.5%	0.1%	91.7%	102.9%	98.6%	0.0%	66.7%	0.1%	0.9%	140%
7	jul-20	2592	1991	76.8%	3743.0	98.5%	4500.0	84%	0.64	31.4%	31.4%	0.3%	0.4%	0.2%	90.0%	102.9%	98.7%	1.4%	100.0%	0.1%	0.6%	144%
8	ago-20	2592	1992	76.9%	3841.5	98.5%	4500.0	87%	0.66	31.9%	31.9%	0.0%	0.4%	0.1%	87.5%	102.9%	98.7%	0.0%	66.7%	0.1%	1.0%	148%
9	sep-20	2592	1947	75.1%	3940.0	98.5%	4500.0	89%	0.66	31.1%	29.7%	0.0%	0.4%	0.2%	100.0%	102.9%	98.8%	0.0%	100.0%	0.1%	0.4%	152%
10	oct-20	2592	2191	84.5%	3944.0	98.6%	4500.0	89%	0.74	38.6%	40.0%	0.5%	0.4%	0.1%	100.0%	102.9%	98.8%	0.0%	100.0%	0.1%	0.2%	152%
11	nov-20	2592	2232	86.1%	3944.0	98.6%	4500.0	89%	0.75	41.4%	45.7%	0.0%	0.4%	0.1%	100.0%	102.9%	98.8%	0.0%	100.0%	0.0%	0.2%	152%
12	dic-20	2592	2192	84.6%	3944.0	98.6%	4500.0	89%	0.74	38.6%	42.9%	0.0%	0.4%	0.0%	100.0%	101.5%	98.8%	0.0%	100.0%	0.0%	0.2%	152%
13	ene-21	2592	2312	89.2%	3944.0	98.6%	4500.0	89%	0.78	44.3%	50.0%	0.0%	0.4%	0.0%	100.0%	102.9%	98.8%	0.0%	100.0%	0.0%	0.2%	152%
14	feb-21	2592	2341	90.3%	3948.0	98.7%	4500.0	89%	0.79	45.7%	54.3%	0.4%	0.3%	0.0%	100.0%	102.9%	98.8%	0.0%	100.0%	0.0%	0.2%	152%
15	mar-21	2592	2362	91.1%	3944.0	98.6%	4500.0	89%	0.80	47.1%	57.1%	0.0%	0.4%	0.0%	100.0%	102.9%	98.8%	0.0%	100.0%	0.0%	0.2%	152%
16	abr-21	2592	2372	91.5%	3952.0	98.8%	4500.0	89%	0.80	50.0%	58.6%	0.0%	0.3%	0.0%	100.0%	101.5%	98.8%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	152%
17	may-21	2592	2412	93.1%	3952.0	98.8%	4500.0	89%	0.82	54.3%	61.4%	0.0%	0.3%	0.0%	100.0%	100.0%	98.8%	0.0%	100.0%	0.0%	0.2%	152%
18	jun-21	2592	2442	94.2%	3952.0	98.8%	4500.0	89%	0.83	57.1%	64.3%	0.0%	0.3%	0.0%	100.0%	100.0%	98.8%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	152%

IMPACTO ECONOMICO

Tabla 11.

Impacto Económico

ITEM	MES	TIEMPO PROGRAMADO (HRS)	TIEMPO DE PRODUCTIVIDAD	PRODUCCION TOTAL (TON)	PERDIDA METALICA (KG/TON)	PERDIDA METALICA PROCESO (TON)	PERDIDA METALICA MENSUAL (TON)	n (MESES)	INTERES MENSUAL	INFLACION MENSUAL	TIEMPO DE IMPRODUCTIVIDAD MENSUAL (HRS)	TONELAJE POR HORA	RETORNO DE CHATARRA ($ /TON)	COSTO MATERIAL MENSUAL ($/TON)	COSTO OPERACIONAL MENSUAL ($/TON)	COSTO TOTAL MENSUAL PLANTA ($/TON)	COSTO VENTA MENSUAL ($/TON)	INVERSION MENSUAL ($	DAÑO EMERGENTE ($ MENSUAL)	LUCRO CESANTE MENSUAL($)	VP REAL	VP NOMINAL
1	jul-18	3528	2188	2800	30	11	53.2	36	1%	0.2%	1340	6.48	9.34	880.25	169.87	1050.12	1312.65	250,000.00	46,332.41	2,280,121.67	2,076,454.08	2,178,018.07
2	ago-18	3400	2300	2700	28	11	45.9	35	1%	0.2%	1100	6.25	9.72	892.24	268.98	1161.22	1451.525	250,000.00	40,507.67	1,995,846.88	1,786,354.54	1,873,729.12
3	sep-18	3500	2410	2500	19	11	20	34	1%	0.2%	1090	5.79	11.87	855.18	159.9	1015.08	1268.85	250,000.00	16,866.20	1,600,748.26	1,367,614.46	1,434,507.53
4	oct-18	3450	2310	2700	23	11	32.4	33	1%	0.2%	1140	6.25	9.62	852.47	188.28	1040.75	1300.9375	250,000.00	27,308.34	1,853,835.94	1,631,144.28	1,710,927.17
5	nov-18	3500	2330	2800	27	11	44.8	32	1%	0.2%	1170	6.48	8.12	822.87	147.1	969.97	1212.4625	250,000.00	36,500.80	1,838,901.46	1,625,402.26	1,704,904.30
6	dic-18	3550	2360	2900	34	11	66.7	31	1%	0.2%	1190	6.71	5.44	814.69	128.82	943.51	1179.3875	250,000.00	53,976.98	1,884,289.94	1,688,266.91	1,770,843.80
7	ene-19	3528	2358	3000	30	11	57	30	1%	0.2%	1170	6.94	5.77	836.19	113.53	949.72	1187.15	250,000.00	47,333.94	1,929,118.75	1,726,452.69	1,810,897.33
8	feb-19	3024	1834	3200	32	11	67.2	29	1%	0.2%	1190	7.41	5.87	825.13	120.66	945.79	1182.2375	250,000.00	55,054.27	2,084,240.93	1,889,295.20	1,981,704.83
9	mar-19	3000	2100	3300	18	11	23.1	28	1%	0.2%	900	7.64	6.66	851.3	131.85	983.15	1228.9375	250,000.00	19,511.18	1,689,789.06	1,459,300.25	1,530,677.87
10	abr-19	3100	2171	3200	17	11	19.2	27	1%	0.2%	929	7.41	7.78	834.89	118.07	952.96	1191.2	250,000.00	15,880.51	1,639,444.15	1,405,324.66	1,474,062.22
11	may-19	3024	2224	3250	16	11	16.25	26	1%	0.2%	800	7.52	15.65	833.25	129.37	962.62	1203.275	250,000.00	13,286.00	1,448,386.57	1,211,672.57	1,270,938.18
12	jun-19	3050	2178	3400	20	11	30.6	25	1%	0.2%	873	7.87	8.00	830.1	130.02	960.12	1200.15	250,000.00	25,156.26	1,648,261.56	1,423,417.82	1,493,040.36
13	jul-19	2800	2145	2800	15	11	11.2	24	1%	0.2%	655	6.48	9.00	834	135	969	1211.25	250,000.00	9,240.00	1,028,440.97	787,680.97	826,208.20
14	ago-19	3799	2802	3100	18	11	21.7	23	1%	0.2%	998	7.18	9.10	830	140	970	1212.5	250,000.00	17,813.53	1,735,811.63	1,503,625.16	1,577,170.82
15	sep-19	2500	1918	3150	16	11	15.75	22	1%	0.2%	583	7.29	8.00	833	135	968	1210	250,000.00	12,993.75	1,027,869.79	790,863.54	829,546.44
16	oct-19	2592	1932	3150	20	11	28.35	21	1%	0.2%	660	7.29	7.15	830	145	975	1218.75	250,000.00	23,327.80	1,173,046.88	946,374.67	992,663.96
17	nov-19	2600	1933	3300	21	11	33	20	1%	0.2%	668	7.64	8.20	834	148	982	1227.5	250,000.00	27,251.40	1,251,794.27	1,029,045.67	1,079,378.58
18	dic-19	2592	1947	3300	17	11	19.8	19	1%	0.2%	645	7.64	9.00	833	150	983	1228.75	250,000.00	16,315.20	1,210,830.73	977,145.93	1,024,940.31

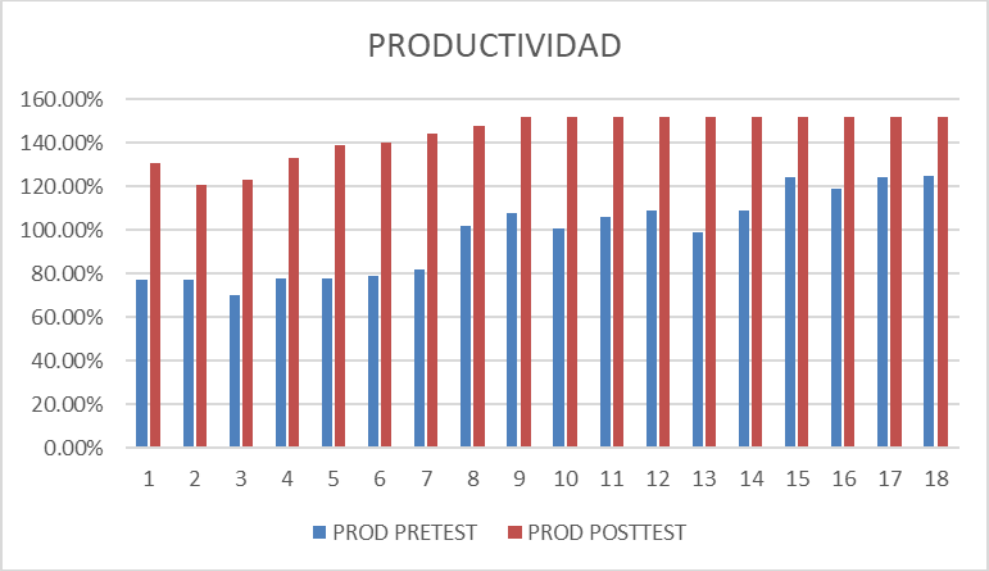
ITEM	MES	TIEMPO PROGRAMADO (HRS)	TIEMPO DE PRODUCTIVIDAD	PRODUCCION TOTAL (TON)	PERDIDA METALICA (KG/TON)	PERDIDA METALICA PROCESO (TON)	PERDIDA METALICA MENSUAL (TON)	n (MESES)	INTERES MENSUAL	INFLACION MENSUAL	TIEMPO DE IMPRODUCTIVIDAD MENSUAL (HRS)	TONELAJE POR HORA	RETORNO DE CHATARRA ($ /TON)	COSTO MATERIAL MENSUAL ($/TON)	COSTO OPERACIONAL MENSUAL ($/TON)	COSTO TOTAL MENSUAL PLANTA ($/TON)	COSTO VENTA MENSUAL ($/TON)	INVERSION MENSUAL ($	DAÑO EMERGENTE ($ MENSUAL)	LUCRO CESANTE MENSUAL($)	VP REAL	VP NOMINAL
1	ene-20	2592	1887	3450	16	11	17.25	18	1%	0.2%	706	7.99	9.34	835	152	987	1233.75	270,000.00	14,242.64	1,390,239.19	1,134,481.83	1,189,971.86
2	feb-20	2592	1843	3200	16	11	16	17	1%	0.2%	749	7.41	9.72	832	144	976	1220	270,000.00	13,156.48	1,354,350.62	1,097,507.10	1,151,188.61
3	mar-20	2592	1902	3250	16	11	16.25	16	1%	0.2%	690	7.52	11.87	830	148	978	1222.5	260,000.00	13,294.61	1,269,192.71	1,022,487.32	1,072,499.45
4	abr-20	2592	1982	3500	16	11	17.5	15	1%	0.2%	610	8.10	9.62	835	140	975	1218.75	260,000.00	14,444.15	1,204,644.10	959,088.25	1,005,999.39
5	may-20	2592	2014	3650	16	11	18.25	14	1%	0.2%	578	8.45	8.12	834	142	976	1220	260,000.00	15,072.31	1,191,589.81	946,662.12	992,965.48
6	jun-20	2592	2049	3700	17	11	22.2	13	1%	0.2%	543	8.56	5.44	830	140	970	1212.5	260,000.00	18,305.23	1,127,793.40	886,098.63	929,439.69
7	jul-20	2592	1991	3800	15	11	15.2	12	1%	0.2%	601	8.80	5.77	833	135	968	1210	260,000.00	12,573.90	1,279,350.93	1,031,924.82	1,082,398.56
8	ago-20	2592	1992	3900	15	11	15.6	11	1%	0.2%	600	9.03	5.87	832	133	965	1206.25	260,000.00	12,887.63	1,306,770.83	1,059,658.46	1,111,488.72
9	sep-20	2592	1947	4000	15	11	16	10	1%	0.2%	645	9.26	9.34	833	134	967	1208.75	260,000.00	13,178.56	1,443,784.72	1,196,963.28	1,255,509.42
10	oct-20	2592	2191	4000	14	11	12	9	1%	0.2%	401	9.26	9.72	835.1	130	965.1	1206.375	260,000.00	9,904.56	895,845.14	645,749.70	677,334.75
11	nov-20	2592	2232	4000	14	11	12	8	1%	0.2%	360	9.26	11.87	835.12	130	965.12	1206.4	260,000.00	9,879.00	804,266.67	554,145.67	581,250.16
12	dic-20	2592	2192	4000	14	11	12	7	1%	0.2%	400	9.26	9.62	833	128	961	1201.25	255,000.00	9,880.56	889,814.81	644,695.37	676,228.86
13	ene-21	2592	2312	4000	14	11	12	6	1%	0.2%	280	9.26	8.12	834	130	964	1205	255,000.00	9,910.56	624,814.81	379,725.37	398,298.59
14	feb-21	2592	2341	4000	13	11	8	5	1%	0.2%	251	9.26	5.44	834	130	964	1205	255,000.00	6,628.48	560,101.85	311,730.33	326,977.76
15	mar-21	2592	2362	4000	14	11	12	4	1%	0.2%	230	9.26	5.77	835	133	968	1210	255,000.00	9,950.76	515,370.37	270,321.13	283,543.14
16	abr-21	2592	2372	4000	12	11	4	3	1%	0.2%	220	9.26	5.87	836	134	970	1212.5	255,000.00	3,320.52	493,981.48	242,302.00	254,153.53
17	may-21	2592	2412	4000	12	11	4	2	1%	0.2%	180	9.26	5.80	835	130	965	1206.25	252,000.00	3,316.80	402,083.33	153,400.13	160,903.28
18	jun-21	2592	2442	4000	12	11	4	1	1%	0.2%	150	9.26	6.00	834	128	962	1202.5	252,000.00	3,312.00	334,027.78	85,339.78	89,513.94

Variable Productividad

En figura 15, se aprecia que, durante el 2018-2019, la productividad tuvo un promedio de 98.17%. En contraste, la evaluación del post test del 2020-2021, el promedio fue de 144.39%, lo que evidencia un aumento significativo en la productividad de 46.22% en promedio entre los dos periodos evaluados. Estos resultados sugieren claramente que el Mantenimiento Autónomo en el Operador ha tenido un impacto positivo en la productividad.

Figura 15.

Análisis descriptivo del pre y post test de la variable Productividad



DETALLE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
PRETEST	77.00%	77.00%	70.00%	78.00%	78.00%	79.00%	82.00%	102.00%	108.00%	101.00%	106.00%	109.00%	99.00%	109.00%	124.00%	119.00%	124.00%	125.00%
POSTTEST	131.00%	121.00%	123.00%	133.00%	139.00%	140.00%	144.00%	148.00%	152.00%	152.00%	152.00%	152.00%	152.00%	152.00%	152.00%	152.00%	152.00%	152.00%

Nota: Elaboración propia (2023)

En la tabla 12 se observa que luego de la implementación se manifiesta un incremento significativo de la variable productividad. En el 2021 se evidencia un incremento en cuanto a la media de 98,05 a 144,38. La mediana crece de 98,05 a 144,38 Esto indica que, en promedio, la productividad ha mejorado después de la intervención. La moda ha pasado de 77,00 a 152,00 esto sugiere que hay un cambio en la tendencia de los valores más comunes hacia valores más altos de productividad. La desviación estándar pasa de

18,97 a 10,72, la baja desviación estándar sugiere que la mejora es consistente entre los meses. Estos hallazgos son positivos y sugieren que la intervención ha tenido un impacto positivo.

Tabla 12.

