

INGENIERÍA PRODUCTIVA

PLAN DE MANTENIMIENTO
AUTÓNOMO PARA OPTIMIZAR
LA FABRICACIÓN DE TUBOS
ELECTROSOLDADOS

CARLOS ANTONIO PORRAS GUZMÁN

Ingeniería Productiva

Plan de Mantenimiento Autónomo para Optimizar la Fabricación de Tubos Electrosoldados

Editor



Carlos Antonio Porras Guzmán

 <https://orcid.org/0009-0001-8460-0198>

caporrasgu1183@ucvvirtual.edu.pe

Facultad de ingeniería industrial, Universidad César Vallejo, Lima – Perú

RESEÑA

En un escenario mundial marcado por la desaceleración económica, la inflación y la disrupción de las cadenas globales de suministro, la industria manufacturera se enfrenta al enorme desafío de sostener sus niveles de productividad sin comprometer la calidad ni los costos. Las tensiones geopolíticas, los rezagos de la pandemia y la escasez de materias primas –especialmente en el sector siderúrgico– han afectado seriamente la estabilidad de mercados tradicionalmente robustos. Según el Banco Mundial, el crecimiento global ha venido disminuyendo de forma constante, mientras que organismos como Forbes advierten sobre el lento avance de la demanda de acero y la volatilidad en los precios de la energía y los insumos clave para su producción.

Este libro surge como una respuesta técnica y estratégica ante dicho panorama. A partir de una rigurosa investigación aplicada en una planta de fabricación de tubos electrosoldados, la obra propone un plan de mantenimiento basado en el enfoque del **Mantenimiento Autónomo**, como una herramienta transformadora para mejorar la productividad en entornos industriales complejos. Lejos de tratarse de una solución genérica, la propuesta se adapta a las condiciones reales de las plantas latinoamericanas, integrando criterios de eficiencia, sostenibilidad operativa y empoderamiento del operario de línea.

La obra no solo presenta un análisis detallado de las falencias y oportunidades en los sistemas de mantenimiento tradicionales, sino que ofrece una ruta metodológica clara para implementar un plan de mejora continua con resultados tangibles. A través de un lenguaje técnico accesible, respaldado por evidencia cuantitativa y casos prácticos, este libro se convierte en un referente útil tanto para ingenieros, jefes de producción y responsables de mantenimiento, como para estudiantes y profesionales de la ingeniería industrial.

En tiempos donde la productividad ya no puede depender únicamente de mayor inversión o ampliación de capacidades, sino de inteligencia operacional y autonomía en los procesos, esta obra demuestra que la solución también puede surgir desde adentro: desde el mantenimiento, desde el compromiso del equipo humano, y desde la voluntad de innovar.

INTRODUCCIÓN

La industria manufacturera, y en particular el sector siderometalúrgico, atraviesa una etapa de profunda transformación estructural. Factores globales como la desaceleración económica postpandemia, la inflación acumulada, la disrupción en las cadenas de suministro y el incremento de los precios de la energía y las materias primas, han generado un entorno de incertidumbre y presión constante sobre los procesos productivos. La industria del acero —columna vertebral de la fabricación de tubos electrosoldados— no ha sido ajena a esta coyuntura. El aumento del costo de insumos, la escasez de proveedores confiables y el encarecimiento logístico han llevado a muchas plantas a buscar soluciones internas que les permitan sostener la operatividad sin sacrificar eficiencia ni competitividad.

En este contexto, surge la necesidad imperante de replantear los esquemas de mantenimiento industrial como estrategia clave para incrementar la productividad, reducir los tiempos muertos y mejorar la disponibilidad de los equipos. Este libro se centra en una de las metodologías más prometedoras de la gestión moderna del mantenimiento: el **Mantenimiento Autónomo**, una de las bases del modelo TPM (Total Productive Maintenance), que empodera a los operarios de planta para asumir un rol activo en la conservación de sus equipos.

A partir del análisis técnico de una planta de producción de tubos electrosoldados, esta investigación plantea el diseño e implementación de un plan de mantenimiento estructurado en los principios del Mantenimiento Autónomo, evidenciando mejoras sustanciales en la eficiencia del proceso productivo. El estudio se basa en una metodología rigurosa de identificación de fallas, análisis de causas raíz, estandarización de operaciones de limpieza, inspección y lubricación, así como en la capacitación progresiva del personal de línea para asumir responsabilidades preventivas.

El objetivo principal de esta obra es demostrar cómo la gestión adecuada del mantenimiento puede constituirse en un eje central de la mejora continua, reduciendo costos operativos y maximizando la vida útil de la maquinaria. Más aún, se evidencia que un plan bien implementado de mantenimiento autónomo no solo mejora los

indicadores técnicos, sino que también transforma la cultura organizacional hacia una lógica de corresponsabilidad, compromiso y excelencia operativa.

El lector encontrará en las siguientes páginas un equilibrio entre teoría, análisis técnico y aplicación práctica, con un enfoque orientado a la acción. Este libro está dirigido a profesionales de ingeniería, responsables de producción, jefes de mantenimiento, estudiantes de carreras técnicas e industriales, y a toda persona interesada en comprender cómo se puede elevar la productividad desde dentro de la propia planta, mediante herramientas técnicas sostenibles y humanas.

En tiempos donde cada segundo de inactividad cuesta, cada falla impacta el negocio y cada recurso cuenta, mejorar la productividad no es una opción: es una necesidad estratégica. Y el camino puede comenzar por donde muchos no miran: el mantenimiento.

CAPÍTULO I

PANORAMA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA

La industria siderúrgica ocupa un lugar central en el desarrollo industrial y económico de las naciones, siendo proveedora de insumos esenciales para sectores como la construcción, la infraestructura, la energía, el transporte y la fabricación de maquinaria. En particular, la producción de tubos electrosoldados constituye un segmento estratégico que demanda eficiencia operativa, precisión tecnológica y una gestión altamente disciplinada de los procesos industriales. Sin embargo, este sector se enfrenta actualmente a múltiples desafíos que impactan directamente en su productividad y competitividad.

Los efectos prolongados de la pandemia por la COVID-19, la incertidumbre económica global, el conflicto geopolítico en Europa del Este, la escasez de materias primas clave —como el acero procedente de Ucrania o Rusia—, así como el alza sostenida de los precios de la energía, han configurado un entorno especialmente adverso para la industria metalmecánica. Las cifras del Banco Mundial (2022) y de organismos especializados como la World Steel Association y Forbes (2022) advierten una desaceleración sostenida en la demanda de acero, acompañada de presiones inflacionarias y disrupciones logísticas a escala global.

Este contexto ha obligado a las empresas del rubro a repensar sus modelos operativos, enfocándose en soluciones que fortalezcan la eficiencia interna y reduzcan los márgenes de pérdida. Uno de los aspectos clave que incide directamente en la productividad de las plantas industriales es la gestión del mantenimiento. Las paradas imprevistas, la baja disponibilidad de los equipos, los cuellos de botella operativos y el escaso involucramiento del personal de línea en el cuidado de la maquinaria son síntomas recurrentes de una gestión de mantenimiento reactiva y poco estratégica.

En este primer capítulo se presenta un análisis del panorama actual de la productividad en la industria siderúrgica, con énfasis en la fabricación de tubos

electrosoldados. Se examinan los factores externos e internos que condicionan el rendimiento de las plantas, la evolución del mercado del acero, así como los principales problemas asociados a la gestión de mantenimiento en entornos industriales intensivos. Este diagnóstico permite establecer el punto de partida para el planteamiento de una propuesta metodológica basada en el Mantenimiento Autónomo, como eje de transformación de la cultura operativa y mejora sostenible de la productividad.

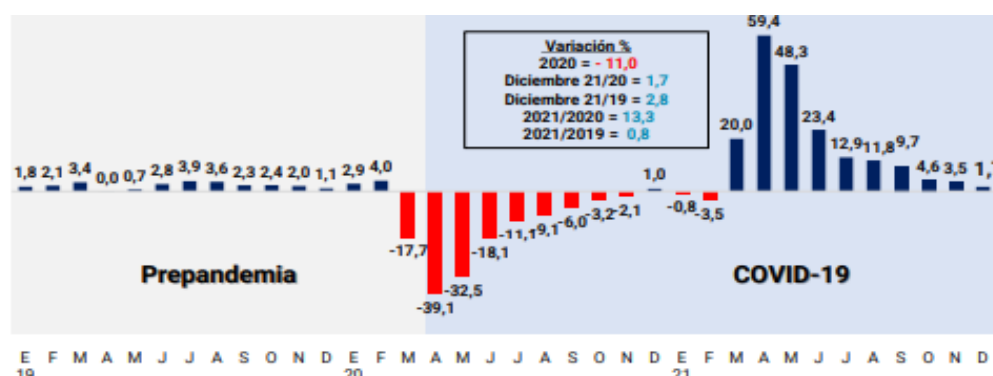
La economía mundial está en una desaceleración pronunciada en medio de las nuevas amenazas derivadas de las variantes de la COVID-19 y el aumento de la deuda, la inflación, y la desigualdad de ingresos, lo que podría poner en peligro la recuperación de las economías emergentes y en desarrollo, según la edición del informe Perspectivas económicas mundiales, que publica el Banco Mundial. Se espera que se desacelere el crecimiento mundial notablemente, del 5,5 % en 2021 al 4,1 % en 2022 y al 3,2 % en 2023, a medida que se disipe la demanda reprimida y vaya disminuyendo el nivel de apoyo fiscal y monetario en todo el mundo. (Banco Mundial, 2022)

La demanda mundial de acero crecería un 0.4% este año a 1,840 millones de toneladas, ralentizando el alza del 2.7% registrado en 2021, afectada por conflicto en Ucrania y el aumento de la inflación. El impacto se sentirá a nivel mundial a través de los precios más altos de la energía y los productos básicos -especialmente las materias primas de la producción de acero- y las interrupciones de oferta de la cadena, que preocupaban a la industria siderúrgica mundial incluso antes de la guerra. (Forbes, 2022)

El mercado internacional tuvo que buscar nuevas alternativas ante la indisponibilidad de contar con acero y materias primas de Ucrania o Rusia. Esto afecta principalmente a Estados Unidos y Europa, aunque no se descartan afectaciones en algunos países de América Latina. La situación ha provocado que ante la baja de la oferta por la indisponibilidad de contar con suministros de Ucrania o Rusia haya una situación generalizada en el mundo de aumentos de precios, ya sea porque esos nuevos suplidores tienen costos más elevados, o por la simple sobre demanda de materia prima que tienen algunos suplidores. (Wagner, 2022)

Esto es sustentado por el Estudio de la Sociedad Nacional de Industria de Febrero del 2022, en el cual se establece que en el sector industrial registró un crecimiento de 1,7% en diciembre de 2021, tasa menor a la registrada en los meses previos (set 21= 9,8%, oct 21= 4,5%, nov 21= 3,5%), resultado que refleja una desaceleración de la economía peruana. La ralentización del PBI nacional también responde a un menor rebote estadístico en las cifras, debido a que en los últimos meses del 2020, la producción nacional estaba a niveles muy cercanos del nivel prepandemia. Con el resultado de diciembre, el PBI cerró el año 2021 con un incremento de 13,3%. Es importante precisar, que la tasa de 13,3% se reduce a 0,8% si se compara el desempeño de la economía nacional con el 2019. 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

A nivel de las actividades económicas, destaca el crecimiento del sector construcción (34,7%), 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
Minería 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 recordar que el sector aún mantiene un problema de sobrecapacidad instalada que, unido al descenso de la demanda, influirá tanto en los niveles de producción como en los precios en los próximos años. (Rumbo Minero, 2021)

Hasta octubre del 2021, la tasa de utilización promedio de la industria de hierro y acero alcanzó el 72,8% de su capacidad productiva, superando en 8,7 p.p. los niveles registrados en el año previo a la pandemia.