Análisis Descriptivo de la Productividad Pretest – Post test

Estadisticos			
		Productividad Pretest	Productividad Posttest
N	Válido	18	18
	Perdidos	0	0
μ		98,05	144,38
Md		101,50	152,00
M		77,00	152,00
σ		18,97	10,72

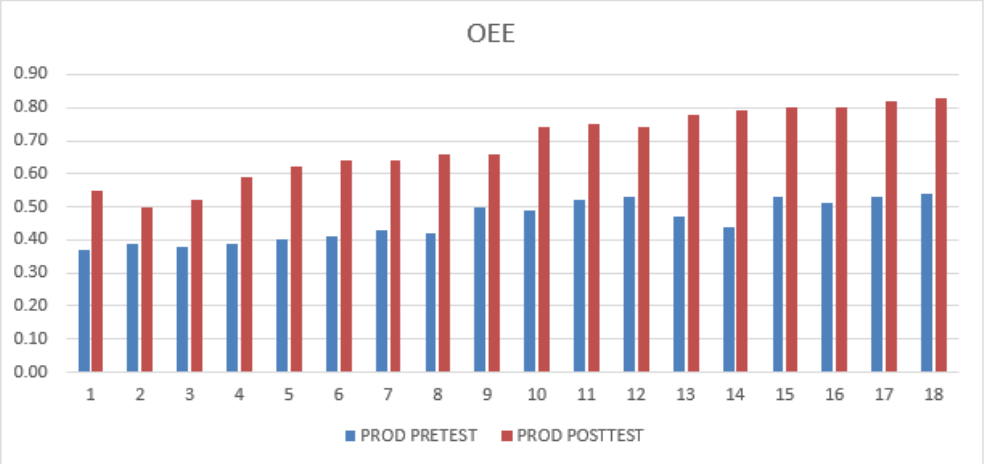
Nota. Elaboración Propia

Dimensión OEE

En la figura 16, se aprecia que, durante el año 2019, la eficiencia tuvo un promedio de 0.46. En contraste, la evaluación del post test del 2021, el promedio fue de 0.69, lo que evidencia un aumento significativo en la eficiencia de 0.23, en promedio entre los dos periodos evaluados. Estos resultados sugieren claramente que la implementación ha tenido un impacto positivo en el OEE.

Figura 16

Análisis descriptivo del pre y post test de la variable OEE



DETALLE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
PRETEST	0.37	0.39	0.38	0.39	0.40	0.41	0.43	0.42	0.50	0.49	0.52	0.53	0.47	0.44	0.53	0.51	0.53	0.54
POSTTEST	0.55	0.50	0.52	0.59	0.62	0.64	0.64	0.66	0.66	0.74	0.75	0.74	0.78	0.79	0.80	0.80	0.82	0.83

Nota. Elaboración Propia

A continuación, en la tabla 13 se observa que luego de la implementación se manifiesta un incremento significativo de la variable OEE, se evidencia un incremento en cuanto a la media de 45,83 a 69.05. La mediana creció de 45,50 a 70,00 Esto indica que, en promedio, la eficiencia ha mejorado después de la intervención. La moda ha pasado de 53,00 a 64,00, esto sugiere que hay un cambio en la tendencia de los valores más comunes hacia valores más altos de eficiencia. La desviación estándar pasa de 6,09 a 10,67, la baja desviación estándar sugiere que la mejora es consistente entre los meses. Estos hallazgos son positivos y sugieren que la intervención ha tenido un impacto positivo.

Tabla 13.

Análisis Descriptivo de la OEE Pretest – Post test

Estadisticos			
		Eficiencia Pretest	Eficiencia Posttest
N	Válido	18	18
	Perdidos	0	0
μ		45,83	69,05
Md		45,50	70,00
M		53,00	64,00
σ		6,09	10,67

Nota. Elaboración Propia

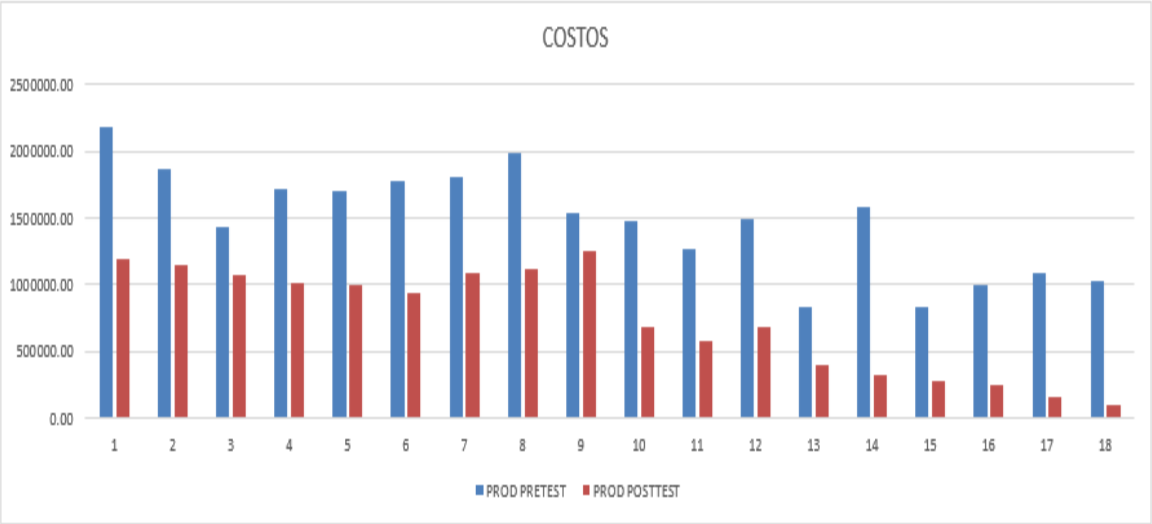
Dimensión Costos (Vp nominal)

En la figura 17, se aprecia que, durante el año 2019, el VP nominal tuvo un promedio de 1,475,786. En contraste, la evaluación del post test en el 2021, el promedio fue de 735,536, lo que evidencia un aumento significativo en el VP nominal de 740,250 en promedio entre los dos periodos evaluados. Estos

resultados sugieren claramente que la implementación ha tenido un impacto positivo en la eficacia.

Figura 17

Análisis Descriptivo del pre y post test de la variable Costos



DETALLE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
PRETEST	2,178,018	1,873,729	1,434,507	1,710,927	1,704,904	1,770,843	1,810,897	1,981,704	1,530,677	1,474,062	1,270,938	1,493,040	826,208	1,577,170	829,546	992,663	1,079,378	1,024,940
POSTTEST	1,189,971	1,151,188	1,072,499	1,005,999	992,965	929,439	1,082,398	1,111,488	1,255,509	677,334	581,250	676,228	398,298	326,977	283,543	254,153	160,903	89,513

Nota. Elaboración Propia

A continuación, en la Tabla 14 1e observa que luego de la implementación se manifiesta un incremento significativo de la variable Costos, evidencia un incremento en cuanto a la media de 1475786 a 735536. La mediana creció de 1511858 a 803386. Esto indica que, en promedio, Los costos han mejorado después de la intervención. La moda ha pasado de 826208 a 89513, esto sugiere que hay un cambio en la tendencia de los valores más comunes hacia valores más altos de Costos. La desviación estándar pasa de 398912 a 398290, la baja desviación estándar sugiere que la mejora es consistente entre los meses. Estos hallazgos son positivos y sugieren que la intervención ha tenido un impacto positivo.

Tabla 14.

Análisis Descriptivo de la Costos Pretest. Post test

Estadisticos			
		Eficiencia Pretest	Eficiencia Posttest
N	Válido	18	18
	Perdidos	0	0
μ		1475786	735536
Md		1511858	803386
M		826208	89513
σ		398912	398290

Nota. Elaboración Propia

Análisis inferencial

Prueba de Normalidad

En la tabla 15 presenta el resultado de la prueba de normalidad para la productividad, el OEE y los costos. Como la cantidad de datos es menor de 50, se empleó la prueba de Shapiro Wilk.

Tabla 15.

Prueba de Normalidad de la Variable Productividad, OEE y Costos

GRUPO		Shapiro Wilk		
		Estadistico	gl	Sig
OEE	Pre Test	0,892	18	0,052
	Post Test	0,926	18	0,163
COSTO	Pre Test	0,958	18	0,572
	Post Test	0,899	18	0,056
PRODUCTIVIDAD	Pre Test	0,896	18	0,048
	Post Test	0,745	18	0,053

Nota. Elaboración Propia

En la tabla 15 se presenta que el OEE, Costo y productividad tanto en el Pre-Test y el Post Test presentaron distribución normal (sig. mayor de 0.05).

Prueba T de Student para muestras dependientes

Hipótesis general:

H1: La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora la productividad en la planta de Tubos electrosoldados

H0: La implementación del Mantenimiento Autónomo no mejora la productividad en la planta de Tubos electrosoldados

Nivel de significancia: 5%

Identificación del estadístico de prueba: t

Regla de decisión Si el valor p > α no se rechaza la Ho.

Si el valor p es ≤ α se rechaza la Ho.

Cálculo del valor p

Tabla 16

Prueba de Muestras emparejadas Productividad

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas							
				95% de Confianza				
	Media	Desviación estándar	Medida de error estándar	Inferior	Superior	t	gl	Sig (bilateral)
Prod Test – Prod Post Test	-46,33	11,41	2,69	-52,01	-40,65	-17,21	17	< .001

Nota. Elaboración Propia

Valor p: 0.0000

Decisión:

Como el valor p en ambos casos es ≤ a 0.05 se rechaza la Ho.

Interpretación

Se observa que la significancia resultó menor de 0.05, lo que indicó que existen diferencias significativas entre el pretest y post test de la productividad. Además, los rangos positivos indicaron que los valores del post test fueron superiores comparados con el pre test, por lo que se acepta la hipótesis H1: La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora la productividad en la planta de Tubos electrosoldados.

Hipótesis específicas:

Hipótesis específica 1:

H1: La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora el OEE en la planta de Tubos electrosoldados

H0: La implementación del Mantenimiento Autónomo no mejora el OEE en la planta de Tubos electrosoldados

Nivel de significancia: 5%

Identificación del estadístico de prueba: t

Regla de decisión

Si el valor p > α no se rechaza la Ho.

Si el valor p es ≤ α se rechaza la Ho. Cálculo del valor p

Tabla 17.

Prueba de Muestras emparejadas OEE

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas							
				95% de Confianza				
	Media	Desviación estándar	Medida de error estándar	Inferior	Superior	t	gl	Sig (bilateral)
Efi Test – Efi Post Test	-23,22	6,19	1,46	-24,30	-20,13	-15,89	17	< .001

Nota: Elaboración propia (2023)

Valor p: 0.0000

Decisión:

Como el valor p en ambos casos es ≤ a 0.05 se rechaza la Ho.

Interpretación:

Se observa que la significancia resultó menor de 0.05, lo que indicó que existen diferencias significativas entre el pretest y post test del OEE. Además, los rangos positivos indicaron que los valores del post test fueron superiores comparados con el pretest, por lo que se acepta la hipótesis **H1** La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora el OEE en la planta de Tubos electrosoldados

Hipótesis específica 2:

H1: La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora los Costos en la planta de Tubos electrosoldados

H0: La implementación del Mantenimiento Autónomo no mejora los Costos en la planta de Tubos electrosoldadosNivel de significancia: 5%

Identificación del estadístico de prueba: t

Regla de decisión Si el valor p > α no se rechaza la Ho.

Si el valor p es ≤ α se rechaza la Ho.

Cálculo del valor p

Tabla 18.

Prueba de Muestras emparejadas de los costos

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas							
				95% de Confianza				
	Media	Desviación estándar	Medida de error estándar	Inferior	Superior	t	gl	Sig (bilateral)
Eficacia Test – Eficacia Post Test	740249	233539	55045	624113	856386	13,448	17	< .001

Nota: Elaboración propia (2023)

Valor p: 0.0000

Decisión:

Como el valor p en ambos casos es ≤ a 0.05 se rechaza la Ho.

Interpretación

Se observa que la significancia resultó menor de 0.05, lo que indicó que existen diferencias significativas entre el pretest y post test de los costos. Además, los rangos positivos indicaron que los valores del post test fueron superiores comparados con el pre test, por lo que se acepta la hipótesis H1: La implementación del Mantenimiento Autónomo mejora los Costos en la planta de Tubos electrosoldados

Los resultados nos demuestran que el Mantenimiento Autónomo mejora la productividad en una empresa. A su vez trabaja otros conceptos como son el trabajo en equipo, delegación de células auto gestionadas, procesos estables. No obstante, aun cuando el estudio evidencia la existencia de una

conciencia por parte de los colaboradores también demuestran que todavía estamos lejos de células auto gestionadas.

Hipótesis específica 3:

H1: Los factores significativos que inciden en el mantenimiento autónomo son personal capacitado, clima laboral, desviación de paradas programadas para mantenimiento preventivo, pérdida metálica, % observaciones levantadas.

H0: Los factores significativos que no inciden en el mantenimiento autónomo son personal capacitado, clima laboral, desviación de paradas programadas para mantenimiento preventivo, pérdida metálica, % observaciones levantadas.

Tabla 19.

Posibles causas raíz

	DETALLE	MODO DE FALLA	EFECTOS	SITUACION ACTUAL	POSIBLE CAUSA RAIZ	FRECUENCIA	SEVERIDAD	CONTROLES	RATIO	
PERSONAS	COLABORADORES SIN CAPACITACION	CONTINUAS PARADAS EN LINEA DE PRODUCCION POR FALTA DE SOLUCIONES RAPIDAS	IMPRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACION	PERSONAL DE MANTENIMIENTO Y PRODUCCION CON SECUNDARIA COMPLETA, CON FALTA DE ESTUDIOS TECNICOS	COLABORADORES SIN CAPACITACION	3	3	4	36	X1
	INCREMENTO DE SOBRETIEMPOS EN COLABORADORES DE PLANTA	CANSANCIO DE OPERADORES Y MANTENEDORES DE LA LINEA	IMPRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACION	LOS COLABORADORES TRABAJAN MAS DE 72 HORAS A LA SEMANA	SOBRETIEMPO	3	2	3	18	
	COLABORADORES SIN COMPROMISO DE PLANTA	MALA COMUNICACIÓN DE OPERADORES Y MANTENEDORES	IMPRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACION	CADA AREA SE LIMITA A REALIZAR ACTIVIDADES QUE LE CORRESPONDE	MAL CLIMA LABORAL - INSATISFACCION	4	3	3	36	X2
MAQUINARIAS	PARADAS CONTINUAS DE LA LINEA DE PROUCCION	EQUIPOS QUE NO CUENTAN CON CONFIABILIDAD SUPERIOR A LA MEDIA	IMPRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACION	EL PLAN DE MANTENIMIENTO ES MUY GENERAL Y NO INCLUYEN TODAS LAS ACTIVIDADES	FALTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - EXCESIVA PARADA DE LINEA	4	4	3	48	X3
	ROTACION EXCESIVA DE COLABORADORES DE LINEA	FALTA DE CONOCIMIENTO DE EQUIPOS DE LINEA	IMPRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACION	LOS COLABORADORES DE LAS PLANTAS TIENEN CONTINUA ROTACION	FALTA DE OPERARIOS CON MAYOR EXPERIENCIA	3	2	3	18	
	CONTINUAS PARADAS DE LINEA DE PRODUCCION	EXCESIVA CHATARRA EN PATIO DE TRANSITO	IMPRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACION	LA LINEA ESTA TENIENDO CONTINUAS PARADAS, IMPACTANDO DIRECTAMENTE EN LA PERDIDA METALICA	EXCESIVA PERDIDA METALICA	4	4	4	64	X4
PROCESO	MALA CALIDAD EN EL PRODUCTO FINAL	RECLAMO DE CLIENTES INTERNOS	IMPRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACION	SE VIENE TENIENDO ALGUNOS RECLAMOS POR MALA CALIDAD DE PRODUCTO EN EL AREA DE LOGISTICA	PROBLEMAS DE TRANSPORTE Y/O ALMACENAMIENTO	2	2	2	8	X5
	DESORDEN EN LOS PROCEDIMIENTOS A SEGUIR	FALTA DE SUPERVISION	IMPRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACION	LOS SUPERVISORES SON PERSONAS MAYORES DE EDAD, Y ADMINISTRAN DOS PLANTAS AL MISMO TIEMPO EN SU TURNO	POCA SUPERVISION	2	2	2	8	
	FALTA DE PLANIFICACION DE RUTINA	PRODUCTOS NO SIGUEN CRITERIOS OPERACIONALES	IMPRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACION	ACTUALMENTE SE CAMBIA LA LINEA MUY SEGUIDO, NO TENIENDO CANTIDADES MINIMAS A PRODUCIR PARA HACER RENTABLE EL PROCESO	PLANIFICACION INADECUADA DE LAS OPERACIONES	4	4	3	48	
	PLANTA SUCIA	HERRAMIENTAS Y MATERIALES DISPERSADOS EN TODA LA PLANTA	IMPRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACION	LOS MATERIALES ESTAN POR TODA LA PLANTA EN FORMA DESORDENADA, SIN MANTENER UN LAYOUT ADEACUADO	PRODUCCION NO ASUME SU POSICION DE DUEÑO DE PROCESO - 5S	3	4	4	48	X6
	CONTINUAS PARADAS DE LINEA DE PRODUCCION	PRODUCTOS NO SIGUEN CRITERIOS OPERACIONALES	IMPRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACION	LAS CONTINUAS PARADAS DE LA LINEA ESTA OCASIONADOS PRODUCIR MENOS CON MAYOR INVERSION	POCA RENTABILIDAD EN PROCESO - UTILIDAD	4	4	3	48	X7
	DESORDEN EN EL SISTEMA DE FABRICACION	SE PRODUCE DE ACUERDO A NECESIDAD	IMPRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACION	SE PRODUCE DE ACUERDO A ENTREGA QUE TIENE MAYOR RETRASO	POCA ATENCION A LO PLANIFICADO	4	3	3	36	X8
	PLANTA INESTABLE	ACCIDENTES EN PLANTA	IMPRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACION	AL TENER LA PLANTA INESTABLE , CON MAQUINAS CON FALLAS, EL RIESGO A ACCIDENTES ES MAYOR	EXCESIVO NUMERO DE ACCIDENTES	3	3	4	36	X9
	DESORDEN EN PLANTA	PRODUCTOS NO SIGUEN CRITERIOS OPERACIONALES	IMPRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACION	NO HAY UN ADECUADO LAYOUT DE PLANTA, TENIENDO LA PLANTA INSEGURA	CONDICIONES INSEGURAS EN PLANTA	4	4	3	48	X10

	DETALLE	MODO DE FALLA	EFECTOS	SITUACION ACTUAL	POSIBLE CAUSA RAIZ	FRECUENCIA	SEVERIDAD	CONTROLES	RATIO	
MATERIAL	OXIDACION DE PRODUCTO EN ALMACENAMIENTO	OXIDACION DE PRODUCTOS TUBULARES	IMPRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACION	LOS PRODUCTOS AL NO TENER UN ADECUADO FIFO Y CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO SE ESTAN OXIDANDO	MATERIAL OXIDADO A CLIENTE FINAL - INSATIFACCION DE CLIENTE	4	4	4	64	X11
TECNOLOGIA	EQUIPO PARADOS POR FALTA DE MATERIA PRIMA	FALLA DE MONTACARGA	IMPRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACION	FALTA DE MATERIA PRIMA POR TENER MONTACARGAS CON DEFICIENCIA DE OPERACIÓN	USO DE MONTACARGAS CON FALLAS OPERTIVAS	2	2	3	12	
	CAIDA DEL SISTEMA SAP	LINEAS PARADAS	IMPRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACION	PARADA DE LINEA POR FALTA DE GESTION EN SAP, SEA DE SOLICITUD DE MATERIA O SOLICITUD DE ENTREGA.	FALLAS EN EL SAP	3	3	3	27	
MEDIO AMBIENTE	OXIDACION DE PRODUCTO EN ALMACENAMIENTO	OXIDACION DE PRODUCTOS TUBULARES	IMPRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACION	FALTA DE AISLAMIENTO DE MATERIA PRIMA CON AGENTES OXIDANTES	AMBIENTE SALITROSO POR SER ZONA COSTERA	4	4	4	64	X12
	OXIDACION DE PRODUCTO EN ALMACENAMIENTO	OXIDACION DE PRODUCTOS TUBULARES	IMPRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACION	FALTA DE AISLAMIENTO DE MATERIA PRIMA CON AGENTES OXIDANTES	FUERTE CORRIENTE DE VIENTO	3	3	3	27	

Nota. Elaboración Propia

% PERSONAL CAPACITADO (X1)
% APROBACION EN CLIMA LABORAL (X2)
% DESVIACION DE PARADAS PROGRAMADAS PARA MANTTO PREVENTIVO (X3)
% PERDIDA METALICA (X4)
% RECLAMO DE CLIENTES INTERNOS (X5)
% OBSERVACIONES LEVANTADAS (X6)
% VARIACION DE COSTOS DE PRODUCCION PLANIF VS REAL(X7)
% TONELADAS PROGRAMADAS REALIZADAS EN FECHA(X8)
% ACCIDENTES CON PÉRDIDA DE TIEMPO (X9)
% CONDICIONES INSEGURAS LEVANTADAS (X10)
% MATERIAL CON OXIDACION (X11)
% TONELADAS PUESTAS EN OBSERVACION (X12)

Se recopiló la información relacionada a estas 12 variables durante 18 meses desde Julio del 2018 hasta diciembre del 2019 así como de la productividad del mismo periodo. A continuación, en la Tabla 8 se muestra la Toma de datos de 12 variables durante los 18 meses desde Julio del 2018 hasta diciembre del 2019.

Tabla 20

Datos de 12 variables durante los 18 meses desde Julio del 2018 hasta diciembre del 2019

DETALLE	MES	% PRODUCTIVIDAD (Y)	% PERSONAL CAPACITADO (X1)	% APROBACION EN CLIMA LABORAL (X2)	% DESVIACION DE PARADAS PROGRAMADAS PARA MANTTO PREVENTIVO (X3)	% PERDIDA METALICA (X4)	% RECLAMO DE CLIENTES (X5)	% OBSERVACIONES LEVANTADAS (X6)	% VARIACION DE COSTOS DE PRODUCCION PLANIF VS REAL(X7)	% TONELADAS PROGRAMADAS REALIZADAS EN FECHA(X8)	% ACCIDENTES CON PERDIDA DE TIEMPO (X9)	% CONDICIONES INSEGURAS LEVANTADAS (X10)	% MATERIAL CON OXIDACION (X11)	% TONELADAS PUESTAS EN OBSERVACION (X12)
ANTES DE LA IMPLEMENTACION	jul-18	77.0%	27.4%	16.4%	23.3%	1.1%	1.1%	31.3%	121.3%	96.4%	13.7%	15.4%	1.1%	2.6%
	ago-18	77.2%	33.3%	22.2%	20.0%	1.0%	0.9%	40.0%	109.3%	85.2%	4.1%	57.1%	1.3%	5.4%
	sep-18	70.1%	31.5%	21.9%	22.4%	0.8%	0.8%	41.9%	107.1%	108.0%	9.6%	23.1%	0.5%	3.1%
	oct-18	76.5%	30.6%	20.8%	23.5%	0.9%	1.0%	28.6%	111.3%	81.5%	5.5%	57.1%	0.4%	2.4%
	nov-18	77.8%	26.0%	15.1%	16.7%	1.0%	1.0%	27.3%	103.5%	71.4%	1.4%	41.7%	1.4%	7.9%
	dic-18	78.9%	26.4%	16.7%	12.5%	1.2%	1.0%	26.7%	101.2%	86.2%	6.8%	30.8%	1.6%	2.3%
	ene-19	82.5%	27.4%	17.8%	14.7%	1.0%	0.8%	32.3%	110.0%	86.7%	8.2%	57.1%	1.0%	0.8%
	feb-19	102.4%	20.8%	11.1%	16.4%	1.0%	0.8%	26.7%	112.5%	87.5%	2.8%	18.2%	0.3%	2.1%
	mar-19	108.0%	30.1%	21.9%	8.6%	0.5%	0.6%	37.0%	102.6%	97.0%	11.0%	30.0%	2.1%	3.5%
	abr-19	101.5%	29.4%	20.6%	9.0%	0.5%	0.6%	35.7%	105.1%	90.6%	4.4%	77.8%	0.6%	2.4%
	may-19	105.8%	35.7%	27.1%	8.3%	0.5%	0.5%	52.2%	109.0%	96.9%	5.7%	20.0%	2.5%	2.1%
	jun-19	109.2%	30.6%	22.2%	9.2%	0.6%	0.5%	40.0%	110.4%	88.2%	12.5%	75.0%	0.2%	5.7%
	jul-19	98.5%	37.8%	31.1%	6.0%	0.5%	0.4%	51.9%	110.4%	92.9%	4.1%	55.6%	1.1%	2.1%
	ago-19	108.8%	33.8%	27.0%	8.0%	0.6%	0.5%	50.0%	116.9%	71.0%	2.7%	18.2%	0.3%	0.5%
	sep-19	124.0%	35.3%	30.9%	4.4%	0.5%	0.4%	40.0%	103.9%	96.8%	10.3%	62.5%	0.6%	2.2%
	oct-19	119.1%	31.4%	28.6%	7.0%	0.6%	0.5%	38.5%	110.4%	88.9%	12.9%	66.7%	0.3%	2.9%
	nov-19	124.3%	26.8%	25.4%	5.9%	0.6%	0.5%	37.0%	103.9%	98.5%	4.3%	20.0%	0.8%	2.3%
	dic-19	125.2%	32.9%	24.3%	4.0%	0.5%	0.4%	33.3%	106.8%	90.9%	7.1%	42.9%	0.2%	1.4%

Nota. Elaboración Propia

Mediante una prueba de correlación realizada con el Minitab 17 y con una confiabilidad de 95% ente las 12 variables se obtiene que sólo las variables X1, X2, X3, X4, X5, X6 tienen una alta correlación con la generación de la merma (Y) ya que el coeficiente de Pearson de estas variables con respecto a Y es mayor a 0.5 o menor que -0,5 y el P value es menor que 0.05 como podemos ver a continuación en la Tabla 21.

Tabla 21.

Correlación de Variables.

VARIABLE	PEARSON	P VALUE
X1	0.8590	0.0000
X2	0.9640	0.0000
X3	-0.5830	0.0110
X4	-0.7100	0.0010
X5	-0.7330	0.0010
X6	0.7200	0.0010
X7	-0.2030	0.4200
X8	0.1450	0.5660
X9	0.0630	0.8050
X10	0.2870	0.2480
X11	-0.0660	0.7950
X12	-0.1500	0.5540

Nota. Elaboración Propia

Como se puede apreciar, las 06 variables con alta correlación con respecto a la generación de mermas (Y) en el diagnóstico inicial de productividad son X1, X2, X3, X4, X5, X6.

Posterior a ello calculamos regresión en esas variables, aquellas que no agregan valor, ya que el P value es alto, quedándonos solo con los bajos. El Rsq y el Radj menor al 10%, y el PV de la ecuación cercano al 0.05. A continuación en la Figura 18 se muestra el Análisis de Regresión de Variables.

Figura 18.

Análisis de regresión de variables

Regression Analysis: y versus x1, x2, x3, x4, x5, x6

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	6	0.036828	0.006138	43.64	0.000
x1	1	0.000039	0.000039	0.27	0.611
x2	1	0.001827	0.001827	12.99	0.004
x3	1	0.000554	0.000554	3.94	0.073
x4	1	0.000102	0.000102	0.73	0.412
x5	1	0.000006	0.000006	0.05	0.835
x6	1	0.000104	0.000104	0.74	0.408
Error	11	0.001547	0.000141		
Total	17	0.038375			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0118596	95.97%	93.77%	86.50%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	0.6094	0.0423	14.39	0.000	
x1	0.099	0.188	0.52	0.611	7.41
x2	0.579	0.161	3.60	0.004	9.51
x3	-0.250	0.126	-1.99	0.073	8.53
x4	-2.85	3.33	-0.85	0.412	7.45
x5	1.33	6.22	0.21	0.835	27.29
x6	-0.0661	0.0768	-0.86	0.408	4.71

Nota: Elaboración Propia (2023)

Si bien los valores son óptimos, vemos que podemos mejorar si retiramos el X5 por tener el P value más alto. Teniendo los siguientes resultados en la siguiente regresión. A continuación, en la Figura 19 se muestra el Análisis de regresión de Variables sin x5.

Figura 19.

Análisis de regresión de variables sin x5

Regression Analysis: y versus x1, x2, x3, x4, x6

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	5	0.036821	0.007364	56.88	0.000
x1	1	0.000058	0.000058	0.44	0.518
x2	1	0.002031	0.002031	15.69	0.002
x3	1	0.001340	0.001340	10.35	0.007
x4	1	0.000143	0.000143	1.11	0.314
x6	1	0.000182	0.000182	1.40	0.259
Error	12	0.001554	0.000129		
Total	17	0.038375			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0113783	95.95%	94.26%	90.11%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	0.6137	0.0356	17.23	0.000	
x1	0.113	0.169	0.67	0.518	6.50
x2	0.566	0.143	3.96	0.002	8.18
x3	-0.2278	0.0708	-3.22	0.007	2.94
x4	-2.33	2.22	-1.05	0.314	3.58
x6	-0.0746	0.0630	-1.18	0.259	3.44

Nota: Elaboración Propia (2023)

Teniendo la siguiente ecuación:

$$y = 0.6137 + 0.113\,x1 + 0.566\,x2 - 0.2278\,x3 - 2.33\,x4 - 0.0746\,x6$$

Como podemos observar las variables a trabajar para mejorar la productividad en la planta van asociadas a Gestión de Personas en conocimiento de equipos, es decir necesitamos involucrar a los colaboradores en las tareas diarias para Mejorar la disponibilidad de los Activos , Mejorar los Costos y la Eficiencia Productiva de los Equipos; si bien hay diferentes Metodologías que podemos seguir para mejorar una Gestión en Mantenimiento, se decide aplicar el Mantenimiento Autónomo en busca de Mejorar la Productividad en la Planta de Tubos Electrosoldados. Teniendo claro la Metodología se decide Implementar la metodología y observar los resultados en los próximos 18 meses. A continuación, en la Tabla 10 se muestra la Recopilación de datos de variables por un periodo de 18 meses a partir de enero del 2020 hasta junio 2021 luego de implementado el Mantenimiento Autónomo.

Tabla 22

Datos de 12 variables durante los 18 meses desde enero del 2020 hasta junio del 2021

DETALLE	MES	% PRODUCTIVIDAD (Y)	% PERSONAL CAPACITADO (X1)	% APROBACION EN CLIMA LABORAL (X2)	% DESVIACION DE PARADAS PROGRAMADAS PARA MANTTO PREVENTIVO (X3)	% PERDIDA METALICA (X4)	% RECLAMO DE CLIENTES (X5)	% OBSERVACIONES LEVANTADAS (X6)	% VARIACION DE COSTOS DE PRODUCCION PLANIF VS REAL(X7)	% TONELADAS PROGRAMADAS REALIZADAS EN FECHA(X8)	% ACCIDENTES CON PERDIDA DE TIEMPO (X9)	% CONDICIONES INSEGURAS LEVANTADAS (X10)	% MATERIAL CON OXIDACION (X11)	% TONELADAS PUESTAS EN OBSERVACION (X12)
DESPUES DE LA IMPLEMENTACION	ene-20	131.0%	29.2%	22.2%	3.3%	0.5%	0.3%	45.5%	105.4%	98.6%	1.4%	80.0%	0.1%	1.3%
	feb-20	121.5%	25.7%	18.9%	2.9%	0.5%	0.4%	47.6%	101.4%	98.4%	1.4%	40.0%	0.1%	1.9%
	mar-20	123.4%	29.4%	25.0%	2.0%	0.5%	0.2%	60.0%	101.4%	98.5%	0.0%	50.0%	0.1%	1.6%
	abr-20	132.9%	33.8%	27.9%	2.2%	0.5%	0.2%	66.7%	102.8%	98.6%	1.5%	60.0%	0.1%	1.1%
	may-20	138.6%	35.3%	30.9%	2.1%	0.4%	0.1%	92.3%	102.8%	98.6%	0.0%	100.0%	0.1%	1.3%
	jun-20	140.3%	35.7%	35.7%	0.8%	0.5%	0.1%	91.7%	102.9%	98.6%	0.0%	66.7%	0.1%	0.9%
	jul-20	144.4%	31.4%	31.4%	0.3%	0.4%	0.2%	90.0%	102.9%	98.7%	1.4%	100.0%	0.1%	0.6%
	ago-20	148.2%	31.9%	31.9%	0.0%	0.4%	0.1%	87.5%	102.9%	98.7%	0.0%	66.7%	0.1%	1.0%
	sep-20	152.0%	31.1%	29.7%	0.0%	0.4%	0.2%	100.0%	102.9%	98.8%	0.0%	100.0%	0.1%	0.4%
	oct-20	152.2%	38.6%	40.0%	0.5%	0.4%	0.1%	100.0%	102.9%	98.8%	0.0%	100.0%	0.1%	0.2%
	nov-20	152.2%	41.4%	45.7%	0.0%	0.4%	0.1%	100.0%	102.9%	98.8%	0.0%	100.0%	0.0%	0.2%
	dic-20	152.2%	38.6%	42.9%	0.0%	0.4%	0.0%	100.0%	101.5%	98.8%	0.0%	100.0%	0.0%	0.2%
	ene-21	152.2%	44.3%	50.0%	0.0%	0.4%	0.0%	100.0%	102.9%	98.8%	0.0%	100.0%	0.0%	0.2%
	feb-21	152.3%	45.7%	54.3%	0.4%	0.3%	0.0%	100.0%	102.9%	98.8%	0.0%	100.0%	0.0%	0.2%
	mar-21	152.2%	47.1%	57.1%	0.0%	0.4%	0.0%	100.0%	102.9%	98.8%	0.0%	100.0%	0.0%	0.2%
	abr-21	152.5%	50.0%	58.6%	0.0%	0.3%	0.0%	100.0%	101.5%	98.8%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%
	may-21	152.5%	54.3%	61.4%	0.0%	0.3%	0.0%	100.0%	100.0%	98.8%	0.0%	100.0%	0.0%	0.2%
	jun-21	152.5%	57.1%	64.3%	0.0%	0.3%	0.0%	100.0%	100.0%	98.8%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%

A continuación, en la Tabla 23 se muestra la Ficha de indicadores de factores.

Tabla 23.

Ficha de indicadores de factores.