A continuación, en la Figura 3 se muestra la Tasa de Utilización de la Capacidad Instalada de la Industria del Hierro y Acero por Año desde el 2015 al 2021

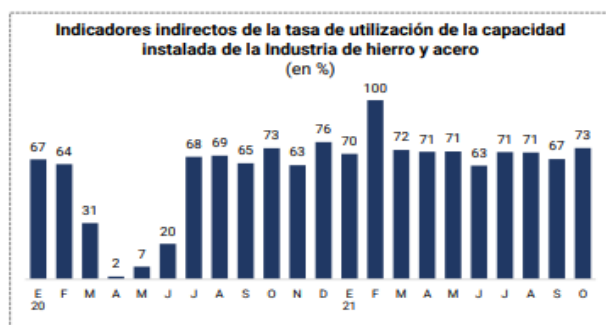
Figura 3. Tasa de Utilización de la capacidad Instalada de la Industria de Hierro y Acero por Año desde el 2015 al 2021.



Nota: Datos tomados del BCR

Es importante resaltar el dinamismo de este sector, el cual ha venido aumentando la tasa de utilización de su capacidad potencial desde que se tiene registro, llegando a su máximo en el año 2019 (64,2%); sin embargo, esta tasa sería superada en el 2021, tal como lo muestra el incremento de su actividad productiva. A continuación en la Figura 4 se muestra la Tasa de Utilización de la Capacidad Instalada de la Industria de Hierro y Acero por mes del 2020 – 2021.

Figura 4. Tasa de Utilización de la capacidad Instalada de la Industria de Hierro y Acero por mes del 2020 -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 nacionales más importantes del sector, se ha podido identificar dentro de sus procesos productivos la presencia de múltiples desperdicios en disponibilidad de máquinas, rendimiento de las mismas y calidad de producto terminado.

Si bien es cierto que la empresa de estudio es una de las empresas nacionales más importantes del sector, se ha podido identificar dentro de sus procesos productivos la presencia de múltiples desperdicios 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%

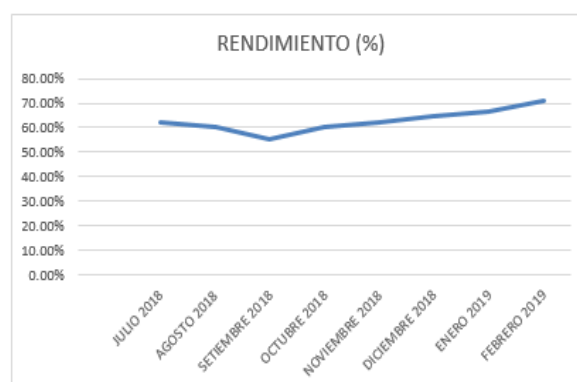


Nota: Elaboración propia (2023)

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

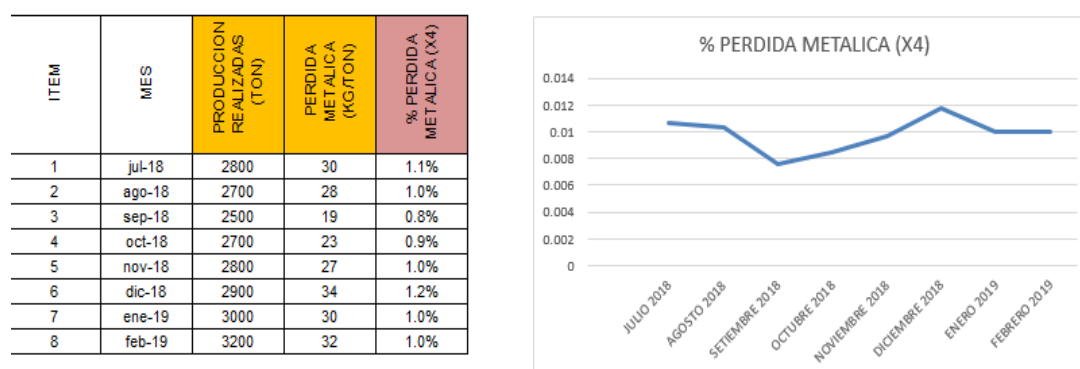
ITEM	MES	PRODUCCION PROGRAMADA (TON)	PRODUCCION REALIZADAS (TON)	RENDIMIENTO (%)
1	jul-18	4500.0	2800	62%
2	ago-18	4500.0	2700	60%
3	sep-18	4500.0	2500	56%
4	oct-18	4500.0	2700	60%
5	nov-18	4500.0	2800	62%
6	dic-18	4500.0	2900	64%
7	ene-19	4500.0	3000	67%
8	feb-19	4500.0	3200	71%



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 hacen que no sean reconocidos como aptos para la venta al incumplir los parámetros que exigen estándares del Sistema de Gestión, 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 Pérdida Metálica de 1.0%. A continuación, en la Figura 7 se muestra la Pérdida Metálica en porcentaje por mes.

Figura 7. Pérdida Metálica



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 solventar las mencionadas deficiencias y se pueda orientar a la empresa a la mejora continua, 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 PRODUCCION (FALTA MANITO PREVENT) - X3 HORAS PERDIDAS POR MES	PARADAS CONTINUAS DE LA LINEA DE PRODUCCION (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 PRODUCCION (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 (X10) HORAS PERDIDAS POR MES	MATERIAL OXIDADO A CLIENTE FINAL - INSATISFACCION 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	2800	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)

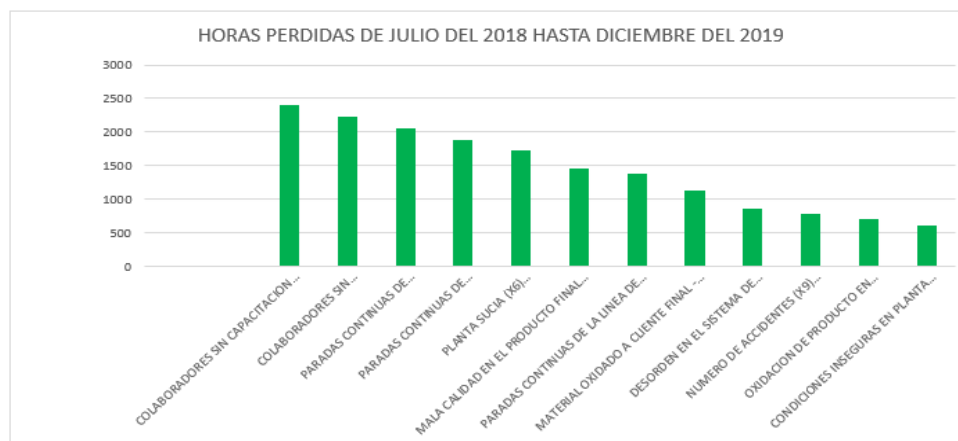
En esta data vemos la cantidad de horas perdidas desde Julio del 2018 hasta diciembre del 2019, que afectan la productividad en la Fabricación de Tubos Electrosoldados en la planta de Industria siderúrgica.

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 PRODUCCION (FALTA MANTO PREVENT) - X3 HORAS PERDIDAS POR MES	PARADAS CONTINUAS DE LA LINEA DE PRODUCCION (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 PRODUCCION (RENTABILIDAD) X7 HORAS PERDIDAS POR MES	MATERIAL OXIDADO A CLIENTE FINAL - INSATISFACCION 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

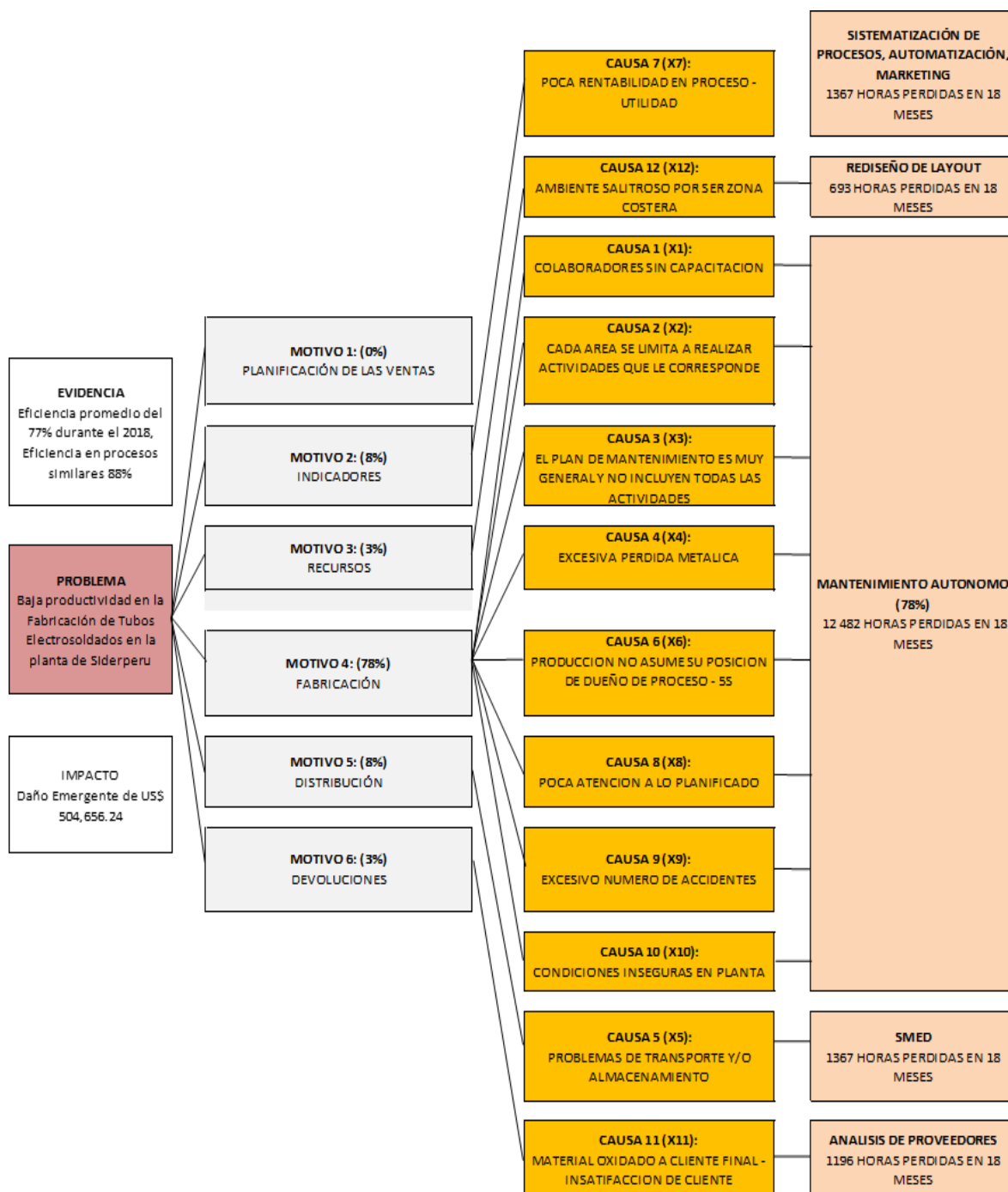


Nota: Elaboración propia (2023)

Por lo expuesto vemos que el principal motivo de la Baja Productividad en la Fabricación de Tubos Electrosoldados en la Planta de Industria siderúrgica 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.