Nombre del Indicador	VP NOMINAL	
Definición del Indicador	**Fórmula de cálculo**	**Unidades**
Calcula el valor actual de una cantidad de dinero que se recibirá en el futuro. Se basa en el principio de que el dinero disponible hoy puede invertirse para generar retornos.	DAÑO EMERGENTE / ($MENSUAL + LUCRO CESANTE MENSUAL ($) - INVERSION MENSUAL ($))	$
Fuentes de Información	**Encargado de medición**	
Registros SAP	Jefe de Producción	
Meta: Lograr un incremento del vp nominal sostenido durante el año	**Periodicidad de cálculo:** Mensual	

Nombre del Indicador	OEE	
Definición del Indicador	**Fórmula de cálculo**	**Unidades**
Calcula el porcentaje de tiempo productivo en la fabricación. Es una herramienta que mide la eficiencia de los equipos industriales.	DISPONIBILIDAD X CALIDAD X RENDIMIENTO	%
Fuentes de Información	**Encargado de medición**	
Registros SAP	Jefe de Producción	
Meta: Lograr un 6% de incremento	**Periodicidad de cálculo:** Mensual	

Nombre del Indicador	% PRODUCTIVIDAD	
Definición del Indicador	**Fórmula de cálculo**	**Unidades**
Calcula el porcentaje de las toneladas programadas vs el tiempo producido	TONELADAS PRODUCIDAS / TIEMPO PRODUCIDO	%
Fuentes de Información	**Encargado de medición**	
Registros SAP	Jefe de Producción	
Meta: Lograr un incremento del 20%	**Periodicidad de cálculo:** Mensual	

Nombre del Indicador	% OBSERVACIONES LEVANTADAS (X6)	
Definición del Indicador	**Fórmula de cálculo**	**Unidades**
Conocer el porcentaje de Observaciones Levantadas con respecto al mes anterior y tomar las medidas necesarias para Mejorar el porcentaje, buscando mejorar la operación en la Planta.	(MATERIAL CON OXIDACION (TON) / PRODUCCION TOTAL (TON)) *100	Porcentaje
Fuentes de Información	**Encargador de medición**	
Resgistros de Producción	Jefe de Producción	
Meta: Lograr 50% en Observaciones Levantadas	**Periodicidad de cálculo**: Mensual	

Nombre del Indicador	% PERSONAL CAPACITADO (X1)	
Definición del Indicador	**Fórmula de cálculo**	**Unidades**
Conocer el porcentaje de colaboradores capacitados en cursos aplicados a sus puestos de trabajo con respecto al mes anterior y tomar las medidas necesarias para incrementar el porcentaje, buscando tener Colaboradores con habilidades duras.	(PERSONAL OPERATIVO CAPACITADO / PERSONAL OPERATIVO EN PLANTA)*100	Porcentaje
Fuentes de Información	**Encargador de medición**	
Resgistros de Capacitación de RRHH	Jefe de Producción	
Meta: Lograr un 35% de Personal capacitado.	**Periodicidad de cálculo**: Mensual	

Nombre del Indicador	% APROBACION EN CLIMA LABORAL (X2)	
Definición del Indicador	**Fórmula de cálculo**	**Unidades**
Conocer el porcentaje de Aprobación en Encuesta de Clima laboral con respecto al mes anterior y tomar las medidas necesarias para incrementar el porcentaje, buscando mejorar la sinergia con los colaboradores.	(ENCUESTAS APROBATORIAS / PERSONAL OPERATIVO ENCUESTADO) * 100	Porcentaje
Fuentes de Información	**Encargador de medición**	
Resgistros de Capacitación de RRHH	Jefe de Producción	
Meta: Lograr un 50% de Aprobación en Encuesta de Clima Laboral	**Periodicidad de cálculo**: Mensual	

Nombre del Indicador	% DESVIACION DE PARADAS PROGRAMADAS PARA MANTTO PREVENTIVO (X3)	
Definición del Indicador	**Fórmula de cálculo**	**Unidades**
Conocer el porcentaje de Desviación de paradas programadas para Mantenimientos Preventivos con respecto al mes anterior y tomar las medidas necesarias para mejorar el porcentaje, buscando mejorar la operación en la Planta.	(EXCESO EN TIEMPO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO / PRODUCCION TOTAL (TON)) * 100	Porcentaje
Fuentes de Información	**Encargador de medición**	
Resgistros de Mantenimientos	Jefe de Mantenimiento	
Meta: Lograr menos de 2% en Desviaciónes de Paradas Programadas.	**Periodicidad de cálculo**: Mensual	

Nombre del Indicador	% PERDIDA METALICA (X4)	
Definición del Indicador	**Fórmula de cálculo**	**Unidades**
Conocer el porcentaje de Pérdidas Metálicas con respecto al mes anterior y tomar las medidas necesarias para Mejorar el porcentaje, buscando mejorar la operación en la Planta.	(MATERIAL CON OXIDACION (TON) / TIEMPO PROGRAMADO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO) * 100	Porcentaje
Fuentes de Información	**Encargador de medición**	
Resgistros de Producción	Jefe de Producción	
Meta: Lograr menos de 0.5% en Pérdidas Metálicas	**Periodicidad de cálculo**: Mensual	

Nota: Elaboración Propia (2023)

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

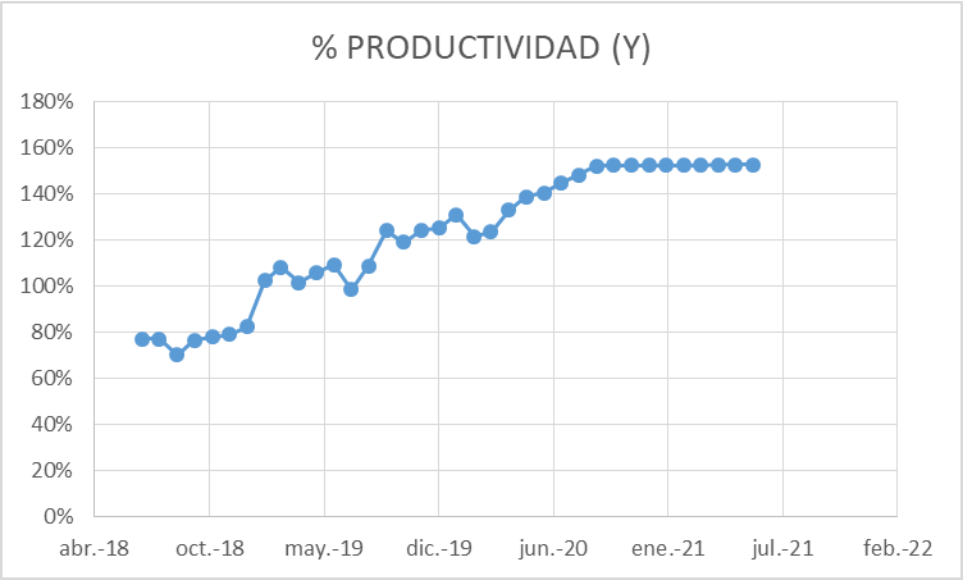
5.1 CONCLUSIONES

Con el Mantenimiento Autónomo:

- Mejoramos el nivel de productividad pasando de 2800 toneladas (1.24 TM/hora) a 4000 toneladas (1.79 TM/hora) mensuales. La Productividad de planta se elevó de 77% a un 152%. A continuación, en la Figura 20 se muestra el % de Productividad (Y)

Figura 20.

% Productividad (Y)



Nota: Elaboración Propia (2023)

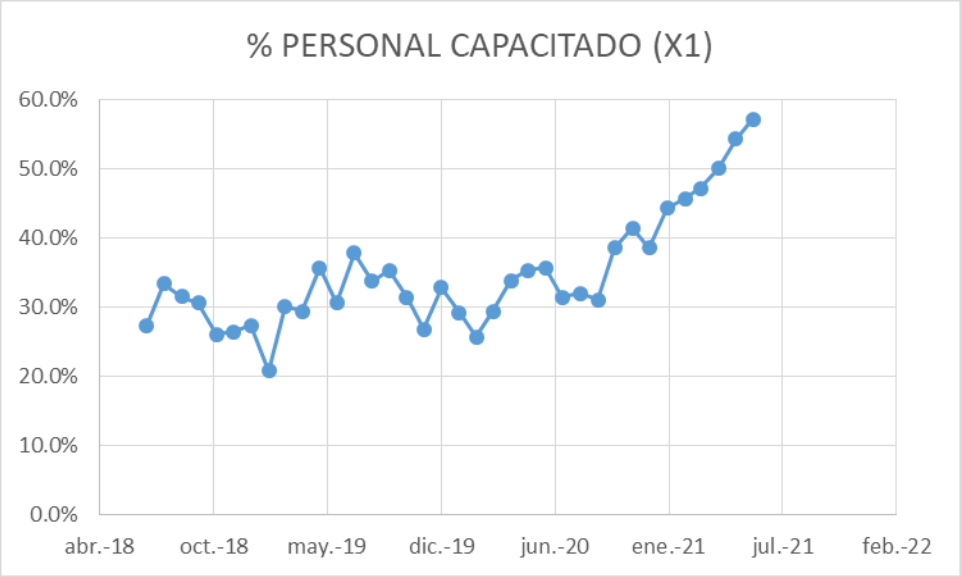
- Los principales factores que inciden en la productividad de la Fabricación de Tubos Electrosoldados como son: Personal capacitado, clima laboral, desviación de

paradas programadas para mantenimiento preventivo, pérdida metálica, reclamos de clientes internos, % Observaciones Levantadas, desviación de costos entre lo planificado y lo real, toneladas programadas realizadas en fecha, accidentes con pérdida de tiempo, condiciones inseguras, materia prima con oxidación y materia prima puesta en observación.

- Los factores significativos que inciden en la productividad son: Personal capacitado, clima laboral, desviación de paradas programadas para mantenimiento preventivo, pérdida metálica, % observaciones levantadas. A continuación, en la Figura 21 se muestra el % de Personal Capacitado (X1).

Figura 21.

% Personal Capacitado (X1)

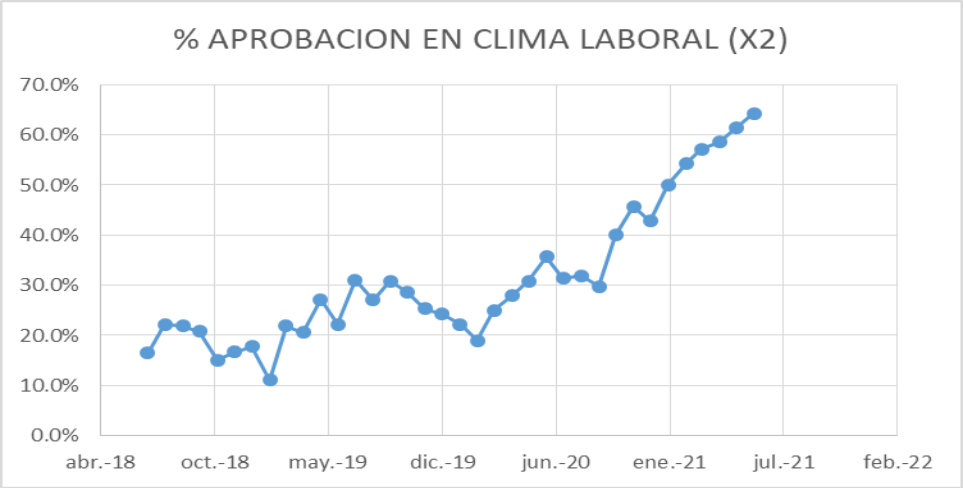


Nota: Elaboración Propia (2023)

A continuación, en la Figura 22 se muestra el % de Aprobación en Clima Laboral (X2).

Figura 22.

% Aprobación en Clima Laboral (X2)



Nota: Elaboración Propia (2023)

A continuación, en la Figura 23 se muestra el % Desviación de Paradas Programadas para Mantenimiento Preventivo (X3).

Figura 23.

% Desviación de Paradas Programadas para Mantenimiento Preventivo (X3)

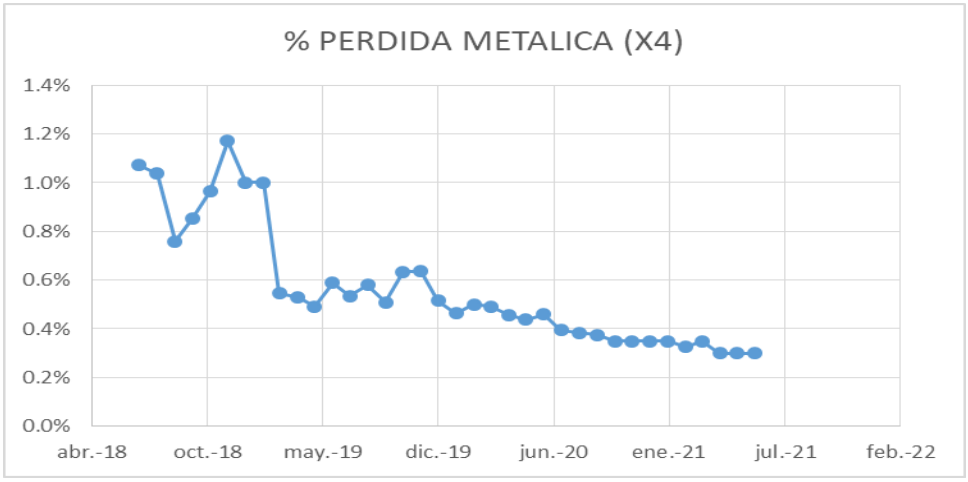


Nota: Elaboración Propia (2023)

A continuación, en la Figura 24 se muestra el Porcentaje de Pérdida Metálica (X4)

Figura 24.

% Perdida Metálica (X4)



Nota: Elaboración Propia (2023)

A continuación, en la Figura 25 se muestra el Porcentaje de Reclamo de Clientes (X5).

Figura 25.

% Reclamo de Clientes (X5)

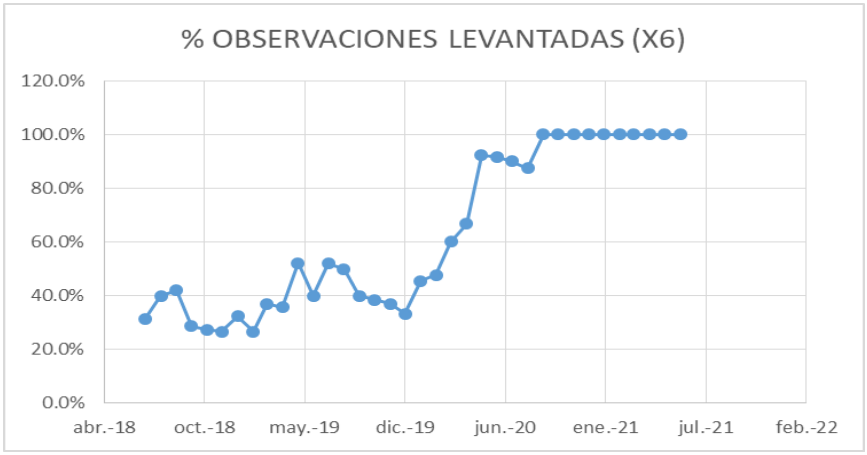


Nota: Elaboración Propia (2023)

A continuación, en la Figura 26 se muestra el Porcentaje de Observaciones Levantadas (X6).

Figura 26.

% Observaciones Levantadas (X6)

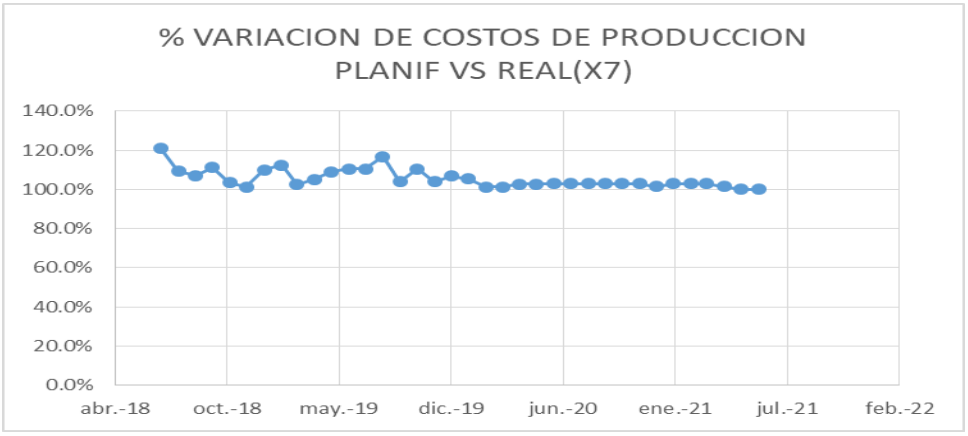


Nota: Elaboración Propia (2023)

A continuación, en la Figura 27 se muestra el Porcentaje de Variación de Costos de Producción Planificada vs Real (X7).

Figura 27.

% Variación de Costos de Producción Planificada vs Real (X7)



Nota: Elaboración Propia (2023)

- Aumentamos el conocimiento del personal sobre los equipos y procesos.

- Eliminamos gran parte de los despilfarros existente en nuestra planta industrial, ahorrando tiempos en cambio de proceso, consumo de aceite y evitando pérdidas metálicas.

- Creamos capacidades competitivas desde los procesos industriales, buscando que los colaboradores sean dueños del proceso (producción y mantenimiento).

-Optimizamos y mejoramos el clima laboral en la Planta de Tubos.

-Bajamos los costos, siendo más competitivos y rentables en el mercado.

-Logramos un mejor ambiente laboral, con instalaciones limpias, ordenadas y estandarizadas.

-Reducimos paradas no programadas por diferentes motivos, ya sean comunicativas u operativas.

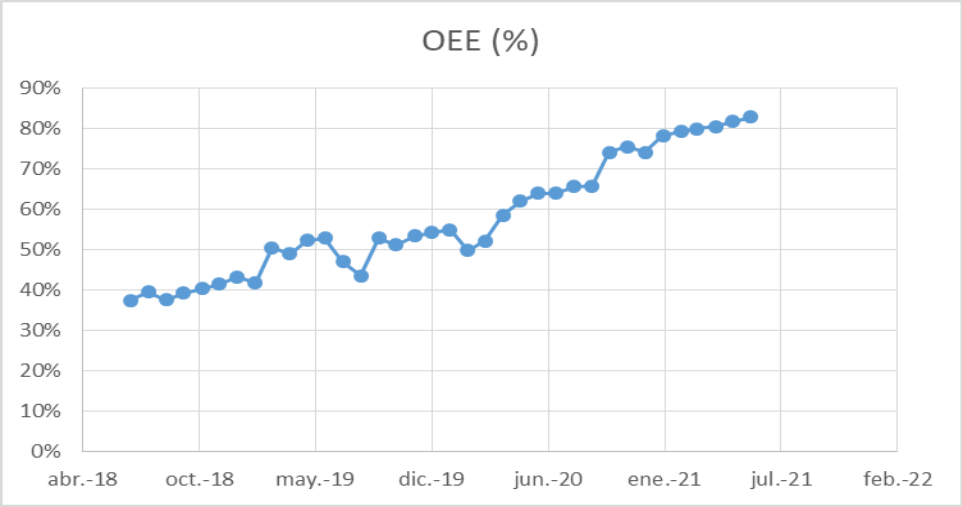
- Se logró cumplir el objetivo general de mejorar la productividad, usando la prueba estadística 2T o Mann Whitney.

- La eficiencia Operativa de los equipos (OEE) mejoro de un 37.43% a un 82.74% demostrando que la implementación del Mantenimiento Autónomo fue determinante para obtener estos resultados.

A continuación, en la Figura 28 se muestra El Porcentaje de OEE x Mes.

Figura 28.

% OEE



Nota: Elaboración Propia (2023)

5.2 RECOMENDACIONES

- Se tuvo participación de varios grupos de interés (stakeholders), para los cuales no se presentará el detalle de actividades paralelas realizadas en busca de lograr el objetivo.

- El presente trabajo aplica para todos los rubros, teniendo como recomendación adecuarlo a la realidad de la industria a aplicar.

- Para poder obtener los resultados esperados, es bueno ser paciente, ya que es un proceso prolongado.

- Proponemos que para poder alcanzar gran impacto es necesario capacitar a todos los empleados de todos los niveles, seguros de que el Mantenimiento Autónomo no es “el programa del mes", sino un compromiso de los altos niveles gerenciales.

- Para mantener los objetivos y políticas del Mantenimiento Autónomo se tiene que comprometer a los colaboradores con el cambio de mentalidad y enfocarse a mejorar continuamente.

- Para poder garantizar un correcto crecimiento en el mantenimiento autónomo es necesario aplicar el PDCA, poniendo más énfasis en la planificación ya que los resultados posteriores serán el reflejo de esta.

- Recomendamos equilibrar cargas de responsabilidades en los diferentes sistemas de gestión, ya que constantemente los colaboradores de operación se quejan de no realiza las tareas del mantenimiento autónomo porque también tiene que cumplir con otras tareas asignadas.

-Para garantizar cubrir la falta de conocimientos técnicos por parte del personal de operación, es recomendable monitorear con exámenes de conocimientos que permitan programar cursos que sean imprescindibles.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anticona Chicama, R. F. y Quiroz Cabañas, E. (2017). *Implementación de la metodología de mantenimiento progresivo para mejorar la productividad en la planta de producción de pañales Procter & Gamble, 2013-2015. Lima.* Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería Industrial.

Armendola, M. (2016). *Modelos mixtos en la gestión del mantenimiento, Departamento de Proyectos de Ingeniería e Innovación, Universidad Politécnica de Valencia.* Valencia, España: Editorial PMM Institute For Learning

Banco Mundial (11 de enero del 2022). *El crecimiento mundial se desacelerará hasta el 2021, lo que contribuirá al riesgo de un aterrizaje brusco en las economías en desarrollo.* https://www.bancomundial.org/es/news/pressrelease/2022/01/11/global-recovery-economics-debt-commodity-inequality

Beltrán, J. (2016). *Indicadores de gestión*. España: 3R Panamericana.

Bermejo, J. (2019). *Lean manufacturing para la mejora del proceso de fabricación de calzado para damas*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Recuperado de :http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/10588/Bermejo_dj.pdf?sequence= 1&isAllowed=y

Bernández, M. (2020). *Desempeño humano*. España: Global Business Press.

Bogan, C. (2020). *Benchmarking for best practices.* México: McGraw-Hill.

Burga, J. E. (2005). *Implementación del TPM en la zona enderezadora de aceros Arequipa*. Piura: Universidad de Piura.

Carreira, B. y Trudell, B. (2006). *Lean six Sigma That Works*. AMACOM.

Confemental (Ed.), *Capacidad de procesos* (pp. 340-343). Madrid, España. Extraído el 28 de julio del 2010 desde http://books.google.com.pe/books?id=qwumngQPLmUC&pg=PA172&dq=centramiento+cpk&hl=es&ei=359STPLnCIKC8gavyrH8BA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCcQ6AEwAA#v=snippet&q=%CF%83&f=false

Clará Díaz, O. A., Domínguez De Paz, R. A. y Pérez Medrano, E. A. (2013) *Sistema de gestión de mantenimiento productivo total para talleres automotrices del sector público. El Salvador*. Universidad de El Salvador. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela de Ingeniería Industrial.

Cuesta, A. (2018). *Revolución de la producción*. Madrid: Tecnologías de gerencia y producción S.A.

Cuesta, A. (2018). *Sistema de producción de toyota desde el punto de vista de la ingeniería.* Madrid: Tecnologías de gerencia y producción S.A.

Datascope (4 de enero del 2021) *Niveles de Mantenimiento: Factor clave para las estrategias de las empresas*. https://datascope.io/es/blog/niveles-de-mantenimiento-factor-clave-para-la-estrategia-de-las-empresas/

Dorbessan, J. (2019) *Las 5S herramientas de cambio.* Argentina: Editorial Universitaria de la UTN de Argentina.

Duffuaa, S. (2019). *Como incrementar la competitividad del negocio mediante estrategias para gerenciar el mantenimiento*. Venezuela: Soluciones integrales corporativas.

Eckes, G. (2015). *Sig sigma. En fundación confemental (Ed.), Capacidad de procesos* (pp. 340-343). Madrid, España.

Estrada Huamán, M. Y. (2017) *Aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la productividad en el área de mantenimiento en la empresa Corporación Logística & Transporte S.A.C., Lima 2016*. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Industrial. Universidad Cesar Vallejo.

Flores, J. M. (2012). *Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de fideos en una empresa de consumo masivo mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta. Lima*.

Forbes (14 de abril del 2022). *Demanda Mundial de Acero crecerá apenas 0.4% en 2022 según WorldSteel*. https://www.forbes.com.mx/demanda-mundial-de-acero-crecera-apenas-0-4-en-2022-segun-worldsteel/

Galgano, A. (2021). *Los siete instrumentos de la calidad total*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

Garcia, S. (2021). *Sistemas de mantenimiento: Planeación y control*. Ciudad de México: México, México: Limusa.

Gerdau (15 de febrero del 2022) *Gerdau en Latinoamérica* https://www.siderperu.com.pe/conocenos/perfil-gerdau

George, M. (2018). *Lean Six Sigma for Service: How to Use Lean Speed ans Six sigma Quality to Improve Services and Transactions.* New York: McGraw-Hill.

Gutiérrez Garza, G. (2000). *Justo a Tiempo y Calidad Total, Principios y Aplicaciones* (5ta ed.) Ediciones Castillo S. A. de C. V., Monterrey, Nuevo León, México, 2000

Hernández, F. y Baptista (2021). *Tipos de investigación* (4ta ed.). México: McGraw Hill.

Hernández, S. (2021). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw.

Jaffe, D. (2017). *Como crear* empowerment. México: Iberoamericana.

Kardex, A. & Nascif, J. (2002). Mantenimiento: Función estratégico. Brasil: Rio.

Jima Solano, C. A. (2015). *Diseño de un sistema integral de mantenimiento y seguridad industrial de las instalaciones y equipos del centro de la madera de*

la Universidad de Loja. *Loja. Ecuador.* Universidad Nacional de Loja. Área de la Energía, Las Industrias. Carrera de Ingeniería Electromecánica.

Levin, R. y Rubin, D. (2016). *Estadística para administración y economía*. En pearson educación (Ed.). Naucalpan de Júarez, México.

Maldonado, G. (2017). *Herramientas y técnicas* lean manufacturing *en sistemas de producción y calidad.* México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Martínez, M. (2015). *La gestión empresarial: Equilibrando objetivos y valores* (2da ed.). México: Diaz de Santos.

Martínez Sánchez, I. (2009) *Diseño de un modelo para aplicar el mantenimiento productivo total a los sectores de bienes y servicios.* México D. F.: Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Novus (3 de Setiembre del 2021) Como calcula el OEE en la Fabrica https://www.novus.com.br/blog/como-calcular-el-oee-de-mi-fabrica-con-nuestra-hoja-de-calculo-sera-mas-facil/?lang=es

Prodwareblog (3 de mayo del 2018) *5 Niveles de Mantenimiento.* https://blog.prodware.es/niveles-mantenimiento-pasar-postura-reactiva-proactiva/#.YmycP9rMI2x

Rey, F. (2016). *Técnicas de resolución de problemas: Criterios de resolución de problemas criterios a seguir en la producción y mantenimiento* (2da ed.). España: Madrid.

Rey, F. (2016). *Manual del mantenimiento integral en la empresa*. España: Mundoprint.

Rojas Rangel, M. F. (2011) *Implementación de los pilares TPM (Mantenimiento Productivo Total de mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo, la planta de producción OFIXPRES S.A.S.* Bucaramanga. Colombia. Universidad Pontificia Bolivariana. Escuela de Administración e Ingenierías. Facultad de Ingeniería Industrial.

Rumbo Minero (27 de abril del 2021). *Producción de acero aumentó 15.2% a nivel mundial*.https://www.rumbominero.com/peru/noticias/internacionales/produccion-de-acero-aumento-15-2-a-nivel-mundial-en-marzo/

Sánchez, J. (2021). *Análisis de rentabilidad de la empresa*. España: 5Campus.

Shingo, S. (2022). *Revolución en la producción: El sistema smed*. España: Tecnología de Gerencia y Producción.

Siderperu (29 de marzo de 2022) *Historia de Siderperu*, https://www.siderperu.com.pe/

Tamayo, M. (2020). *El proceso de la investigación.* España: Editorial Madrid.

Toapanta Castro, J. C. (2015) *Mejoramiento de la producción de la empresa MIGPLAS de la ciudad de Guayaquil en el área de extrusión aplicando plan de mantenimiento autónomo basado en la filosofía TPM*. Guayaquil. Ecuador: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial.

Valencia Chaupis, S. L. (2016) *Aplicación del mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la productividad en la línea de fabricación de hilos acrílicos de la empresa de hilados CHEVIOT E.T.R.L., San Juan de Lurigancho 2016. San Juan de Lurigancho. Lima*. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Industrial. Universidad Cesar Vallejo.

Vigo, F. y Astocaza, R. (2013). *Análisis y mejora de procesos de una línea procesadora de bizcochos empleando manufactura esbelta*. Lima.

Wagner, A. (19 de abril del 2022). *Consumo de Acero en Latam aumentó 26,6% en 2021 y espera baja de 2,1% para 2022.* https://www.larepublica.co/empresas/consumo-de-acero-en-latam-aumento-266-en-2021-y-espera-baja-de-21-para-2022-3345452

VII. ANEXOS

ANEXO 1.- ENTREVISTA DE MANTENIMIENTO

Anexo 1.

Entrevista Situación Actual del Mantenimiento en la Planta de Tubos. Nota. Datos Tomados Siderperu (2021)

PLANTA DE TUBOS DE SIDERPERU - GERDAU

La presente entrevista tiene como objetivo conocer de parte de ustedes, datos relevantes del estado actual de la Gestión del Mantenimiento en la Planta, los datos serán utilizados de manera referencial a la elaboración de planes de mejora, por lo que le solicitamos su colaboración.

1. ¿Para mantener a las Tuberas operativas se utiliza algún plan de mantenimiento?	SI	NO
Otro motivo: _____		
2. ¿Usted está de acuerdo que con el uso de un plan adecuado de mantenimiento que facilite las tareas, cumpliendo en tiempos determinados los procesos; haciendo un trabajo de calidad?	SI	NO
Otro motivo: _____		
3. ¿Se tiene las herramientas y equipos necesarios para los trabajos que se ofrecen en la Planta de Tubos?	SI	NO
Otro motivo: _____		
4. ¿Las herramientas y equipos se encuentran ordenados de manera tal que facilita su búsqueda e identificación inmediata?	SI	NO
Otro motivo: _____		
5. ¿Ud. tiene a disposición un lugar de información a donde recurrir a buscar apoyo técnico en caso de presentarse fallas desconocidas?	SI	NO
Otro motivo: _____		
6. ¿El personal hace uso de accesorios de seguridad y sus instalaciones tienen	SI	NO

identificadas las zonas de peligro?		

Otro motivo: _____

7. ¿Se maneja algún plan para la recolección de desechos sólidos y lubricantes por parte de los colaboradores de la Planta?	SI	NO

Otro motivo: _____

8. ¿Reporta ruidos y vibraciones anormales?	SI	NO

Otro motivo: _____

9. ¿Aprieta las tuercas de los tornillos que estén flojos?	SI	NO

Otro motivo: _____

10. ¿Limpia el exterior de la carátula de los termómetros que indican la temperatura del aceite, para que sea visible la lectura en todo momento?	SI	NO

Otro motivo: _____

11. ¿Lubrica los acoplamientos cuando exista un paro de máquina?	SI	NO

Otro motivo: _____

12. ¿Quita la manguera para repararla y corregir la fuga de lubricación?	SI	NO

Otro motivo: _____

13. ¿Limpia por fuera componentes, tuberías, tapas, tanque de aceite?	SI	NO

Otro motivo: _____

14. ¿Verifica si la temperatura del aceite está dentro de lo establecido?	SI	NO

Otro motivo: _____

15. ¿Retira la chatarra acumulada alrededor de la tubera?	SI	NO

Otro motivo: _____

ANEXO 2.- DEFINICIONES ESTADISTICAS

CENTRAMIENTO Cpk

En los casos en los que no se pueda suponer que el proceso está centrado en el nominal, el índice de capacidad a utilizar es el Cpk. Su expresión de cálculo es:

Ec. 1

$$Cpk = \text{menor}\left[\frac{LTS - \bar{x}}{3\sigma}, \frac{\bar{x} - LTI}{3\sigma}\right]$$

Dónde:

LTS = Límite de Tolerancia Superior

LTI = Límite de Tolerancia Inferior

σ = Desviación típica del proceso

Siempre se cumple que:

El índice Cpk siempre es igual o menor que el índice Cp.

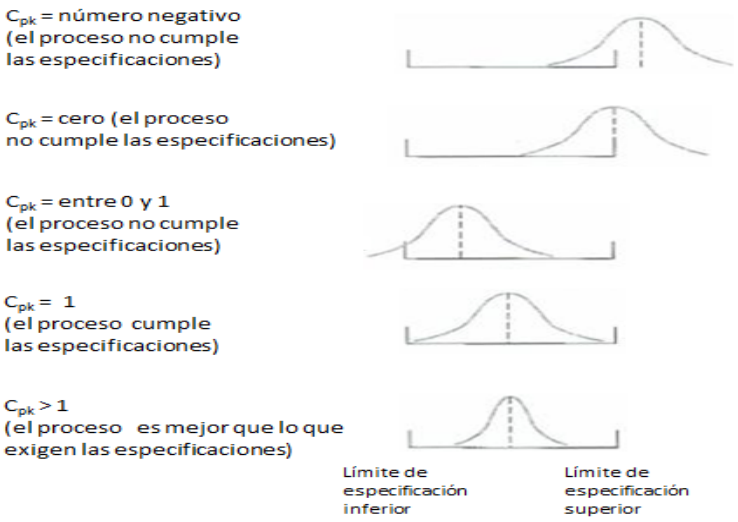
Cuando el proceso se encuentra centrado, Cpk=Cp.

Cuanta más diferencia exista entre Cp y Cpk, mayor será el descentrado del proceso (Gómez, Vilar & Tejero, 2003).

A continuación, en la Figura 30 se muestra el Centramiento Cpk.

Figura 29.

Centramiento Cpk.



Nota: Elaboración Propia (2023)

CORRELACIÓN

Es la fuerza de asociación entre 2 variables.