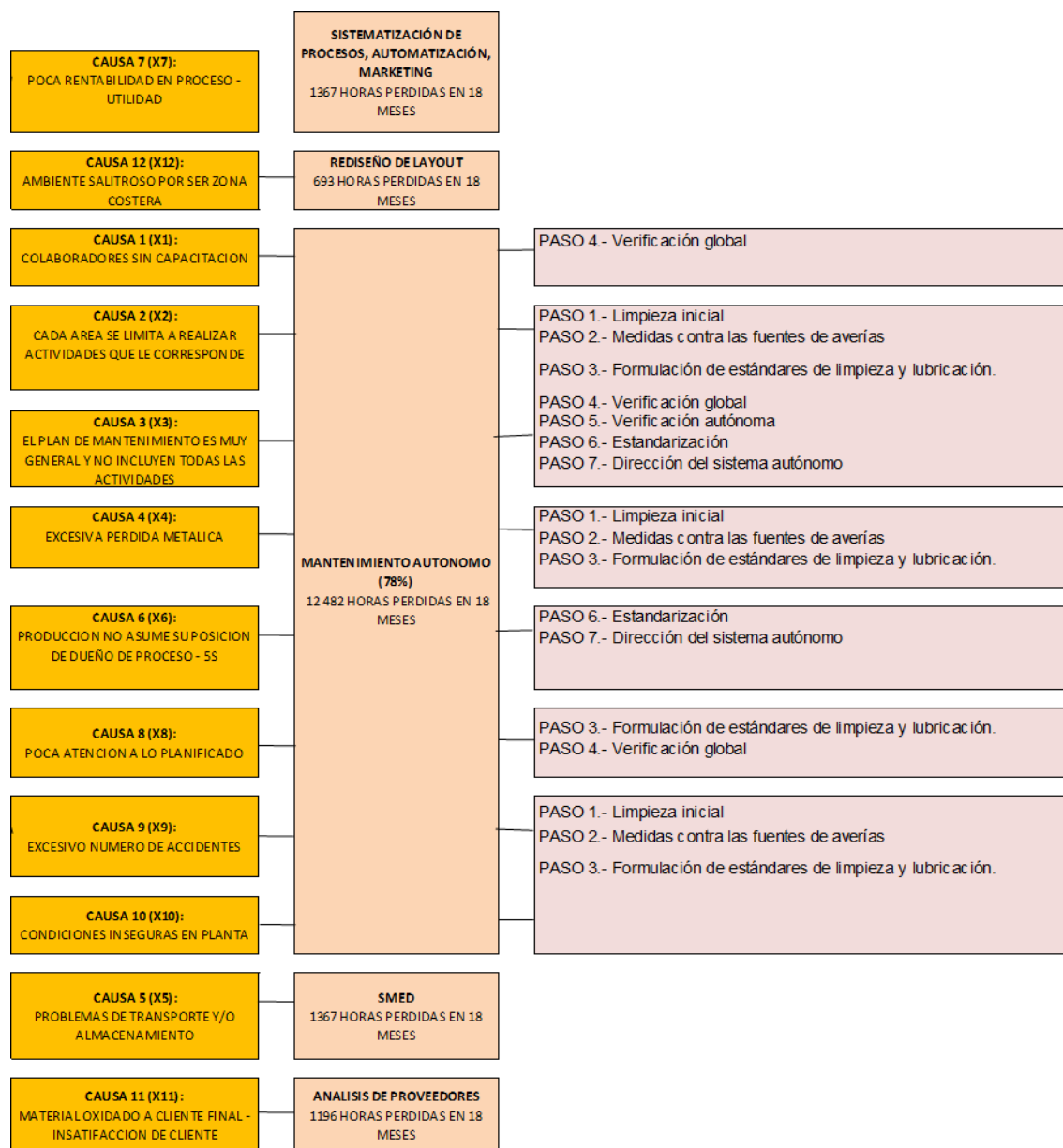
Figura 11. Análisis del Problema, Motivo y Causa.



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)

En el contexto actual de incertidumbre económica global, presión inflacionaria y creciente competencia industrial, la productividad se ha convertido en un factor determinante para la sostenibilidad de las empresas manufactureras. En particular, las plantas dedicadas a la **fabricación de tubos electrosoldados** enfrentan retos técnicos y operativos cada vez más complejos, asociados a fallas en la maquinaria, deficiencias en los procesos de mantenimiento, escaso control de indicadores de desempeño, y una baja participación del personal en la gestión de mejora continua.

Pese a los avances tecnológicos y la automatización progresiva de líneas de producción, muchas empresas del sector presentan aún **procesos ineficientes, altos tiempos de inactividad, y baja disponibilidad operativa**, lo cual impacta directamente en los costos, la calidad del producto y los tiempos de entrega al cliente. A esto se suma una débil cultura de mantenimiento y la falta de planes estructurados que permitan anticiparse a las fallas y garantizar la operatividad constante de los equipos.

Frente a esta situación, surge la necesidad de identificar, evaluar y aplicar **estrategias de gestión del mantenimiento industrial que contribuyan a incrementar la productividad de manera sostenible**. Entre ellas, el enfoque del **Mantenimiento Autónomo** —como parte del modelo TPM (Mantenimiento Productivo Total)— se presenta como una alternativa eficaz, al promover la participación activa del operario en la conservación de la maquinaria, la detección temprana de anomalías y la mejora continua del entorno productivo.

Por tanto, la presente investigación se plantea como interrogante principal:

¿Cómo incrementar la productividad en plantas de fabricación de tubos electrosoldados mediante la implementación de un plan de mantenimiento basado en el enfoque del Mantenimiento Autónomo?

Problemas Específicos

1. **¿Cuál es el nivel actual de productividad en las plantas de fabricación de tubos electrosoldados?** Es fundamental establecer una línea base que permita conocer el estado real del desempeño operativo. Esto implica analizar indicadores clave como la eficiencia global de los equipos (OEE), la tasa de

producción, los tiempos muertos, la frecuencia de fallas, y la calidad del producto final.

2. **¿Cuáles son los principales factores que determinan la productividad en la fabricación de tubos electrosoldados?** La productividad no depende únicamente de la maquinaria o los insumos, sino también de aspectos como el diseño del proceso, la capacitación del personal, la cultura organizacional, la gestión del mantenimiento y la estandarización de tareas. Identificar estos factores permitirá priorizar acciones de mejora.
3. **¿Cuáles son los factores significativos que inciden negativamente en la productividad dentro de la planta?** Este punto busca identificar los cuellos de botella, las fallas recurrentes, los tiempos de inactividad no planificados, las malas prácticas operativas, la desorganización en la planificación del mantenimiento o la falta de protocolos claros, todo lo cual puede estar limitando el rendimiento general del sistema productivo.

Justificación de la Investigación

En el competitivo y exigente entorno industrial actual, donde los márgenes de rentabilidad se ven constantemente presionados por variables externas como la inflación, la escasez de materias primas y las interrupciones en la cadena de suministro, mejorar la productividad no es una simple aspiración: es una necesidad estratégica. En especial, en la industria siderúrgica y metalmecánica —y dentro de ella, en la fabricación de tubos electrosoldados—, la eficiencia operativa se convierte en un factor decisivo para la permanencia en el mercado.

A pesar de los avances tecnológicos, muchas plantas continúan operando con esquemas tradicionales de mantenimiento, caracterizados por intervenciones correctivas, escasa planificación y nula participación del personal de línea en el cuidado de los equipos. Esto genera tiempos muertos innecesarios, fallas frecuentes, baja disponibilidad de maquinaria y, en consecuencia, una disminución significativa en los niveles de productividad. Es en este contexto que se justifica plenamente una investigación orientada a implementar un enfoque moderno y participativo como lo es el **Mantenimiento Autónomo**.

Esta investigación cobra relevancia no solo por la oportunidad de resolver un problema práctico y concreto dentro de una planta de producción, sino también por su valor teórico y metodológico. Al integrar principios del Mantenimiento Productivo Total (TPM), se promueve una transformación en la cultura operativa, centrada en la corresponsabilidad, la disciplina técnica y la mejora continua. Además, permite generar conocimiento aplicable y replicable en otras plantas industriales con características similares.

La presente obra tiene un impacto esperado en tres niveles: técnico, económico y humano. En el plano técnico, se propone una mejora de los indicadores de mantenimiento y productividad. En el económico, se proyecta una reducción de costos asociados a paradas no planificadas y fallas. Y en el plano humano, se busca el fortalecimiento del compromiso del personal con los procesos operativos, potenciando sus competencias y sentido de pertenencia.

En suma, la investigación se justifica por su pertinencia, aplicabilidad y por el valor que aporta a la ingeniería industrial en términos de eficiencia, sostenibilidad y modernización de las prácticas operativas.

Justificación teórica

La presente investigación se centra en el diseño y aplicación de una metodología de **Mantenimiento Autónomo** aplicada al contexto específico de la industria siderúrgica, particularmente en la fabricación de tubos electrosoldados. Para alcanzar este propósito, resulta fundamental construir una base teórica sólida que sustente la pertinencia y viabilidad de dicha metodología desde una perspectiva técnica, organizacional y estratégica.

El **Mantenimiento Autónomo**, como pilar del modelo TPM (Total Productive Maintenance), ha sido ampliamente abordado en la literatura técnica e industrial como una herramienta de mejora continua que promueve el empoderamiento del personal operativo en el cuidado, inspección y mantenimiento de sus propios equipos. Este enfoque no solo contribuye a la reducción de fallas, sino que también fortalece la disciplina operativa, eleva los niveles de compromiso y genera una cultura de responsabilidad compartida en planta. Sin embargo, su aplicación efectiva requiere una

comprensión clara de los fundamentos conceptuales y de las condiciones necesarias para su implementación, lo cual justifica plenamente la revisión exhaustiva de teorías y modelos asociados a su práctica.

En ese sentido, la presente investigación se propone **recuperar y analizar los principales aportes teóricos sobre mantenimiento autónomo, mejora continua, gestión del cambio organizacional y productividad industrial**, con énfasis en los sectores manufactureros intensivos en uso de maquinaria pesada como el siderúrgico. Asimismo, se examinarán los principios operativos del TPM, los enfoques de Lean Manufacturing, y los modelos de eficiencia operativa más reconocidos, con el fin de articular un marco conceptual pertinente, coherente y aplicable.

Más allá de su aplicación práctica, este estudio pretende **aportar al cuerpo de conocimientos existentes sobre metodologías de gestión industrial**, especialmente en entornos donde las prácticas de mantenimiento aún se desarrollan de forma reactiva o desarticulada. En este sentido, la investigación adquiere una dimensión epistemológica, al ofrecer una propuesta sistemática que articula teoría y práctica en torno a una problemática poco explorada dentro del campo de la ingeniería industrial aplicada a la siderurgia.

Finalmente, se espera que el modelo desarrollado en esta investigación pueda **servir como punto de partida para futuros estudios**, ampliando las posibilidades de implementación de sistemas de mantenimiento autónomo en otros sectores industriales y fortaleciendo el campo del conocimiento técnico-científico orientado a la mejora continua y a la productividad sostenible. De este modo, esta obra se consolida no solo como una solución a una necesidad operativa, sino también como un aporte significativo al debate académico sobre la gestión moderna del mantenimiento.

Justificación práctica

Las empresas del sector siderúrgico, particularmente aquellas dedicadas a la fabricación de componentes industriales como los tubos electrosoldados, constituyen un pilar clave en la economía industrial moderna. Su aporte al desarrollo económico se manifiesta no solo en términos de generación de empleo y valor agregado, sino también en su rol como proveedores fundamentales de materias primas para múltiples sectores

productivos. En este contexto, **la eficiencia operativa y la disponibilidad continua de los equipos productivos son condiciones mínimas e indispensables para asegurar la sostenibilidad del negocio.**

En la empresa objeto de estudio, se han identificado diversas problemáticas estructurales que amenazan la estabilidad del proceso productivo: frecuentes paradas no planificadas, tiempos muertos excesivos, bajo aprovechamiento de la maquinaria, fallas recurrentes y una escasa participación del personal de planta en las labores de mantenimiento. Estos factores no solo reducen la productividad general, sino que además **generan pérdidas económicas significativas y comprometen el cumplimiento de los objetivos estratégicos** de la compañía.

En respuesta a esta situación crítica, la presente investigación propone la **implementación de la metodología del Mantenimiento Autónomo** como una solución práctica, estructurada y sostenible para revertir estas deficiencias operativas. A través de la creación de una sinergia real entre mantenedores y operadores, se busca fomentar una cultura colaborativa en la que el cuidado de los equipos no sea una tarea exclusiva del área técnica, sino una responsabilidad compartida por todo el personal involucrado en el proceso productivo. Esto permitirá **mejorar la disponibilidad, la confiabilidad y la utilización efectiva de la maquinaria**, elevando así los niveles de productividad y rentabilidad de la empresa.

Desde una perspectiva aplicada, el aporte de esta investigación reside en su capacidad para **generar resultados replicables en otras compañías del mismo sector**, especialmente aquellas que comparten características similares en cuanto a estructura organizativa, equipamiento y dinámica de trabajo. Se trata, por tanto, de una propuesta metodológica no solo válida para un caso específico, sino potencialmente útil como **modelo referencial para el rediseño de estrategias de mantenimiento industrial en entornos reales.**

Adicionalmente, esta investigación también representa un **aporte directo al quehacer académico**, en particular a la Facultad de Ingeniería Industrial de la universidad donde se desarrolla el estudio. Permite a los estudiantes y docentes **acercarse al uso concreto de herramientas de mejora continua aprendidas en el**

aula, visualizar su implementación en escenarios reales, y comprender los impactos tangibles que estas pueden generar en el desempeño organizacional. De esta manera, se enriquece la formación académica con evidencia práctica, fortaleciendo el vínculo entre teoría y aplicación en el campo de la ingeniería industrial.

Justificación metodológica

La presente investigación se fundamenta metodológicamente en la necesidad de **plantear una solución práctica, estructurada y aplicable a los problemas de productividad en la industria siderúrgica**, específicamente en el proceso de fabricación de tubos electrosoldados. En este sentido, la elección de un enfoque metodológico orientado al diseño y aplicación del **Mantenimiento Autónomo** responde a la intención de articular teoría y praxis mediante una intervención planificada que permita obtener mejoras tangibles en el desempeño de los procesos industriales.

El **Mantenimiento Autónomo**, como parte de la filosofía del TPM (Total Productive Maintenance), ha demostrado ser una herramienta eficaz para lograr mayor control operativo, reducción de fallas mecánicas, incremento de la eficiencia global de los equipos y fortalecimiento del sentido de responsabilidad de los operarios en planta. Sin embargo, su aplicación efectiva requiere una estrategia metodológica clara, que contemple la evaluación del contexto específico de la planta, la identificación de variables críticas, y la implementación progresiva de actividades que consoliden nuevos hábitos y rutinas operativas.

Desde esta perspectiva, la metodología propuesta en esta investigación no solo se limita a diagnosticar las causas del bajo rendimiento productivo, sino que además **establece un conjunto de estrategias operativas que integran limpieza sistemática, inspección visual, lubricación, estandarización de tareas y entrenamiento del personal**, con el objetivo de mejorar indicadores clave como la disponibilidad de equipos, la eficiencia del proceso y la calidad del producto final.

El aporte metodológico se sustenta en una lógica de mejora continua, permitiendo que los resultados obtenidos en la planta piloto puedan **ser replicados o adaptados a otras instalaciones industriales del sector siderúrgico**. De este modo, se busca que el modelo propuesto constituya una referencia útil para la gestión del

mantenimiento en entornos reales, donde las decisiones deben tomarse con base en datos objetivos, análisis técnico y participación activa del recurso humano.

Finalmente, esta justificación metodológica refuerza la validez del estudio al demostrar que no se trata solo de una propuesta conceptual, sino de una intervención sistematizada que **integra principios de ingeniería industrial, herramientas de gestión operativa y fundamentos de productividad**, lo que contribuye de forma concreta a la mejora del rendimiento empresarial y al desarrollo de nuevas prácticas en la administración industrial.

Justificación social

La presente investigación encuentra su justificación social en la necesidad de **mejorar las condiciones operativas y organizacionales dentro de las plantas siderúrgicas**, lo cual repercute directamente en la calidad de vida laboral de los trabajadores y en el fortalecimiento del tejido industrial del país. En un contexto marcado por factores externos disruptivos como la pandemia de la COVID-19, la crisis inflacionaria global y los conflictos geopolíticos —como la guerra en Europa del Este—, las empresas del sector se han visto obligadas a buscar soluciones innovadoras que les permitan sostener su operatividad y mantener su competitividad.

La implementación de un **sistema de Mantenimiento Autónomo**, tal como se plantea en esta investigación, no solo persigue una mejora técnica en los indicadores de productividad y eficiencia, sino que también **promueve un entorno de trabajo más seguro, ordenado, participativo y digno para el personal operativo**. Al empoderar a los trabajadores para que participen activamente en el cuidado de sus equipos, se fortalece su sentido de pertenencia, se reducen riesgos laborales, y se mejora la moral colectiva en el espacio de trabajo.

Asimismo, garantizar la disponibilidad, eficiencia y calidad en los procesos industriales no solo contribuye al éxito interno de las organizaciones, sino que también tiene un impacto positivo en la comunidad, al **asegurar la estabilidad de empleos, el cumplimiento de compromisos contractuales y la oferta de productos de calidad al mercado nacional e internacional**. Empresas más eficientes y comprometidas con la mejora continua son también empresas más responsables socialmente.

Desde esta perspectiva, la investigación aporta al desarrollo de una cultura organizacional orientada al bienestar colectivo, donde las mejoras técnicas van acompañadas de beneficios humanos tangibles. Se consolida así un modelo de gestión que reconoce que la **productividad sostenible no puede desligarse de condiciones laborales justas, procesos seguros y trabajadores capacitados y comprometidos**.

Finalmente, esta propuesta contribuye al fortalecimiento de las capacidades del capital humano industrial y promueve la incorporación de prácticas modernas de gestión en sectores estratégicos para el desarrollo económico. De este modo, la investigación trasciende el ámbito técnico para convertirse en **una herramienta de transformación social en beneficio tanto de las organizaciones como de los trabajadores que las integran**.

Objetivos de la Investigación

En la actualidad, la productividad industrial se ha convertido en un factor determinante para la sostenibilidad y competitividad de las organizaciones, especialmente en sectores estratégicos como la siderurgia. La fabricación de tubos electrosoldados, actividad esencial dentro de la cadena de valor metalmecánica, requiere no solo de equipos altamente funcionales, sino también de procesos optimizados que garanticen continuidad operativa, eficiencia energética y calidad en los productos finales.

Sin embargo, el contexto global adverso —marcado por la desaceleración económica, el impacto de conflictos geopolíticos, la inflación y las secuelas de la pandemia— ha generado importantes retos para las empresas industriales, obligándolas a repensar sus modelos operativos. En este escenario, el **mantenimiento industrial** emerge como un componente clave para sostener la productividad. No basta con reparar fallas: se necesita anticiparlas, prevenirlas y gestionarlas de forma participativa y estratégica.

La presente investigación surge como respuesta a esta problemática, proponiendo la implementación de una metodología de **Mantenimiento Autónomo** en la planta de fabricación de tubos electrosoldados de SIDERPERÚ. Este enfoque, basado en los principios del TPM (Mantenimiento Productivo Total), busca empoderar al

personal operativo, fomentar la corresponsabilidad en el cuidado de los equipos, y generar una cultura organizacional orientada a la mejora continua.

A lo largo de esta obra, se abordará el diagnóstico de la situación actual de la planta, el análisis de los factores que inciden en la productividad, y el diseño de un plan metodológico que permita optimizar los procesos de mantenimiento y elevar el desempeño operativo. Además, se incorporará una revisión teórica rigurosa y una justificación sólida de las herramientas utilizadas, con el objetivo de aportar tanto a la práctica profesional como al conocimiento académico del campo de la ingeniería industrial.

Este trabajo no solo busca ser una solución concreta para una planta específica, sino también **una propuesta replicable** que contribuya al fortalecimiento de la industria siderúrgica en el país y al desarrollo de nuevas formas de gestión más eficientes, humanas y sostenibles.

Objetivo General

Mejorar la productividad en el proceso de fabricación de tubos electrosoldados en la planta industrial de SIDERPERÚ, mediante la implementación de una metodología de Mantenimiento Autónomo como estrategia de optimización técnica y organizacional.

Este objetivo general busca establecer un vínculo directo entre el uso de herramientas de mejora continua —basadas en el enfoque del TPM— y el incremento sostenible de los indicadores de desempeño operativo, garantizando así mayor disponibilidad de equipos, reducción de fallas y participación activa del personal en la gestión de mantenimiento.

Objetivos Específicos

1. **Cuantificar el nivel actual de productividad en el proceso de fabricación de tubos electrosoldados**, mediante el análisis de indicadores técnicos como la eficiencia global de los equipos (OEE), tiempos de ciclo, paradas no planificadas y rendimiento operativo.

2. **Evaluar los principales factores que intervienen en la productividad del proceso industrial**, tales como la organización del mantenimiento, la capacitación del personal, el estado técnico de los equipos y la calidad de los procedimientos de operación.
3. **Analizar cuáles son los factores significativos que inciden en la disminución o estancamiento de la productividad en la planta**, con el fin de identificar las causas raíz de los problemas recurrentes y formular estrategias concretas de mejora basadas en los principios del Mantenimiento Autónomo.