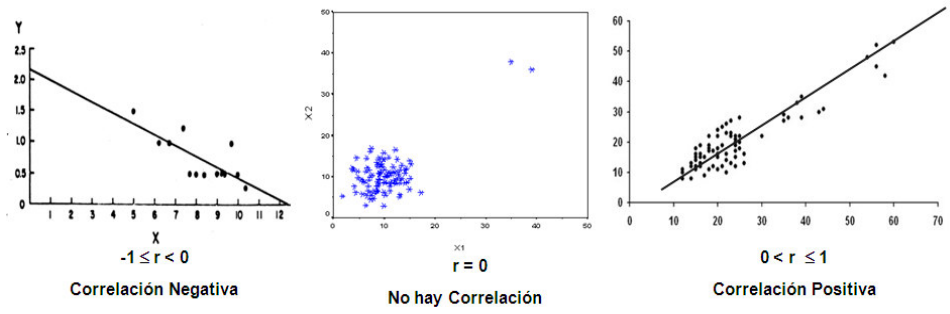
Se mide con el coeficiente de Pearson (r), cuánto más cerca esté el coeficiente de correlación de Pearson a –1 o 1, hay más probabilidad de correlación.

$$-1 \leq r \leq 1$$

A continuación, en la Figura 30 se muestra la Probabilidad de Correlación.

Figura 30.

Correlación. Nota. Datos tomados de Levin & Rubin (2016)



Nota: Elaboración *Levin & Rubin (2016)*

DEFECTO POR MILLON DE OPORTUNIDADES (DPMO)

El DPMO, se determina a través de la fórmula 1:

$$\text{Dpmo} = \frac{\text{Número de defectos x 1 000 000}}{\text{Número de unidades producidas x Número de oportunidades}} \quad \text{Ec. 2}$$

Número de defectos: Número de errores que han llegado al cliente (interno o externo) o que se han producido internamente (Eckes, 2015)

El resultado DPMO y porcentaje de calidad tiene una equivalencia con el nivel sigma de calidad del proceso mostrada en la Tabla 24. Mejorar el sigma requiere reducción exponencial en defectos.

TABLA 24

Relación DPMO con el porcentaje de Calidad y Nivel Sigma.

.

Nivel sigma	DPMO	Porcentaje de defectos	Porcentaje de rendimiento
1	691 462	69,00	31.00000
2	308 538	31,00	69.00000
3	66 807	6,70	93.30000
4	6 210	0,62	99.38000
5	233	0,02	99.97700
6	3,4	0,00	99.99966

Nota. Elaboración Propia (2023)

HIPÓTESIS NULA

Hipótesis o suposición respecto al parámetro de población que deseamos probar antes de tomar la muestra y se simboliza por Ho: H sub-cero (Levin & Rubin, 2016).

HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Conclusión que aceptamos cuando los datos no respaldan la hipótesis nula, cuyo símbolo es H1: H sub-uno (Levin & Rubin, 2016).

INDICE DE CAPACIDAD DEL PROCESO (Cp)

El índice de capacidad del proceso es cuando se comparan la variabilidad natural y la variabilidad especificada, como se muestra en el Ecuación 4 (Gómez, Vilar & Tejero, 2003).

$$Cp = \frac{\text{Variabilidad Especificada}}{\text{Variabilidad Natural}} = \frac{LTS - LTI}{6\,\sigma} \qquad \text{Ec. 3}$$

Donde:

LTS = Límite de Tolerancia Superior

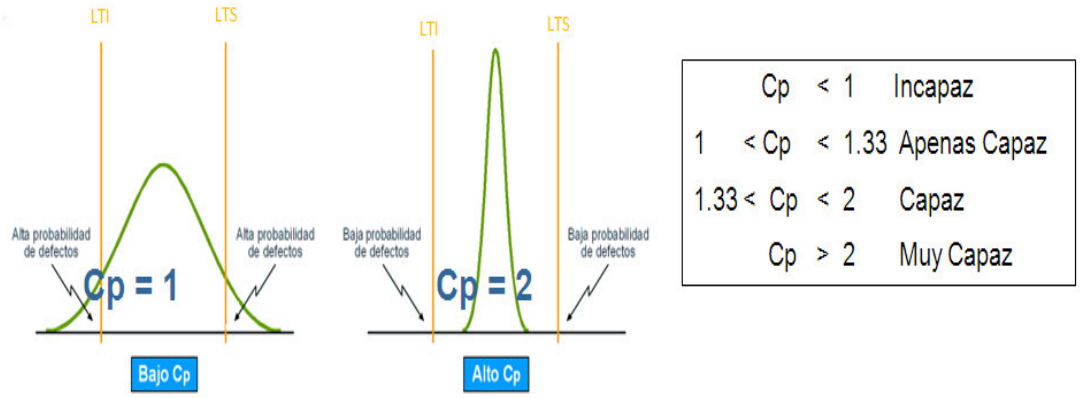
LTI = Límite de Tolerancia Inferior

σ = Desviación típica del proceso

A continuación, en la Figura 33 se muestra el Índice de Capacidad Cp.

Figura 31

Índice de capacidad Cp.



Nota. Datos adaptados de Gómez, Vilar & Tejero, 2003

Prueba de hipótesis de una sola muestra: *One sample t*

Es un ensayo que compara la media de una muestra respecto a un valor conocido. Por lo general el valor conocido es la media poblacional. (Levin & Rubin 2016). A continuación, en la Figura 34 se muestra la Prueba de One Sample T.

Figura 32.

Prueba One Sample T.

Prueba	t (One Sample t)
Estadísticot	$= \frac{X- \mu}{s / \sqrt{n}}$
Hipótesis Nula	$H0: \mu = \mu 0$
Hipótesis Alterna	
$Ha: \mu < \mu 0$;	$t < t \alpha, n-1$
$\mu > \mu 0$;	$t > t \alpha, n-1$
$\mu \neq \mu 0$;	$\lvert t \rvert > t \alpha/2, n-1$

Ec. 4

Prueba de hipótesis de dos muestras: *Two sample t*

Es un ensayo que se utiliza para comprar dos medias muéstrales, la variable independiente es el nivel de los datos nominales y la variable dependiente es intervalo / nivel de relación. (Levin & Rubin 2016). A continuación, en la Figura 35 se muestra la Prueba de Two Sample.

Figura 33.

Prueba Two Sample *T.*

Prueba	t (Two Sample t)
Estadísticot	$= \frac{\mu 1- \mu 2}{\sqrt{(s1^2/n1 - s2^2/n2)}}$
Hipótesis Nula	$H0: \mu 1 = \mu 2$
Hipótesis Alterna	
$Ha: \mu 1 < \mu 2$;	$t < t \alpha, n-1$
$\mu 1 > \mu 2$;	$t > t \alpha, n-1$
$\mu 1 \neq \mu 2$;	$\lvert t \rvert > t \alpha/2, n-1$

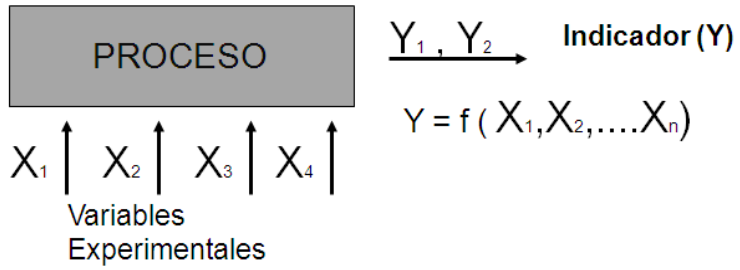
Ec. 6

Regresión

La regresión determina el modelo matemático que relaciona las variables X con la Y. A continuación, en la Figura 34 se muestra la Xi, son la que se han obtenido después de la prueba de hipótesis de correlación (Levin & Rubin, 2016).

Figura 34.

Regresión.



Los modelos matemáticos pueden ser :	
$Y = \beta_0 + \beta_1 X$	Lineal
$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2$	Cuadrático
$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3$	Cúbico
$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \beta n Xn)$	Lineal múltiple

Nota. Datos adaptados de Levin & Rubin (2016)

ANEXO 3.- IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Estimados colaboradores.

En esta oportunidad queremos anunciarles la implementación de un sistema integral de mejora llamado mantenimiento autónomo. Y ¿Que es el Mantenimiento Autónomo? Es un sistema que nos servirá para reducir costos y aumentar la productividad de nuestra Planta, para lograr esto necesitamos el compromiso de todos ustedes para conseguir la meta indicada.

Realizando esta implementación aumentaremos nuestras utilidades y Uds. saben que eso significa ingreso económico a nuestros hogares. Así que muchachos pongámosle ganas y llegaremos a cumplirla, trabajando en equipo, ayudándonos mutuamente para conseguir todo lo planeado.

A.- PASO 1.- Limpieza inicial

El primer paso que consiste en limpiar todo el polvo y basura de los equipos se realizó paralelamente a la implementación de la filosofía de las 5S en la planta de producción. Es aquí donde Levantamos las Observaciones de 5S que se tienen, las mismas se ven reflejadas en el % Observaciones Levantadas (X6).

Si bien en un comienzo se busca Organizar, Ordenar y Limpiar, a medida que el sistema camine se buscará las 2 últimas S que son estandarizar y Mantener. Las mismas se verán reflejadas en la estandarización de la rutina del operador de máquina, el cuál garantizará el normal flujo de producción en las líneas.

Teniendo los equipos e instalaciones en las condiciones óptimas de uso, se puede continuar con el paso 2.

B.- PASO 2.- Medidas contra las fuentes de averías

Como medidas contra las fuentes de averías debemos evaluar la correcta administración temprana buscando catastrar los equipos que son más críticos.

Los ítems para evaluar para obtener la criticidad serán debido a seguridad, medio ambiente, producción y costos de mantenimiento.

Tabla 25.

Listado de equipos crítico

EQUIPOS CRITICOS - PLANTA TUBOS								
IT	EQUIPOS	AFECTA				RESULTADOS		
		Seguridad	Medio Ambiente	Producción	Costos de mantto.	CLASE	PUNTAJE	Prioridad
1	Subestación	5	5	5	3	A	18	1
2	Sistema de Soldado de Tuberas	5	1	5	5	A	16	2
3	Sistema de corte de Tuberas	5	1	5	5	A	16	2
4	Sistema de acabado de Tuberas	5	1	3	5	A	14	3
5	Sistema de Alimentación de Tuberas	5	1	5	3	A	14	3
6	Sistema de Formado de Tuberas	5	1	3	5	A	14	3
7	Sistema de Refrigeración de Tuberas	3	1	5	3	A	12	4
8	Torre de enfriamiento	3	1	5	3	A	12	4
9	Prueba Hidrostática	5	3	3	1	A	12	4
10	Sistema de impresión de Tuberas	3	1	3	3	A	10	5
11	Grúa Tubos	5	1	3	1	A	10	5
12	Roscadoras	3	3	3	1	B	10	5
13	Enderezadora	3	3	3	1	B	10	5
14	Sistema de descarga de Tuberas	3	1	3	1	B	8	6
15	Compresora Ingersold	3	1	3	1	B	8	6

16	Compresora Atlas Copco	3	1	3	1	B	8	6

Áreas afectadas		Criterios de evaluación de los equipos y su ponderación	
1	Afecta la seguridad	5	Causa fatalidad o accidentes serios que provocan incapacidad o salud Irreversible
		3	Efectos nocivos para la salud de una o varias personas
		1	Efectos leves para la salud
2	Afecta el medio ambiente	5	Daños a largo plazo esparcidos en el ambiente
		3	Perturbación ecológica de baja duración
		1	No afecta el medio ambiente
3	Afecta a la producción del producto	5	Afecta a la calidad y/o el cumplimiento mensual del programa de producción. (no recuperable -24Hrs)
		3	Afecta al producto y/o calidad para el cliente interno, (recuperable)
		1	No afecta la producción o especificación del producto
4	Afecta a los Costos de mantenimiento	5	Genera un coste de mantenimiento igual o superior al 25% del coste mensual de mantenimiento ($14,000)
		3	Genera un coste de mantenimiento entre un 2% y un 25% del coste mensual de mantenimiento ($1,200)
		1	No afecta significativamente el costo de mantenimiento

Leyenda:	
Equipos Críticos	A
Equipos Importantes	B
Equipos No Importantes	C

Nota: Elaboración Propia (2023)

C.- PASO 3.- Formulación de estándares de limpieza y lubricación.

Para poder diferenciar las labores que harán los colaboradores de producción respecto de mantenimiento se trabajará con Tarjetas de Registro de Datos, estas servirán para que no se creen dobles funciones, posteriormente se definirán los perfiles de ambos colaboradores.

LOS REGISTROS EN ETIQUETAS

Las anomalías encontradas en la utilización del check list periódico (Rutina de Inspección del MA), como también las que son identificadas informalmente, se

registran utilizando etiquetas. Estas etiquetas, posteriormente serán, vía computadora, incluidas en una BASE DE DATOS.

Las etiquetas azules son utilizadas para registrar anomalías que normalmente son subsanadas por los propios Operadores. Las etiquetas rojas son utilizadas para registrar anomalías que normalmente son solucionadas por los Mantenedores. Solamente los Operadores registran las anomalías en el Mantenimiento Autónomo. A continuación, en la Figura 35 se muestra las Etiquetas del Mantenimiento Autónomo.

Figura 35.

Etiquetas Mantenimiento Autónomo



Nota: Elaboración Propia (2023)

PROGRAMA DIARIO DE MANTENIMIENTO AUTONOMO

Con esta información recopilada del historial de las máquinas tuberas se procede a realizar el Programa de Mantenimiento Autónomo. A continuación, en la Figura 38 se muestra el Programa de Mantenimiento Autónomo.

PROGRAMA DIARIO DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

SEMANA NRO

OPERADOR 1ER T _____ FICHA

OPERADOR 2DO T _____ FICHA

OPERADOR 3ER T _____ FICHA

1 ER TURNO

LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO	
TAREA	ST	TAREA	ST	TAREA	ST	TAREA	ST	TAREA	ST	TAREA	ST
ATUBO - I - 001 - F1		ATUBO - I - 001 - F2		ATUBO - I - 001 - F3		ATUBO - I - 001 - F4		ATUBO - I - 001 - F5		ATUBO - L - 016 - TH	
ATUBO - L - 002 - F1		ATUBO - L - 002 - F2		ATUBO - L - 002 - F3		ATUBO - L - 002 - F4		ATUBO - L - 002 - F5		ATUBO - L - 002 - F6	
ATUBO - L - 012 - LFAD		ATUBO - L - 010 - AD		ATUBO - L - 014 - TH		ATUBO - I - 015 - TH		ATUBO - L - 016 - TH		ATUBO - L - 017 - UN	
ATUBO - I - 013 - EM		ATUBO - I - 011 - AD									

2 DO TURNO

LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO	
TAREA	ST	TAREA	ST	TAREA	ST	TAREA	ST	TAREA	ST	TAREA	ST
ATUBO - I - 003 - F1		ATUBO - I - 003 - F2		ATUBO - I - 003 - F3		ATUBO - I - 003 - F4		ATUBO - I - 001 - F5		ATUBO - I - 003 - F6	
ATUBO - I - 003 - S1		ATUBO - I - 003 - S2		ATUBO - I - 003 - S3		ATUBO - C - 005 - F1/2		ATUBO - L - 005 - F2/3		ATUBO - C - 005 - F4/5	
ATUBO - C - 005 - F6/5		ATUBO - C - 006 - F1/2		ATUBO - L - 006 - F2/3		ATUBO - L - 006 - F3/4		ATUBO - L - 006 - F5/6		ATUBO - C - 006 - FOG	
ATUBO - L - 018 - LFLR		ATUBO - R - 018 - SC		ATUBO - I - 020 - SC		ATUBO - R - 021 - SC		ATUBO - I - 024 - TH			

3 ER TURNO	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO	
	TAREA	ST	TAREA	ST	TAREA	ST	TAREA	ST	TAREA	ST	TAREA	ST
	ATUBO - I - 003 - S1		ATUBO - I - 003 - S2		ATUBO - I - 003 - S3		ATUBO - C - 006 - LS1-2		ATUBO - C - 006 - LS2-3		ATUBO - I - 025 - WB	
	ATUBO - C - 005 - LS1/2		ATUBO - I - 005 - LS2/3		ATUBO - C - 005 - L3/4		ATUBO - C - 008 - LS1-2		ATUBO - C - 008 - LS3-4		ATUBO - L - 023 - WB	
	ATUBO - L - 004 - PS1		ATUBO - I - 004 - PS2		ATUBO - L - 004 - PS3		ATUBO - I - 009 - TH				ATUBO - I - 027 - WB	
	ATUBO - L - 026 - TH		ATUBO - L - 028 - WB									

SR: Status = Estado Final de máquina

Máquina conforme

No conforme
(Colocar un nro. correlativo y justificar la no ejecución o alguna observación)

C	Nombre	Ficha	Causa	Acción correctiva	Quien	Cuando	Estado

Figura 36.