CAPÍTULO II

BASES CONCEPTUALES Y TÉCNICAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento industrial ha dejado de ser una función secundaria o meramente correctiva dentro de los sistemas productivos. En la actualidad, se reconoce como un eje estratégico que influye directamente en la productividad, la competitividad y la sostenibilidad de las organizaciones, especialmente en sectores altamente tecnificados como la siderurgia. La implementación de métodos de mantenimiento modernos no solo garantiza la operatividad continua de los equipos, sino que permite reducir costos, prevenir fallas críticas, y generar una cultura de mejora permanente dentro de la planta.

Este capítulo tiene como propósito presentar los **fundamentos teóricos y técnicos que sustentan la propuesta de implementación del Mantenimiento Autónomo** como herramienta de optimización en los procesos de fabricación de tubos electrosoldados. Se abordarán los conceptos clave relacionados con el mantenimiento industrial en sus diferentes enfoques —correctivo, preventivo, predictivo y autónomo—, así como los principios del **Total Productive Maintenance (TPM)**, modelo del cual deriva el mantenimiento autónomo como uno de sus pilares fundamentales.

Asimismo, se revisarán los aportes de diversos autores y expertos en ingeniería industrial y gestión del mantenimiento, con el fin de construir un marco teórico robusto que permita contextualizar la metodología aplicada en esta investigación. De manera complementaria, se analizarán herramientas y técnicas asociadas a la **mejora continua**, como el ciclo PDCA, los indicadores OEE (Overall Equipment Effectiveness), las 5S, el análisis de causa raíz (ACR), y otras prácticas que fortalecen la eficiencia operativa.

Este capítulo también permitirá comprender cómo el mantenimiento autónomo trasciende la dimensión técnica para convertirse en un **modelo de gestión compartida**, donde el operario deja de ser un simple ejecutor de tareas y se convierte en un actor clave en la vigilancia, conservación y mejora de los equipos que utiliza. La

participación activa del recurso humano, combinada con la estandarización de tareas y la sistematización de procesos, representa uno de los mayores aportes de este enfoque en entornos industriales contemporáneos.

De este modo, el capítulo sienta las bases para el diseño metodológico posterior y justifica la elección del modelo aplicado en la planta industrial de estudio, demostrando su pertinencia, aplicabilidad y potencial transformador dentro del sistema productivo.

Antecedentes del Problema

Para comprender de manera integral la problemática asociada a la baja productividad en la fabricación de tubos electrosoldados y la necesidad de implementar estrategias efectivas de mantenimiento, es imprescindible analizar antecedentes relevantes que evidencien cómo esta situación ha sido abordada en otros contextos similares. Los antecedentes constituyen una base referencial que permite identificar tendencias, enfoques metodológicos, limitaciones detectadas y hallazgos clave en investigaciones previas relacionadas con la gestión del mantenimiento, el mejoramiento de la eficiencia industrial y la aplicación de metodologías de mejora continua.

La revisión de estos trabajos previos ofrece una perspectiva comparativa que enriquece el presente estudio, al permitir contrastar resultados, validar enfoques y descubrir vacíos o aspectos poco desarrollados en la literatura técnica. Particularmente, se pone énfasis en estudios que hayan aplicado el **Mantenimiento Autónomo o enfoques derivados del TPM** en entornos industriales similares, así como en investigaciones centradas en el análisis de factores que inciden en la productividad dentro de plantas siderúrgicas o metalmecánicas.

Además, los antecedentes permiten comprender cómo ha evolucionado la percepción del mantenimiento dentro de las organizaciones industriales: de una función reactiva y aislada, a un **elemento estratégico de gestión integrado al sistema de producción**. En este sentido, analizar experiencias anteriores permite no solo contextualizar el problema, sino también sustentar teóricamente la propuesta metodológica que este estudio plantea para la planta industrial de SIDERPERÚ.

A continuación, se presentan investigaciones nacionales e internacionales que aportan elementos clave para el desarrollo del presente estudio, clasificadas según su

relación con la variable de productividad, los modelos de mantenimiento, y las herramientas de mejora continua aplicadas en la industria manufacturera.

La revisión de investigaciones internacionales constituye un insumo fundamental para el desarrollo de la presente propuesta, ya que permite conocer cómo ha sido abordado el problema de la productividad y la gestión del mantenimiento en contextos industriales diversos, particularmente en sectores siderúrgicos y metalmecánicos de alta exigencia técnica. A través del análisis de estas experiencias, es posible identificar metodologías aplicadas, resultados alcanzados y lecciones aprendidas que enriquecen el enfoque de esta investigación.

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.” Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga Escuela de Administración e Ingenierías Facultad de Ingeniería Industrial, Floridablanca 2011. (Rojas Rangel, 2011). Implementaron la metodología TPM (Mantenimiento Total Productivo). El diseño de la investigación es no experimental de tipo descriptivo con un alcance transaccional, que buscaba medir y describir del estado del conocimiento de los colaboradores del TPM y del mantenimiento autónomo. La población fueron los integrantes en la planta de producción. La muestra fue de tipo censal, por la participación de todos los integrantes. El resultado fue positivo en cinco grupos, por problema de tiempo no se concluyó en otros cinco grupos. La conclusión fue que cuando se implementó el a TPM, se crearon formatos de orden y aseo basados en la filosofía 5S, para fomentar la cultura en la compañía.

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 de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Industrial, Departamento Académico de Graduación Guayaquil – Ecuador, 2015. Este estudio propuso un plan de mantenimiento autónomo en la empresa MIGPLAS, con el objetivo de mejorar la producción y reducir los desperdicios (Scrap), que son generados en el área de extrusión por muchos factores diferentes entre las principales tenemos por la falta de materia prima que obliga al uso de utilizar material

reprocesado y que en ocasiones vienen contaminados. El tipo de investigación fue exploratoria, correlacional y explicativa, con el propósito de implementar el mantenimiento autónomo, como inicio del Mantenimiento Productivo Total (TPM), se utilizó la investigación de campo, se realizaron el muestreo no probabilístico, así como las observaciones directas en el muestreo que se realizó. La población del estudio fue de 55 personas que laboraban en las instalaciones de la empresa MIGPLAS, distribuidas en sus instalaciones y en diferentes cargos. La muestra fue de 19 personas involucrados directamente en el proceso. Las conclusiones fueron las siguientes: que el mantenimiento autónomo del TPM, logró disminuir los niveles de desperdicio y paralizaciones de las máquinas en estudio. Se modificaron instructivos y procedimientos de operación de máquinas, se elaboró la base de manuales, procedimientos e instructivos de la empresa. (Toapanta Castro, 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”. Universidad Nacional de Loja Área de la Energía, Las Industrias y Los Recursos Naturales No Renovables Carrera de Ingeniería Electromecánica Loja – Ecuador 2015. (Jima Solano, 2015). Esta investigación fue el diseño de un sistema integral de mantenimiento del Centro de la Madera, se utilizó métodos como la entrevista, cuestionarios, matriz de priorización, cuadros AMFE y sistemas de tiempos predeterminados. El trabajo de investigación se dio en las instalaciones con cuatro trabajadores; tres personas en planta y uno personal administrativo, se les aplicó entrevistas y cuestionarios, para conocer la situación actual del mantenimiento de las máquinas y su respectivo plan de seguridad. Por lo tanto, la metodología de investigación fue aplicada, descriptivo de campo, de diseño pre experimental, correlacional y longitudinal. Como resultado obtenido fue la implementación de un sistema integral de mantenimiento y seguridad industrial, se logró identificar los riesgos en el Centro de la Madera, tanto para los trabajadores, como y para los equipos. Las conclusiones fueron que el mantenimiento de los equipos se hacía sin una planificación y no se cumplía con los requisitos de seguridad que exige la normativa del Ministerio de Relaciones Laborales. 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” Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Industrial Ciudad Universitaria, El Salvador, 2013. El objetivo de esta investigación es un sistema de gestión de TPM, para tener mayor efectividad en sus operaciones. Recopilar información de los tipos de mantenimiento, basada en la información. 26 El diseño de la investigación fue pre experimental, de investigación fue descriptivo, documental, correlacional, en cuanto al nivel fue cuantitativo y cualitativo. Buscando la filosofía Mantenimiento Productivo Total. La población del estudio fue las instituciones del gobierno, que tienen talleres automotrices de mantenimiento. Se realizó entrevistas en cada institución, recopilando información primaria y secundaria. En conclusión, según las encuestadas en la muestra llegan a un 58.8% de las entidades de gobierno.

Martínez Sánchez, Ignacio. Tesis “Diseño de un modelo para aplicar el mantenimiento productivo total a los sectores de bienes y servicios” Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. México D.F. 2009. Su diseño es cuasi experimental de tipo aplicado, descriptivo, correlacional y transversal, de nivel cuantitativo, apoyado con diferentes técnicas como: Kaizen, Kanban, Mantenimiento Autónomo, Justo a Tiempo (JIT), Benchmarking, Control Total de Calidad, Cero Defectos, (Mejoramiento Continuo) entre otros. La población de esta investigación fue 30 empresas en el sector productivo de bienes, que buscan mantener en buenas condiciones sus equipos, también las máquinas e instalaciones (que omite la fuente por confidencialidad). Para obtener resultados el presente estudio propone que se implementen los pilares del TPM, promoviendo el cambio de actitud en el personal, puesto que el personal es el factor principal para que cambie los procesos, a través de la capacitación, motivación. Las conclusiones fueron que funciono solo al inicio un 30%, donde el personal mejoró sus áreas de trabajo, individuales y equipos. Tuvo un cambio positivo y de colaboración, incluso algunos trabajadores lograron aplicar estos principios en sus domicilios.

La revisión de estudios realizados en el ámbito nacional es clave para contextualizar la problemática de la productividad industrial y la gestión del mantenimiento en el entorno específico del país. Las investigaciones desarrolladas en Perú permiten reconocer cómo se ha abordado, en distintas industrias, la necesidad de

mejorar la eficiencia operativa, reducir tiempos improductivos y optimizar el uso de maquinaria a través de enfoques técnicos y organizacionales adaptados a la realidad local.

En particular, los trabajos nacionales relacionados con el sector metalmecánico, manufacturero y siderúrgico evidencian que, pese a los avances en tecnología e infraestructura, **aún persisten deficiencias en la implementación de modelos de mantenimiento preventivo y autónomo**, lo cual limita el rendimiento de las plantas productivas y afecta la sostenibilidad del sistema industrial en el mediano plazo. En muchos casos, estas falencias están vinculadas a la escasa participación del personal operativo en los procesos de conservación de equipos, la falta de capacitación técnica, y la débil integración entre mantenimiento y producción.

Además, los estudios peruanos consultados ofrecen importantes aportes empíricos sobre la **aplicación de herramientas de mejora continua** como las 5S, el TPM, el mantenimiento planificado, y el análisis de fallas en sectores como minería, agroindustria, energía y siderurgia. Estas investigaciones permiten identificar patrones comunes en los desafíos de mantenimiento en el país, así como estrategias exitosas que podrían ser adaptadas o replicadas en la planta industrial objeto del presente estudio.

A continuación, se presentan los principales trabajos desarrollados en el contexto nacional que sirven de base para el análisis comparativo y la validación de la propuesta metodológica aplicada a la fabricación de tubos electrosoldados en SIDERPERÚ.

ANTICONA Chicana, Robert Franklin; QUIROZ Cabañas, Einer. Tesis “Implementación de la metodología de mantenimiento progresivo para mejorar la productividad en la planta de producción de pañales Procter & Gamble, 2013 - 2015”. Universidad Privada del Norte Facultad de Ingeniería Industrial 2017. El diseño ha sido el pre experimental, el tipo fue aplicada y descriptivo, porque se orientó a conocer y comprender la problemática, para implementar el mantenimiento progresivo en el área de pañales. Se realizó un estudio detallado del problema, a partir del estudio independiente de las variables identificadas (independiente y dependiente). El nivel fue cuantitativo, han procedido a seleccionar, tanto en la etapa de recolección de la información, como en el análisis y procesamiento de datos. La población del estudio

fueron los indicadores de la planta de producción y la muestra fue los indicadores del área de fabricación de pañales. Estos datos fueron procesados por medio de la estadística descriptiva. Respecto a la eficiencia, lograron disminuir el mantenimiento de un 45% a 29%, redujo el promedio de arranque vertical de 7.1 a 4.0. En conclusión, la implementación del mantenimiento progresivo tiene efectos positivos. En cuanto al arranque vertical el mantenimiento progresivo reduce los paros y el nivel de inventarios y fortaleció la capacidad del personal en el manejo diario, siendo controlados y logrando resultados eficaces y eficientes en todo el proceso.

Valencia Chaupis, Shirley Lisbet, “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 Cesar Vallejo. Lima 2016. En la investigación su diseño fue experimental, con la manipulación intencional de variable independiente para analizar los efectos la variable dependiente de control generado por el investigador. El tipo de investigación fue descriptiva y explicativa; respecto al nivel de investigación Además, por su alcance temporal fue longitudinal.

La población fue el área de hilandería, siendo una población es finita, porque se conocía como las operaciones de máquinas durante 30 días, en el que se obtuvo información. La muestra de la investigación fue tipo censal, se ha excluido los fines de semana con el propósito fin de estandarizar los datos. Las conclusiones con la implementación fueron eliminando las causas de la baja productividad, incrementándose la eficacia y la eficiencia en la línea de fabricación. El personal logró ser capaces de brindar el mantenimiento a sus máquinas, cumpliendo con las distintas actividades.

Estrada Huamán, Madeleine Yanet. 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”. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Industrial. Universidad César Vallejo, Lima 2017. El objetivo de esta tesis fue que la aplicación del área de mantenimiento en la empresa, consecuentemente aumentar la vida útil de la flota vehicular, minimizando las fallas de los vehículos. Con un diseño pre experimental, de alcance longitudinal, de

tipo aplicada, descriptivo y correlacional. Por su nivel descriptivo, fue describir las cualidades o situaciones importantes de personas o maquinarias, y un análisis explicativo para establecer la relación de causa y efecto. La población es la información de un mes. La muestra es igual a la población por lo que viene de tipo censal, se ha considerado un periodo de 30 días de operatividad de los 5 vehículos. Las conclusiones fueron que la aplicación del TPM logra la reducción de las fallas en la vehicular. Y maximizar la eficiencia en un sistema de producción de servicios, porque mejoró la operatividad y disponibilidad de las unidades. Salinas Manrique, Emiliana Vanesa. 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.”. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Industrial. Universidad Cesar Vallejo. Lima 2017. Se formó un grupo para el trabajo experimental, aplicaron la pre prueba y post prueba. Con un alcance longitudinal, se recolectaron datos de diferentes periodos. La investigación fue aplicada, descriptiva, correlacional y deductiva. El nivel de tipo cuantitativo, basado en los datos para demostrar la hipótesis. Los resultados fueron positivos, donde implementan el TPM dentro del área de mantenimiento y la eficiencia después de la implementación ha aumentado, ha habido un mejor uso de los recursos. Las conclusiones fueron que la aplicación del (TPM) mejora la Productividad del área de Mantenimiento. Asimismo, mejora la eficacia y eficiencia del área de Mantenimiento.

Aponte Chumacero, Carlos Javier. 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”. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Industrial. Universidad César Vallejo. Lima 2017. La presente tesis tenía el objetivo principal que el TPM mejora la productividad en el área de mantenimiento. Con un diseño cuasi experimental y se utilizó el diseño de pre prueba y post prueba con un solo grupo de series cronológicas. El tipo de investigación fue aplicada, explicativa que describe los conceptos o fenómenos o de la empresa y sus relaciones entre conceptos. El nivel de la investigación fue cuantitativo, procesar los datos recopilados. Su alcance temporal fue longitudinal. La población en la presente investigación fue la información, a lo largo de 24 semanas o seis meses. La muestra fue igual a la población. En conclusión, se dieron como resultados que se logró determinar

como la aplicación mejora la productividad, la eficacia y eficiencia en el área de mantenimiento de vehículos de carga de una empresa de transportes.

En Lima Flores (2012) realizó una investigación en la que Analizó y propuso una mejora del sistema productivo actual de la empresa en estudio utilizando la manufactura esbelta, disminuyen los costos de operación, eliminación de actividades que no generan valor y el incremento de la disponibilidad, eficiencia y calidad de la línea seleccionada, ayudándose de las siguientes herramientas: Mapa de Flujo de Valor, 5'S, Control visual, SMED (Single Minute Exchange of Die), Mantenimiento productivo total (TPM), Kaizen, Poka Yoke, Kanban. Concluyó que la recolección de la información necesaria permitió mostrar los problemas que se reflejaban en una constante acumulación de desperdicios desde el punto de vista de la manufactura esbelta.

También se encontró la publicación de un trabajo realizado por Burga (2005) en la ciudad de Piura; en la que se buscó exponer las pautas para poner en práctica los principios de este instrumento y con sus aportes servir como una guía para la implementación del TPM en una planta de procesos industriales, en todos sus niveles. Para realizar dicha implantación del TPM en el área de Laminado de frio de la empresa ya mencionada en la zona de enderezadoras siguió las siguientes etapas: inicial, de implantación y consolidación; y a su vez realizó una constante medición de la Efectividad Global de los Equipos (EGE). El autor concluyó que la implementación del TPM trae grandes beneficios como: mejora generalizada en la eficiencia de equipos, productos de alta calidad, mejora del ambiente del trabajo, reducción de accidente, crecimiento de la capacidad profesional, etc. Además los operadores mejoraran el cuidado 10 de sus equipos, hay un sentido de pertenencia y trabajo en equipo, se genera un sentido de orgullo y lealtad por la empresa, mayor motivación y seguridad laboral.

En un trabajo de investigación en Lima por Vigo y Astocaza (2013); utilizaron las siguientes herramientas: aplicación de Just in Time, implementación de 5'S, implementación de TPM y programa de incentivo para la disminución de desperdicios. Se concluyó para lograr la eficiencia en el uso del tiempo se debe utilizar una programación de carga de trabajo en donde se considere de manera efectiva los recursos tanto de tiempo, como del personal siguiendo los pilares de Just in Time, también se

determinó que mediante una apropiada distribución de equipos y áreas se logra disminuir los recorridos innecesarios en busca de un flujo más continuo.

Se encontró una investigación realizada por Saavedra (2006) en Lambayeque; se detalló el proceso de planificación, implementación y control de un sistema de gestión de mantenimiento que utiliza lineamientos de calidad y ambientales, dados por las normas ISO 9000 e ISO 14000 para mejorar su gestión, orientar sus acciones hacia la excelencia y alinearse a los sistemas de gestión de la calidad y ambiental de la organización. Dicha investigación concluyó que el cambio de un mantenimiento reactivo a un proactivo repercutirá en la empresa lograr mejores resultados, para lo que se debe seguir los modelos de calidad y la combinación de mantenimiento – ISO-BSC, para alinear de manera real los objetivos organizacionales con los del mantenimiento, ya que promueve la medición de la eficiencia de mantenimiento, se mejora la atención al cliente interno, se mejoran los procesos de mantención y se promueve el mantenimiento continuo.

Bases Teóricas

La productividad

La productividad óptima del equipo debe sostenerse en técnicas operacionales y de mantenimiento, debido a que ningún equipo es completamente productivo a menos que los colaboradores estén entrenados en ambas operaciones (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).

Mantenimiento autónomo

La utilización con eficacia de los equipos ha sido determinante para reducir costos y mejorar la competitividad de las empresas; el mantenimiento realizado por los colaboradores del equipo, conocido también como mantenimiento autónomo, contribuye

a mejorar la eficacia del equipo teniendo como objetivo la prevención del deterioro, (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 falta de inspección en los equipos, reaprietes, limpieza, remoción de rebaba, polvo, contaminantes y lubricación son las causas de corrosión, tiempos perdidos y defectos en calidad (Bernández, 2020). La capacitación y el adiestramiento no determinan el mantenimiento básico del equipo.

Pasos del mantenimiento autónomo

A.- PASO 1.- Limpieza inicial

Desarrollo del interés de los operadores por mantener limpios sus equipos; la limpieza es un hábito que provoca resistencia al cambio, 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.- Proponer medidas y señalar las causas y efectos del polvo y la basura.

“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.

En los pasos anteriores los colaboradores identifican las condiciones básicas de sus equipos. “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 pasos anteriores son actividades de mantenimiento autónomo sobre prevención, detección y control de condiciones básicas de equipos, manteniendo limpiezas, lubricación y reaprietes.

En este paso se simula la detección de probables modos de falla con la inspección general del equipo. Siendo fundamentales las capacitaciones relacionadas a incrementar las habilidades de todo el personal, para que realicen la inspección general (Armendola, 2016).

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

E.- PASO 5.- Inspección autónoma

En este paso los estándares de limpieza y lubricación son comparados y 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).

“Cuando los operadores de producción y operarios de mantenimiento son completamente entrenados para liderar la inspección general, (paso cuatro) el departamento de mantenimiento podrá hacer los programas de mejoramiento del diseño del equipo, mantenimiento preventivo rutinario por calendario y/o uso y grupos de trabajo, además mantenimiento preventivo, mantenimiento anual y preparar los estándares de mantenimiento; incluir inspecciones, listas de verificación y ajustes, procedimientos que contengan un ciclo completo de inspección, puesto que son varias las instancias que participan; muy importante terminar con la elaboración del manual de acción correctiva “(Beltrán 2016)

F.- PASO 6.- Organización y ordenamiento

Seiri es el medio que señala aspectos manejados en el centro de labores, haciendo procedimientos y estándares. Está orientado al nivel de dirección y mandos intermedios (Dorbessan, 2019). Cuando se implementa en el área de trabajo (*Seiri*) cambia por clasificación y/o selección.

Seiton, u ordenamiento, es el medio para integrarse a los estándares establecidos y es responsabilidad de los operadores y operarios (Bernández, 2020).

Seiri y *Seiton*, organización y ordenamiento, conllevan a fomentar, simplifica y organiza el mantenimiento autónomo, y la compenetración de estándares y procedimientos; facilitando el aseguramiento de la estandarización (Cuesta, 2018).