Programa diario de Mantenimiento Autónomo

D.- PASO 4.- Verificación global

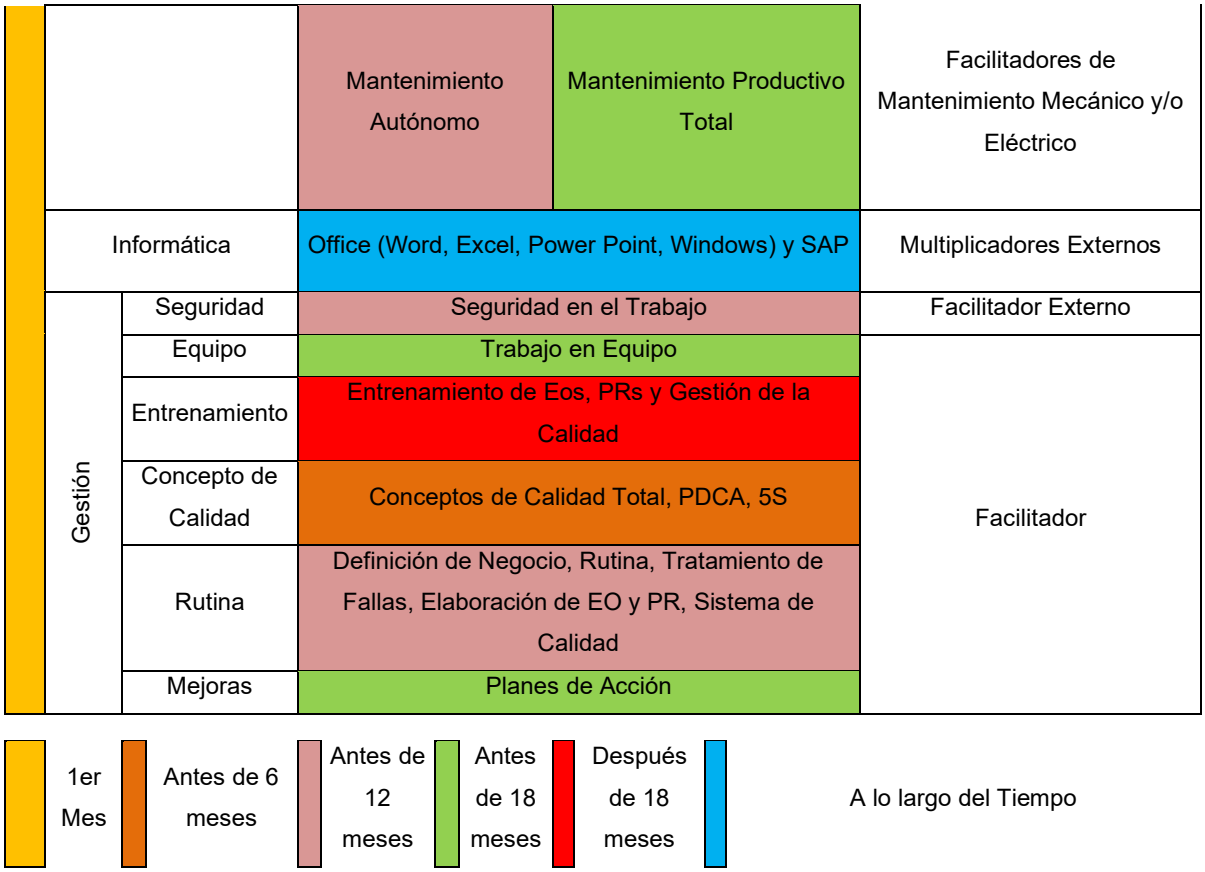
En esta etapa se analiza la realidad de la organización, se propondrá como base de ordenamiento el trabajo para las capacitaciones la siguiente Matriz, buscando mejorar las habilidades duras de los colaboradores y que se vean reflejadas en el indicador de **% Personal Capacitado (X1).** A continuación, en la Figura 37 se muestra la Matriz de Entrenamiento y Capacitaciones.

Figura 37.

Entrenamiento y Capacitaciones

HABILIDADES / CONOCIMIENTOS

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">PERFIL</td><td colspan="2">OPERACIÓN</td><td colspan="2">MANTENIMIENTO</td><td rowspan="2">RESPONSABLE DE SOPORTE Y ORIENTACIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="2">OPERACIÓN ESPECIALIZADA</td><td>MEC / ELEC</td><td>ESPECIALIZACIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">Potencial para aprender
Voluntad para Aprender
Trabajo en Equipo</td><td colspan="3">Iniciativa
Comprometidos
Dominio Técnico</td></tr>
<tr><td rowspan="5">HABILIDADES / CONOCIMIENTOS</td><td>Educación</td><td>Secundaria Completa</td><td>Técnicos</td><td>Técnicos</td><td colspan="2">Técnicos Especializados</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Integración</td><td colspan="4">General</td><td rowspan="3">Facilitador</td></tr>
<tr><td colspan="4">Especificación por Área (50 % en el Trabajo)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Proceso, Operación y Mantenimiento</td><td colspan="4">Especificación por Cédulas (100% en el Trabajo)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Nociones de Siderurgia</td><td rowspan="2">Facilitador/ Externo</td></tr>
<tr><td colspan="4">Especialización Conforme a la Función</td></tr>
<tr><td colspan="4">Especialización Conforme a la Función + Tareas Criticas</td><td rowspan="2">Operadores</td></tr>
<tr><td colspan="4">(Estándares de Operación, Estándares de Rutina, Calidad Total en el trabajo</td></tr>
</table>



E.- PASO 5.- Verificación autónoma

AUDITORÍA DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Mensualmente, las actividades del mantenimiento autónomo son auditadas. La auditoría es realizada bajo la coordinación del Facilitador de Operación y la participación del Facilitador de Mantenimiento, Padrino y Operadores. En algunas auditorías deben participar invitados de otras áreas. Son evaluados los ítems relacionados con el estado de los equipos y con los papeles de los involucrados en el proceso.

ÍTEMS EVALUADOS EN LA AUDITORÍA DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

- Limpieza y organización del local de trabajo.
- Estado general de la máquina.
- Herramientas del mantenimiento.
- Participación de los Operadores, Padrino, Facilitador y Gerencia.

INSPECCION GENERAL

- Con la Inspección General se establece el programa de mantenimiento periódico general para el departamento de mantenimiento, buscando mejorar el % de Desviación de Paradas Programadas para Mantenimiento Preventivo (X3).

- Hasta que la inspección general forme parte de los operarios se requerirá de la asistencia del Departamento de mantenimiento en forma continua.

- Se está desarrollando estándares para el equipo de forma que durante la fase de inspección autónoma puedan compararse con estándares de operación, buscándose una combinación apropiada de los mismos.

- A continuación, se detalla el programa de mantenimiento planificado anual.

ITEM	EQUIPO Y/O COMPONENTE	Especialidad	Descripción de Operación	Nº Ejecutores	Duración Operación (minutos)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	MOTOR DC TUBOS	ELECT	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR MEGADO DE MOTOR	2	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	LIMPIAR MOTOR CON SOLVENTE	2	20	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	SECAR MOTOR	2	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR ESTADO DE CARBONES	2	20	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR ESTADO DE RODAMIENTOS	2	30	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	LIMPIAR Y LIJAR COLECTOR	2	30	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR ESTADO DE CONEXIONES	2	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR Y REAJUSTAR BASES Y ACOPLES	2	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR MEGADO DE MOTOR	2	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	PROBAR MOTOR EN VACIO Y CON CARGA	2	10	X		X		X		X		X		X	
2	REPARACIÓN TARJETA PULSOS TUBOS	ELECT	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	1	10		X						X				
		ELECT	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	1	10		X						X				
		ELECT	DESCONECTAR TARJETA DE PULSOS	1	10		X						X				
		ELECT	REVISAR CIRCUITO DE TARJETA	1	30		X						X				
		ELECT	PRUEBAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS	1	30		X						X				
		ELECT	CAMBIO DE CIRCUITOS INTEGRADOS	1	30		X						X				
		ELECT	RESOLDAR CONEXIONES DE TARJETA	1	30		X						X				
		ELECT	PROBAR SEÑAL CON OSCILOSCOPIO	1	20		X						X				
		ELECT	MONTAJE DE TARJETA DE PULSOS	1	10		X						X				
		ELECT	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	1	10		X						X				
		ELECT	PRUEBAS DE TARJETA EN MAQUINA	1	10		X						X				
3	ROSCADORA TUBOS	ELECT	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10			X			X			X			X
		ELECT	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10			X			X			X			X
		MEC	REVISAR Y REALIZAR MTTO.	2	30			X			X			X			X
		ELECT	MTTO. A CONTACTORES,	2	20			X			X			X			X

		ELECT	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	2	10			X			X			X			X
		ELECT	PROBAR EQUIPO EN VACÍO Y CON CARGA	2	10			X			X			X			X
		MEC	DESARMAR BOMBAS Y CAMBIAR RODAMIENTOS	2	240					X							
4	PROBADORA HIDROSTÁTICA	MEC	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10	X			X			X			X		
		MEC	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10	X			X			X			X		
		MEC	REVISAR BOMBA DE PISTONES URACA	2	20	X			X			X			X		
		MEC	REVISAR ESTADO DE TUBERIAS	2	60	X			X			X			X		
		MEC	AJUSTAR CONEXIONES DE TUBERIAS	2	20	X			X			X			X		
		MEC	MTTO. A VÁLVULAS MANUALES	2	30	X			X			X			X		
		ELECT	MTTO. A CONTACTORES,	2	20	X			X			X			X		
		ELECT	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	2	10	X			X			X			X		
		ELECT	PROBAR EQUIPO EN VACÍO Y CON CARGA	2	10	X			X			X			X		
		MEC	MTTO. GENERAL A BOMBA	2	480		X										
5	COMPRESORA TUBOS	ELECT	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10			X						X			
		ELECT	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10			X						X			
		ELECT	MTTO. Y AJUSTE DE CONEXIONES	2	60			X						X			
		ELECT	LIMPIAR Y AJUSTAR TARJETAS ELRONICAS	2	60			X						X			
		ELECT	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	2	10			X						X			
		ELECT	PROBAR EQUIPO EN VACÍO Y CON CARGA	2	10			X						X			
6	SISTEMA CORTE	MEC	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10			X						X			
		MEC	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10			X						X			
		MEC	REAJUSTAR GUIAS VERTICALES DE BRONCE	2	60			X						X			
		MEC	REAJUSTAR PERNOS DE GUIAS VERTICALES	2	60			X						X			
		MEC	CAMBIAR BOCINAS DE BIELA	2	480			X						X			
		MEC	REAJUSTAR PERNOS DE BIELA	2	60			X						X			
		MEC	VERIFICAR HOLGURA ENTRE BOCINA	2	60			X						X			
		MEC	CALIBRAR DISCO DE FRICCION DE FRENO	2	120			X						X			
		MEC	LIMPIAR FERRODOS DE FRENO Y EMBRAGUE	2	120			X						X			
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE CAJA DE CORTE	2	240			X						X			
		MEC	MTTO Y/O CAMBIO DE ROTARY	2	120			X						X			
		ELECT	REVISAR Y REALIZAR MTTO. A CONTACTOS	2	60			X						X			
		ELECT	MTTO. DE ELROVÁLVULAS	2	60			X						X			

		ELECT	MTTO.A TABLERO DE MANDO DE CORTADORA	2	60			X					X				
		ELECT	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	2	10			X					X				
		ELECT	PROBAR EQUIPO EN VACÍO Y CON CARGA	2	10			X					X				
7	UNCOILLER TUBERAS	MEC	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10		X				X			X			
		MEC	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10		X				X			X			
		MEC	MTTO. Y REVISIÓN DE REGULADORES	2	120		X				X			X			
		MEC	REVISIÓN Y MTTO. DE SISTEMA DE FRENADO	2	120		X				X			X			
		MEC	MTTO. A VÁLVULAS DE UNCOILLER	2	120		X				X			X			
		MEC	MTTO. A ELROVÁLVULAS DE UNCOILLER	2	60		X				X			X			
		MEC	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	2	10		X				X			X			
		MEC	PROBAR EQUIPO EN VACÍO Y CON CARGA	2	10		X				X			X			
8	CAJAS TRANSMISIÓN FORMING	MEC	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10		X				X			X			
		MEC	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10		X				X			X			
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE SPROKES Y CADENAS	2	120		X				X			X			
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE EJES INFERIORES	2	240		X				X			X			
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE EJES SUPERIORES	2	240		X				X			X			
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE ACCESORIOS DE TREN	2	360		X				X			X			
		MEC	CAMBIAR RETENES DE CAJAS DE TRANSMISIÓN	2	240		X				X			X			
		MEC	CAMBIAR RODAMIENTOS Y BOCINAS	2	240		X				X			X			
		MEC	CAMBIAR RODAMIENTOS Y BOCINAS BOCAMAZA	2	240		X				X			X			
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE CHUMACERAS	2	180		X				X			X			
		MEC	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	2	10		X				X			X			
		MEC	PROBAR EQUIPO EN VACÍO Y CON CARGA	2	10		X				X			X			
9	CAJAS TRANSMISIÓN SEZING	MEC	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10		X				X			X			
		MEC	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10		X				X			X			
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE SPROKES Y CADENAS	2	120		X				X			X			
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE EJES INFERIORES	2	240		X				X			X			
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE EJES SUPERIORES	2	240		X				X			X			
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE ACCESORIOS DE TREN	2	360		X				X			X			
		MEC	CAMBIAR RETENES DE CAJAS DE TRANSMISIÓN	2	240		X				X			X			
		MEC	CAMBIAR RODAMIENTOS Y BOCINAS	2	240		X				X			X			
		MEC	CAMBIAR RODAMIENTOS Y BOCINAS BOCAMAZA	2	240		X				X			X			

		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE CHUMACERAS	2	180		X				X				X		
		MEC	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	2	10		X				X				X		
		MEC	PROBAR EQUIPO EN VACÍO Y CON CARGA	2	10		X				X				X		
10	SIST. HIDRÁULICO TUBERAS	MEC	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10				X						X		
		MEC	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10				X						X		
		MEC	CAMBIAR FILTROS DE TANQUE	2	120				X						X		
		MEC	MTTO. A VÁLVULAS REGULADORAS DE CAUDAL	2	180				X						X		
		MEC	MTTO. A CILINDROS Y/O CAMBIO DE SELLOS	2	240				X						X		
		MEC	MTTO. A ELECTROVÁLVULAS	2	120				X						X		
		MEC	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	2	10				X						X		
		MEC	PROBAR EQUIPO EN VACÍO Y CON CARGA	2	10				X						X		
11	INTERCAMBIADORES DE CALOR	MEC	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10				X						X		
		MEC	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10				X						X		
		MEC	DESMONTAR INTERCAMBIADOR DE CALOR	2	120				X						X		
		MEC	DESMONTAR INTERCAMBIADOR	2	120				X						X		
		MEC	LIMPIAR PLACAS DE INTERCAMBIADOR	2	480				X						X		
		MEC	LIMPIAR PLACAS DE INTERCAMBIADOR CALOR	2	480				X						X		
		MEC	REALIZAR ARMADO Y MONTAJE	2	240				X						X		
		MEC	REALIZAR MONTAJE DE INTERCAMBIADOR CALOR	2	240				X						X		
		MEC	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	2	10				X						X		
		MEC	PROBAR EQUIPO EN VACÍO Y CON CARGA	2	10				X						X		
12	TECLE ELÉCTRICO TUBOS	ELECT	REVISIÓN DE TEMPERATURA DE MOTOR	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE ESTADO DE CABLES DE TECLE	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE ESTADO DE BOTONERA DE MANDO	1	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE TENSIÓN ENTRE FASES	1	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE AISLAMIENTO DE MOTOR	1	15	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICACIÓN SENSORIAL DE VIBRACIÓN	1	10	X		X		X		X		X		X	
13	OSCILADOR THERMATOOL	ELECT	MEDIR CONTINUIDAD FLOW SWICHT	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	MEDIR CONTINUIDAD SWICHT TÉRMICO	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	MEDIR CONTINUIDAD SWICHT TÉRMICO KLIXON	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	MEDIR CONTINUIDAD FLOW SWICHT 3/4	1	5	X		X		X		X		X		X	

		ELECT	REVISAR CONDUCTIVIDAD DEL AGUA	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR POTENCIAL HIDROGENO	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR PPM DEL AGUA DESTILADA	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISAR FUGAS DE AGUA DESTILADA	1	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR CORROSIÓN CONECTORES	1	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR TEMPERATURA DEL AGUA	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	TEMPERATURA DE MANGUERAS NO CONDUCTIVAS	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN ESTADO DE MANGUERAS	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE FUGAS DE AGUA DESTILADA	1	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	LIMPIAR Y SECAR LA CABINA	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REAJUSTE DE ESPIRAS DE BOBINA DE CHOQUE	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	SEPARACIÓN ENTRE PLACAS 1/2"	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	MEDIR CAPACITANCIA, 20 O 25 UF	1	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	MEDIR AISLAMIENTO DE TRANSFORMADOR	1	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	MEDIR VALOR NOMINAL DE RESISTENCIA	1	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE ESTADO DE CABLES.	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REAJUSTE DE CONEXIONES ELÉCTRICAS	1	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	AJUSTE DE CONEXIÓN DE BOBINA DE SOLDADO	1	15	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	LIMPIEZA DE BOBINA DE SOLDADO	1	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	LIMPIEZA DE CABINA OSCILADORA	1	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN VOLTAJE DE FILAMENTO	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE CORRIENTE DE GRILLA	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE TENSIÓN DE PLACA < 13 KV.	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE FLUJO DE REFRIGERANTE	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE ESTADO DE BOBINA	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE PRESIÓN DE REFRIGERANTE	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE FLUJO DE REFRIGERANTE	1	5	X		X		X		X		X		X	
14	FUENTE PODER THERMATOOL	ELECT	REVISIÓN DE OHMIAJE DE CADA BLOQUE	1	15		X		X		X		X		X		X
		ELECT	AJUSTAR CONEXIONES DE BLOQUE	1	15		X		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISAR TEMPERATURA DE TIRISTORES	1	5		X		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISAR DESFASE ENTRE TIRISTORES	1	10		X		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISAR AISLAMIENTO DE TIRISTORES	1	20		X		X		X		X		X		X