Los pasos 1 a 5 puntualizan la secuencia de inspección y mantenimiento de los equipos como son: Limpieza, lubricación, y reapriete; siendo el rol de los colaboradores más amplio, sin embargo, sólo es el principio (Bernández, 2020).

En el paso 6, líderes, mandos medios, y directores complementan la implementación del mantenimiento autónomo evaluando a los colaboradores y definiendo sus responsabilidades (Hernández, 2021).

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

Habiendo terminado las actividades de los equipos de trabajado estarán más capacitados, con una moral alta; se hacen independientes, especialistas, y confiados pudiendo auto gestionarse buscando o generando su propio trabajo y el mejoramiento del equipo, proceso y herramientas con autonomía (Beltrán 2016).

Esto representa, que los equipos de trabajo tuvieron que buscar eliminar las seis grandes pérdidas buscando mejorar las habilidades como lo recomiendan las cinco medidas para buscar cero paros (Duffuaa, 2019).

Cinco medidas para cero paros

Idealmente, las paradas tendrán que ser eliminados a través del mantenimiento preventivo; Sin embargo, es el primer paso hacia el mejoramiento es eliminar las fallas en los equipos por quienes los operan (Beltrán 2016).

Las experiencias que obtienen en este esfuerzo son la retroalimentación para seguir el diseño de los equipos que gradualmente se aproximarán al ideal (Rey, 2016). Una falla resulta del mal funcionamiento de ciertos componentes de un equipo; por ejemplo, mala operación de un sistema, ensamble, sub - ensamble e incluso una parte (Bernández, 2020).

“Este mal funcionamiento, indica que las fallas de los equipos no están limitadas a un paro inesperado que conduzca a una suspensión total; aun cuando continúe trabajando, el deterioro podrá causar pérdidas pequeñas, como son: Bajo rendimiento, pérdida de velocidad, tiempos de ciclos mayores, más largos y difíciles puesta a punto, ajustes, tiempo ocioso y paros bajos “(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).

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.

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)

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.

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).

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).

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).

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).

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)

Marcos Conceptuales

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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 desperdicio. 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 prerequisites más importantes para construir una empresa exitosa. Este concepto es una parte integral del pensamiento Lean y ayuda a aumentar la rentabilidad.

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 $OEE = \text{disponibilidad} \times \text{calidad} \times \text{rendimiento}$.

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.

$$\text{Disponibilidad \%} = (\text{Tiempo en producción} / \text{Tiempo programado para producir}) * 100 \%$$

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).

$$\text{Calidad \%} = (\text{Cantidad de productos buenos} / \text{Cantidad total producida}) * 100 \%$$

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:

$$\text{Rendimiento \%} = (\text{Cantidad de producción real} / \text{Cantidad de producción teórica}) * 100\%$$

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.

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.

Método 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.

Hipótesis y variables

Hipótesis general

La implementación del Mantenimiento Autónomo en la Fabricación de Tubos Electrosoldados en la planta de Industria siderúrgica mejorará la productividad.

Hipótesis específicas

1. Con la implementación del Mantenimiento Autónomo en la fabricación de Tubos electrosoldados mejoraremos el nivel actual de la productividad.
2. Los principales factores en la productividad de la Fabricación de tubos electrosoldados 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.

3. Los factores significativos que inciden en la productividad en la Fabricación de Tubos Electrosoldados son personal capacitado, clima laboral, desviación de paradas programadas para mantenimiento preventivo, pérdida metálica, % observaciones levantadas.

Identificación de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE

A.-Implementación del Mantenimiento Autónomo

VARIABLE DEPENDIENTE

A.- Productividad

CAPÍTULO III

ENFOQUE METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN Y APLICACIÓN EN PLANTA

Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es explicativa, y de tipo cuantitativa.

Unidad de análisis

Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A., nombre generalmente simplificado como INDUSTRIA SIDERÚRGICA, es la principal empresa siderúrgica 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. (Industria siderúrgica, 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. (Industria siderúrgica, 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 Industria siderúrgica.

Población de estudio

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

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).

$$\eta = \frac{\eta'}{1 + \frac{\eta'}{N}}$$

Ec.1

Dónde:

η = Tamaño de muestra

N = Población = 722 colaboradores

Z^2 = Nivel de confianza = **95%**

es = 0,024

δ^2 = Varianza= es x es = 0.024 x 0.024 = **0,000576**

∂^2 = Error aproximado del investigador = $Z^2 (1 - Z^2)$

= $0.95^2 (1 - 0.95^2)$ = **0,0475**

$\eta' = \partial^2 / \delta^2 = 0.0475 / 0.000576 = \mathbf{82,46}$

$\eta = 74,01$

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), en la cual laboran 62 colaboradores de operación, 6 de pre-montaje, 3 supervisores, 3 Inspectores de calidad, es decir en total tenemos 74 colaboradores en la Planta, 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 Industria siderúrgica.

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	9.97%	72
		TUBOS Y PERFILES	10.25%	74
		MANTENIMIENTO PYD	3.32%	24
2	GERENCIA DE LAMINACION LARGOS	LAMINADOR 1	7.89%	57
		LAMINADOR 2	7.34%	53
		LAMINADOR 3	7.62%	55
		MANTENIMIENTO LARGOS	6.23%	45
		TALLER DE CILINDROS	4.85%	35
3	GERENCIA DE ACERIA	PATIO DE CHATARRA	3.60%	26
		HORNO ELECTRICO	4.71%	34
		COLADA CONTINUA	4.71%	34
		MANTENIMIENTO ACERIA	5.96%	43
4	GERENCIA DE MANTENIMIENTO	MANTTO. ELECT. CENT.	4.71%	34
		MANTTO. EQUIPO MOVIL	4.85%	35
		MANTTO. MECÁNICO CENT.	7.89%	57
		UTILIDADES	6.09%	44
TOTAL DE COLABORADORES EN CÉLULA			100.00%	722

Nota: Elaboración Propia (2023)

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.).

Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos que se utilizara es primaria y se basa en la observación y la entrevista.

La Observación, consiste en sistematizar los sentidos orientados a la captación de la realidad.

La entrevista, es la interacción entre dos personas, en la que el investigador formula puntuales preguntas relativas a la investigación, mientras que el investigado proporciona verbalmente o en forma escrita la información que se le pide, ver Anexo 1 (Hernández & Baptista, 2021). A continuación, en la Tabla 4 se muestra la Investigación de Campo.

Tabla 4.

Investigación de campo

INVESTIGACIONES DE CAMPO	
TECNICAS	INSTRUMENTOS
La observación directa: Sistemática o estructurada	Sistema de Costos Cuaderno de Incidencias Sistema de Producción y paradas
La observación indirecta	Sistema de Costos Cuaderno de Incidencias Sistema de Producción y paradas
Realización de entrevistas dirigidas	Formato de entrevistas Diario de Campo
Aplicación de cuestionario	Hoja de cuestionario

Nota. Elaboración Propia (2023)

A continuación, en la Tabla 5 se muestra la Investigación Documental.

Tabla 5. *Investigación documental.*

INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL	
TECNICAS	INSTRUMENTOS
Revisión de:	
Libros	Fichas
Revistas	Cuadros sinópticos
Tesis	Fotocopiadoras
Registros de Producción	
Documentos	Computador
Equipos de cómputo	CD
Internet	Diapositivas

Nota. Elaboración Propia (2021)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis, interpretación y discusión de resultados

La implementación del Mantenimiento Autónomo en la fabricación de Tubos electrosoldados de la planta de Industria siderúrgica mejora la productividad.

Se tienen las siguientes hipótesis.

Ho = La implementación del mantenimiento autónomo en la fabricación de tubos electrosoldados de la planta de tubos electrosoldados de la planta de Siderperú no mejora la productividad.

H1 = La implementación del mantenimiento autónomo en la fabricación de tubos electrosoldados de la planta de tubos electrosoldados de la planta de Siderperú mejora 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 4.73. Entonces se empezará el análisis por la Fabricación.

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

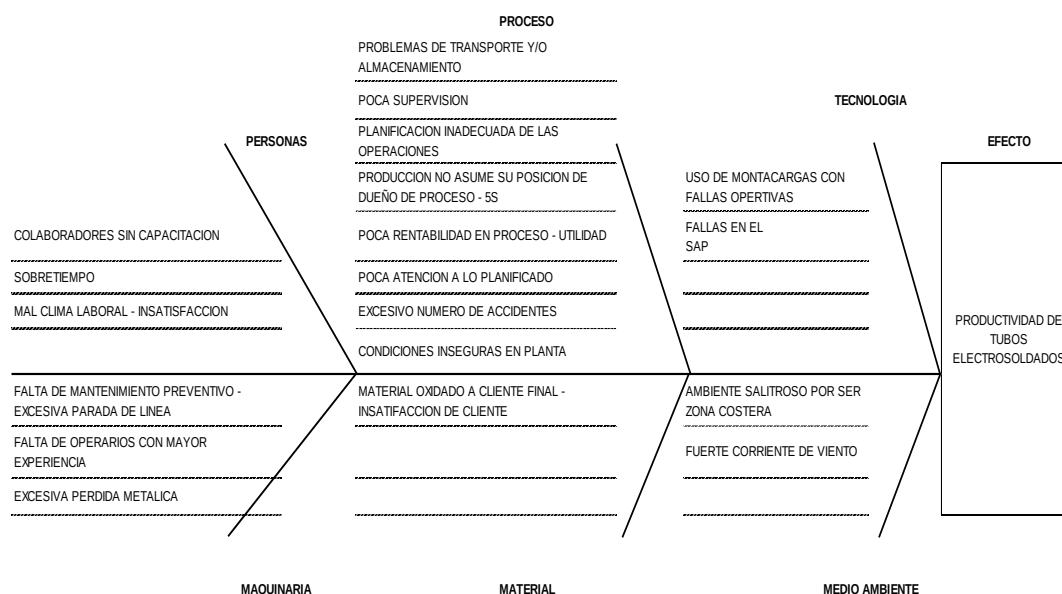
Tabla 6. Matriz CTQ

CTQ	IMPORTANCIA		PLAN	ENVABLE	SOURCE	MAKE	DELIVERY	RETURN	SATISFACCION	INSATISFACCION	BRECHA
	NRO	%	PLANIFICACION	INDICADORES	RECURSOS	FABRICACION	DISTRIBUCION	DEVOLUCIONES			
OFERTAS ACTUALIZADAS	8	20%	3	0	0	9	3	0	80%	20%	4.00
FACILIDAD DE CREDITO	7	18%	9	0	0	0	3	0	76%	24%	4.20
REPOSICION DE STOCK PARA VENTA	10	25%	3	1	0	9	0	0	90%	10%	2.50
VARIEDAD DE PRODUCTOS TUBULARES	9	23%	0	0	0	3	3	0	83%	17%	3.83
PERSONAL DE VENTAS AMABLE	6	15%	0	0	9	0	3	0	72%	28%	4.20
	40		2.93	0.00	1.35	4.73	2.25	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 método Delphi o 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 Raíces.

Ingeniería Productiva: Plan de Mantenimiento Autónomo para Optimizar la Fabricación de Tubos Electrosoldados

Tabla 7.-

Determinación de posibles causas raíces.