		ELECT	REVISAR RESISTENCIA KÁTODO-GATE TIRISTOR	1	15		X		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISAR AISLAMIENTO RESPECTO A TIERRA	1	15		X		X		X		X		X		X
		ELECT	AJUSTE DE TERMINALES, CABLES	1	20		X		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISIÓN DE CONTINUIDAD FLOW SWICHT 3/4	1	5		X		X		X		X		X		X
		ELECT	LIMPIEZA Y AJUSTE DE TERMINALES	1	5		X		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISIÓN DE AISLAMIENTO RESPECTO	1	15		X		X		X		X		X		X
		ELECT	VERIFICAR ESTADO DE CABLES DE ENTRADA	1	5		X		X		X		X		X		X
		ELECT	MEDIR VALOR NOMINAL DE RESISTENCIA	1	5		X		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISAR TEMPERATURA DE RESISTENCIA	1	5		X		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISAR TEMPERATURA DE RESISTENCIA	1	5		X		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISAR TEMPERATURA DE TRAFO < 40° C	1	5		X		X		X		X		X		X
		ELECT	LIMPIEZA DE HOLLÍN DE TRAFO DE ALTA	1	10		X		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISAR VIBRACIÓN SENSORIALMENTE	1	5		X		X		X		X		X		X
		ELECT	VERIFICAR TEMPERATURA DE TRANSFORMADOR	1	5		X		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISIÓN DE VIBRACIÓN DE TRANSFORMADOR	1	5		X		X		X		X		X		X
15	MOTORES AC	ELECT	REVISIÓN DE T° MOTOR NO MAYOR DE 40 ° C	1	5		X		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISIÓN DE CORRIENTE POR FASE	1	10		X		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISIÓN DE TENSIÓN ENTRE FASES	1	10		X		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISIÓN DE AISLAMIENTO DE MOTOR	1	15		X		X		X		X		X		X
		ELECT	VERIFICACIÓN SENSORIAL DE VIBRACIÓN	1	5		X		X		X		X		X		X
16	IMPRESORAS DOMINO	ELECT	REVISIÓN PARÁMETROS VELOCIDAD DE BOMBA	1	5		X		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISIÓN DE PRESIÓN DE TINTA	1	5		X		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISIÓN DE TIEMPO DE TRABAJO DE BOMBA	1	5		X		X		X		X		X		X
		ELECT	VERIFICAR ESTADO DE CABEZAL DE IMPRESIÓN	1	10		X		X		X		X		X		X
		ELECT	VERIFICAR ESTADO DE CABLES DE ENTRADA	1	5		X		X		X		X		X		X
		ELECT	LIMPIEZA GENERAL DE IMPRESORA	1	120			X						X			
		ELECT	CAMBIO DE FILTROS DE TINTA,	1	240			X						X			
		ELECT	CALIBRACIÓN DE CHORRO,	1	60			X						X			
17	ROTARY SWICHT CORTADORA TUBOS	ELECT	REAJUSTE DE CONTACTOS	1	5		X		X		X		X		X		X
		ELECT	INSPECCIONAR CONTACTOS	1	5		X		X		X		X		X		X
		ELECT	REGULAR RESPECTO AL PRODUCTO	1	10		X		X		X		X		X		X
18	TECLE DE TUBOS	MEC	VERIFICAR ESTADO DE CADENA DE SISTEMA	1	5		X		X		X		X		X		X

		MEC	VERIFICAR FRENO DE TECLE	1	5		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO DE ELEVACIÓN	1	5		X		X		X		X		X		X
19	MOTOR ARRASTRE TUBOS	MEC	VERIFICAR T° RODAMIENTO POSTERIOR	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR T° RODAMIENTO LADO POLEA	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR DEFORMACIÓN Y DESGASTE	1	10	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR DEFORMACIÓN Y DESGASTE	1	10	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR TENSADO DE FAJA DE ARRASTRE	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR T° DE SOPORTES DE PIES	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	REAJUSTAR PERNOS DE FIJACIÓN	1	10	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR DESGASTE DE EJE DE TRANSMISIÓN	1	10	X		X		X		X		X		X	
20	CAJAS TRANSMISIÓN TUBOS	MEC	VERIFICAR DESGASTES DE ACOPLES	1	18		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR SENSORIAL DE VIBRACIONES	1	18		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR DESGASTE DE ROSCA Y JUEGO	1	18		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR DESGASTE DE TAPA Y JUEGO	1	18		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR T° DE RODAMIENTOS DE EJE	1	12		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR T° DE RODAMIENTOS DE EJE	1	12		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR DESGASTE DE PIÑONES Y CORONA	1	18		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR DESGASTE DE PINES LOCOS	1	18		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR FUGAS DE ACEITE DE TAPAS	1	18		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR DESGASTE DE LIRAS	1	18		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR GIRO DE RODAMIENTO DE LIRA	1	18		X		X		X		X		X		X
21	SISTEMA SOLDADO TUBOS	MEC	VERIFICAR DESGASTE DE REGULADOR ALTURA	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE PORTA RODILLO	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR DESGASTE DE REGULADOR ALTURA	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE BASE PORTA RODILLO	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE PORTA RODILLO	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE PORTA RODILLOS	1	5	X		X		X		X		X		X	

Tabla 26.

Programa del mantenimiento anual planificado

F.- PASO 6. Estandarización

En esta fase, especificaremos las tareas estándar del operario de máquina, lo que garantizará que la producción fluya con normalidad a lo largo de las líneas. Para reducir el porcentaje de Perdida Metálica (X4), utilizaremos actividades de mantenimiento autónomas.

Tabla 27.

Actividades detalladas del Mantenimiento Autónomo

CORRELATIVO	SISTEMA	TAREA	SUB-TAREAS (SECUENCIA)	TIEMPO	OBSERVACIÓN
ATUBO-001	Caja de transmisión	Inspección de rodamientos de caja de Transmisión (Forming o Sizing)	----------	5 min	
ATUBO-002		Lubricación de rodamientos de caja de transmisión Forming y Sizing	Tomar manguera de bomba lubricadora	10 min	
			Encender bomba neumática de lubricación		
			Colocar boquilla sobre grasera		Con esta operación se busca retirar la grasa contaminada
ATUBO-003	Postes	Inspección de rodamientos de postes de transmisión (Forming o Sizing)	----------	5 min	
ATUBO-004		Lubricación de rodamientos de postes de cajas de transmisión Forming e Sizing	Tomar manguera de bomba lubricadora	5 min	
			Encender bomba neumática de lubricación		Cuidado de riesgo eléctrico
			Colocar boquilla sobre grasera		Con esta operación se busca retirar la grasa contaminada
ATUBO-005	Cajas laterales	Limpieza de guías de caja lateral	Colocando la manguera en salida de emulsión se procede a remover el barro y agentes contaminantes	5 min	
ATUBO-006		Lubricación de eje roscado y husillo	Utilizada grasa se procede a untar en eje roscado	5 min	El husillo no debe tener ningún agente contaminante
ATUBO-007		Limpieza de rodamientos y ejes laterales	Utilizando un desengrasante remover la grasa contaminada y lubricar nuevamente, inspeccionando el estado de los ejes	5 min	
ATUBO-008		Inspección de sistemas de regulación	----------	5 min	
ATUBO-009	Motor CC	Inspección de parámetros de motores CC	----------	5 min	Cuidado de riesgo eléctrico
ATUBO-010	Intercambiador destilado / emulsión	Inspección de nivel de agua destilada	----------	2 min	Cuidado de riesgo eléctrico
ATUBO-011		Temperatura del agua destilada	Colocar la palma de la mano y verificar si la temperatura del agua es la correcta	1 min	Tener cuidado de no exponer demasiado tiempo la mano
ATUBO-012		Limpieza de filtros de agua destilada	Desmontar la canastilla del filtro "Y"	5 min	Todo el sistema de refrigeración debe estar apagado y bloqueado
			Retirar la suciedad acumulada de la canastilla		
ATUBO-013		Temperatura de emulsión	Colocar la palma de la mano y verificar si la temperatura del agua es la correcta	2 min	Tener cuidado de no exponer demasiado tiempo la mano
ATUBO-014		Limpieza de filtros de emulsión	Desmontar la canastilla del filtro "Y"	5 min	Todo el sistema de refrigeración debe estar apagado y bloqueado

			Retirar la suciedad acumulada de la canastilla		
ATUBO-015	Cabeza Turca	Limpieza de roscas	Desmontar los pernos reguladores para luego realizar la limpieza removiendo los agentes contaminantes	5 min	Revisar si algún perno necesita ser cambiado por presentar abolladuras
ATUBO-016		Inspección de perno regulador lateral	----------	5 min	
ATUBO-017		Lubricación de rodillos y rodamientos	Antes del montaje de rodillos y rodamientos baltzer se debe lubricar, tratando de no contaminar la grasa	5 min	
ATUBO-018	Uncoiller	Limpieza de FLR (purga de filtros)	Abrir la válvula de purga para evacuar la suciedad acumulada	6 min	Cerrar bien la válvula de purga así evitar fugas de aire
ATUBO-019	Sistema de corte	Reajuste de tuercas de anclaje de base de cortadora	Ajustar tuercas flojas	5 min	Tener en cuenta que el mismo ajuste a todas las tuercas por igual
ATUBO-020		Inspección de componentes de caja de corte	----------	5 min	
ATUBO-021		Inspección de corte	----------	5 min	Tener presente que esta operación busca encontrar posibles des alineamientos o aflojamientos
ATUBO-022	Electroválvula	Lubricación de FLR de electroválvulas	Retirar el vaso lubricador, retirar el aceite contaminado y agregar aceite en óptimo estado	10 min	Tener cuidado de no romper el vaso lubricador
ATUBO-023	Soldadora	Limpieza, lubricación de soporte de anillo guía	Con emulsión se procede a limpiar la estructura, se procede a lubricar el tornillo regulador lateral	10 min	
ATUBO-024		Inspección de rodamientos	----------	5 min	Revisar el rodamiento que no presente abolladuras, que gire con normalidad
ATUBO-025		Inspección de anillo guía	----------	5 min	Revisar posibles rajaduras o quiñaduras
ATUBO-026		Limpieza de sistemas de regulación	Utilizando emulsión se procede a retirar el barro	15 min	Verificar el estado de los reguladores
ATUBO-027		Inspección de cabeza de chuck		5 min	
ATUBO-028		Limpieza y lubricación	Previa limpieza se procede a inspeccionar el estado, así como el funcionamiento	15 min	

	TAREA
I	INSPECCIÓN
C	LIMPIEZA
R	REAJUSTE

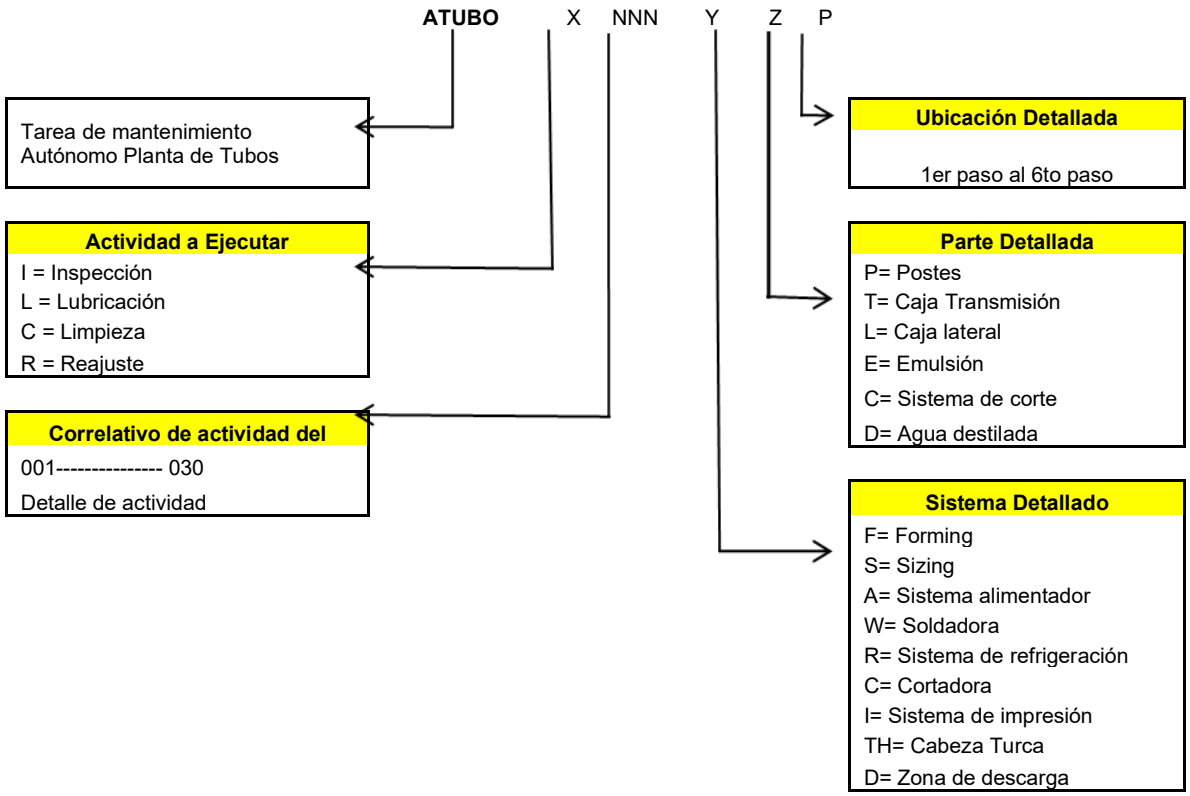
	LUGAR
S	SIZING
F	FORMING
L	LATERAL

L	LUBRICACIÓN	TH	THERMATOOL
		CB	CONTROLES DE BALDOR
		DC	CABEZAL DE IMPRESORA
		WB	CHUCK DE SOLDADO
		AD	SISTEMA AGUA DESTILADA
		EM	SISTEMA DE EMULSIÓN

A continuación, en la Figura 38 se muestra la simbología a usar en el Programa de Mantenimiento Autónomo.

Figura 38.

Simbología del mantenimiento autónomo



Nota: Elaboración Propia (2023)

G.- PASO 7. Dirección del sistema autónomo

1.- PERFILES OPERATIVOS

Las tareas de los empleados que ayudarán en la producción y el tiempo de transición se describieron en el apartado de mantenimiento autónomo. Estos son los puestos de trabajo:

EL PAPEL DEL FACILITADOR DE PRODUCCIÓN

- Animar a los trabajadores a realizar un mantenimiento independiente.

- Ofrezca los recursos necesarios para determinados procedimientos y avances.

- Controlar la operación de emisión y resolución de etiquetas azules.

- Abordar las incoherencias en la forma de realizar las tareas rutinarias.

-Trabajar junto con el facilitador de mantenimiento para resolver anomalías y problemas recurrentes.

EL PAPEL DEL FACILITADOR DE MANTENIMIENTO

- Controlar el procedimiento de resolución de marcas rojas (mantenimiento).

- Vigilar la actuación del patrocinador del mantenimiento.

- Investigar las causas subyacentes de los problemas y encontrar una solución permanente.

-Colabora con el facilitador de operaciones para eliminar las anomalías y los problemas persistentes.

EL PAPEL DEL OPERADOR

- Siga la lista de comprobación para el mantenimiento autónomo.

- Rellene los campos de la etiqueta de anomalías.

- Compruebe que ha resuelto los problemas indicados en las etiquetas.

- Conserve un puesto de trabajo limpio y organizado.

- Haga arreglos rápidos y anótelos en las etiquetas azules.

-Mantenga actualizada la información de funcionamiento de la tabla de mantenimiento autónomo.

EL PAPEL DEL PADRINO MANTENEDOR

- Hable con los operarios todos los días para detectar incoherencias en los equipos y, a continuación, evalúe las nuevas etiquetas para anticiparse o tal vez corregir al instante las anomalías encontradas.

- Implemente las correcciones indicadas en las etiquetas rojas; eduque a los operarios sobre cómo llevar a cabo la lista de comprobación de la inspección y detectar las anomalías.

- Hable a menudo con los operarios de los equipos para tratar de identificar incidencias fuera de lo común y, a continuación, evalúe nuevas etiquetas para prepararse o incluso corregir inmediatamente las anomalías descubiertas.

- Mantener actualizada la información de mantenimiento en el cuadro de Mantenimiento Autónomo.

EL PAPEL DEL GESTOR DEL ÁREA

- Apoyar el mantenimiento autónomo fomentándolo.

- Como puede ver, pretendemos cubrir todos los ámbitos industriales con este tipo de sistema de gestión.

- Realizar rutinariamente las tres tareas esenciales de limpieza, lubricación y reapriete.

- Seguir las directrices operativas.

- Eliminar el defecto.

- Subsanar los defectos de diseño.

- Mejorar los conocimientos y la experiencia de los operarios y el personal de mantenimiento.

Todo esto se hace en un esfuerzo por elevar el índice de aprobación del clima laboral (X2), con empleados contentos que quieren que su jefe actúe como facilitador y la empresa como su segunda familia.