	DETALLE	MODO DE FALLA	EFFECTOS	SITUACION ACTUAL	POSIBLE CAUSA RAIZ	FRECUENCIA	SEVERIDAD	CONTROLES	RATO	
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 SOBRETIEPOS 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	SOBRETIEPO	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 PRODUCCION	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 ADECUADO	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

Ingeniería Productiva: Plan de Mantenimiento Autónomo para Optimizar la Fabricación de Tubos Electrosoldados

	DETALLE	MODO DE FALLA	EFFECTOS	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 - INSATISFACCION 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 OPERATIVAS	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.

Ingeniería Productiva: Plan de Mantenimiento Autónomo para Optimizar la Fabricación de Tubos Electrosoldados

Tabla 8.

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 MANTO 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%

Ingeniería Productiva: Plan de Mantenimiento Autónomo para Optimizar la Fabricación de Tubos Electrosoldados

DETALLE	MES	% PRODUCTIVIDAD (Y)	% PERSONAL CAPACITADO (X1)	% APROBACION EN CLIMA LABORAL (X2)	% DESVIACION DE PARADAS PROGRAMADAS PARA MANTO 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 9.

Tabla 9.

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 15 se muestra el Análisis de Regresión de Variables.

Figura 15.

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 16 se muestra el Análisis de regresión de Variables sin x5.

Figura 16.

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:

$$y = 0.6137 + 0.113 x_1 + 0.566 x_2 - 0.2278 x_3 - 2.33 x_4 - 0.0746 x_6$$

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 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 MANITTO 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%

Ingeniería Productiva: Plan de Mantenimiento Autónomo para Optimizar la Fabricación de Tubos Electrosoldados

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)
DESPUS 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 11 se muestra la Ficha de indicadores de factores.

Tabla 11.

Ficha de indicadores de factores.

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.	$(\text{PERSONAL OPERATIVO CAPACITADO} / \text{PERSONAL OPERATIVO EN PLANTA}) * 100$	Porcentaje
Fuentes de Información	Encargador de medición	
Registros 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.	$(\text{ENCUESTAS APROBATORIAS} / \text{PERSONAL OPERATIVO ENCUESTADO}) * 100$	Porcentaje
Fuentes de Información	Encargador de medición	
Registros 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.	$(\text{EXCESO EN TIEMPO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO} / \text{PRODUCCION TOTAL (TON)}) * 100$	Porcentaje
Fuentes de Información	Encargador de medición	
Registros de Mantenimientos	Jefe de Mantenimiento	
Meta: Lograr menos de 2% en Desviaciones 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.	$(\text{MATERIAL CON OXIDACION (TON)} / \text{TIEMPO PROGRAMADO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO}) * 100$	Porcentaje
Fuentes de Información	Encargador de medición	
Registros de Producción	Jefe de Producción	
Meta: Lograr menos de 0.5% en Pérdidas Metálicas	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.	$(\text{MATERIAL CON OXIDACION (TON)} / \text{PRODUCCION TOTAL (TON)}) * 100$	Porcentaje
Fuentes de Información	Encargador de medición	
Registros de Producción	Jefe de Producción	
Meta: Lograr 50% en Observaciones Levantadas	Periodicidad de cálculo: Mensual	

Nota: Elaboración Propia (2023)

A continuación, en la Tabla 12 se muestra el Tablero de Control.

Tabla 12.

Tablero de Control

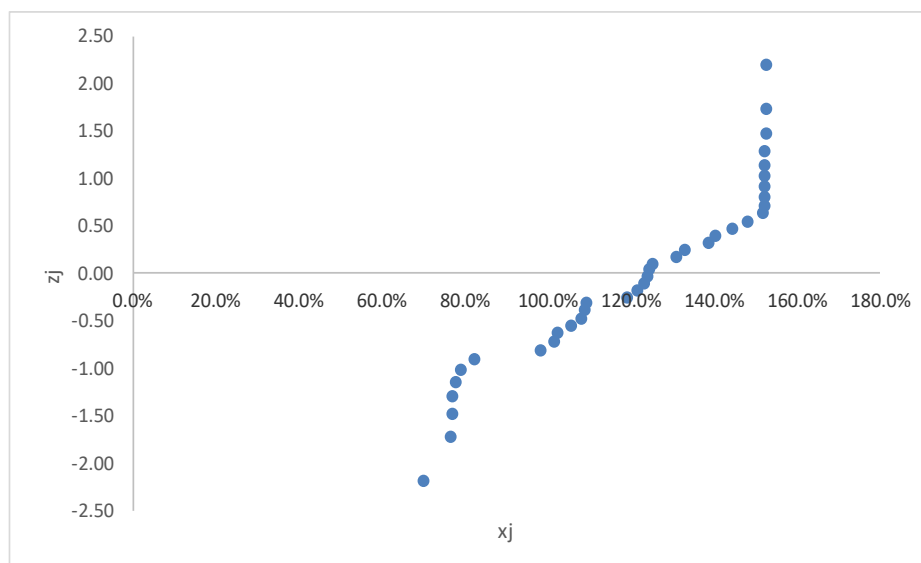
MES	% PRODUCTIVIDAD (Y)	DATOS PARA HISTOGRAMA	n	36		
			j	xj	(j-0.5)/n	Zj
jul-18	77%	0.8	1	70.1%	0.01	-2.20
ago-18	77%	0.8	2	76.5%	0.04	-1.73
sep-18	70%	0.7	3	77.0%	0.07	-1.48
oct-18	76%	0.8	4	77.2%	0.10	-1.30
nov-18	78%	0.8	5	77.8%	0.13	-1.15
dic-18	79%	0.8	6	78.9%	0.15	-1.02
ene-19	82%	0.8	7	82.5%	0.18	-0.91
feb-19	102%	1.0	8	98.5%	0.21	-0.81
mar-19	108%	1.1	9	101.5%	0.24	-0.72
abr-19	101%	1.0	10	102.4%	0.26	-0.63
may-19	106%	1.1	11	105.8%	0.29	-0.55
jun-19	109%	1.1	12	108.0%	0.32	-0.47
jul-19	99%	1.0	13	108.8%	0.35	-0.39
ago-19	109%	1.1	14	109.2%	0.38	-0.32
sep-19	124%	1.2	15	119.1%	0.40	-0.25
oct-19	119%	1.2	16	121.5%	0.43	-0.17
nov-19	124%	1.2	17	123.4%	0.46	-0.10
dic-19	125%	1.3	18	124.0%	0.49	-0.03
ene-20	131%	1.3	19	124.3%	0.51	0.03
feb-20	121%	1.2	20	125.2%	0.54	0.10
mar-20	123%	1.2	21	131.0%	0.57	0.17
abr-20	133%	1.3	22	132.9%	0.60	0.25
may-20	139%	1.4	23	138.6%	0.63	0.32
jun-20	140%	1.4	24	140.3%	0.65	0.39
jul-20	144%	1.4	25	144.4%	0.68	0.47
ago-20	148%	1.5	26	148.2%	0.71	0.55
sep-20	152%	1.5	27	152.0%	0.74	0.63
oct-20	152%	1.5	28	152.2%	0.76	0.72
nov-20	152%	1.5	29	152.2%	0.79	0.81
dic-20	152%	1.5	30	152.2%	0.82	0.91
ene-21	152%	1.5	31	152.2%	0.85	1.02
feb-21	152%	1.5	32	152.2%	0.88	1.15
mar-21	152%	1.5	33	152.3%	0.90	1.30
abr-21	152%	1.5	34	152.5%	0.93	1.48
may-21	152%	1.5	35	152.5%	0.96	1.73
jun-21	152%	1.5	36	152.5%	0.99	2.20

Nota: Elaboración Propia (2023)

A continuación en la Figura17 se muestra la Normalidad.

Figura 17.

Normalidad

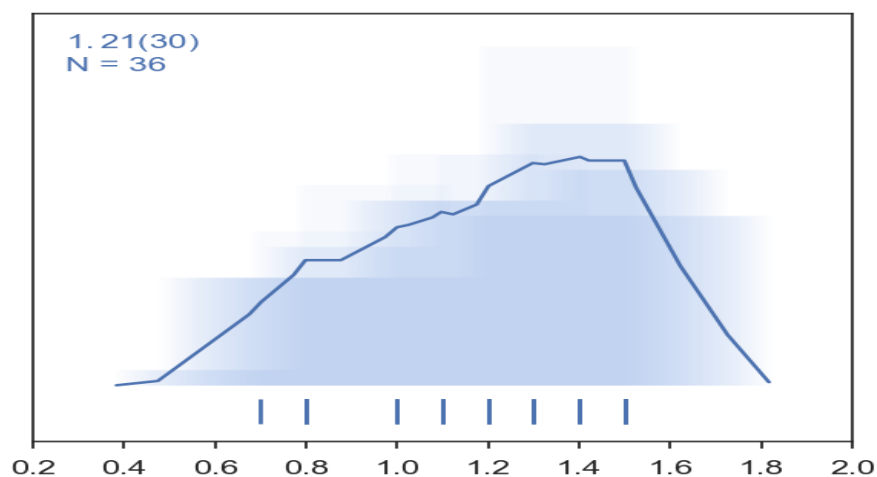


Nota: Elaboración Propia (2023)

A continuación, en la Figura 18 se muestra el Histograma.

Figura 18.

Histograma

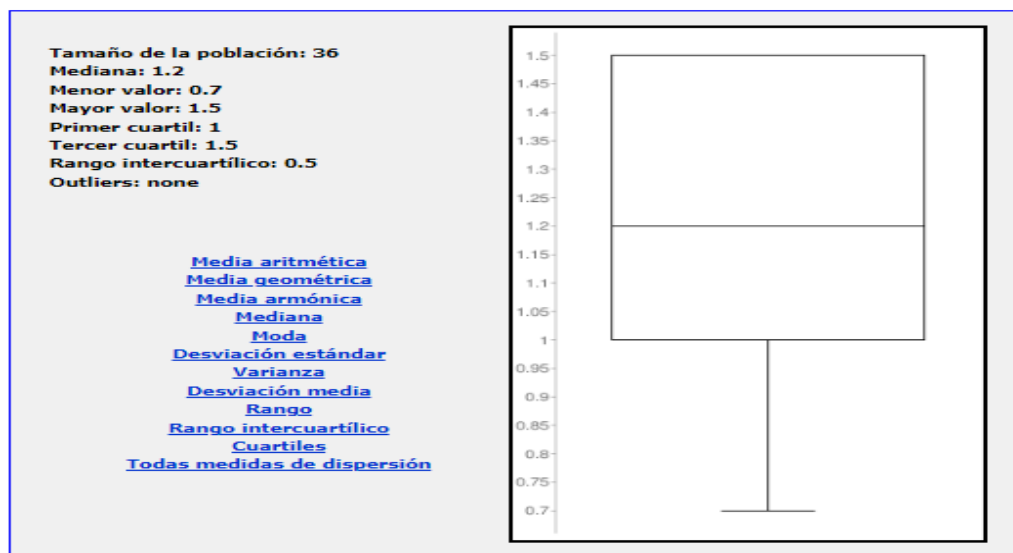


Nota: Elaboración Propia (2023)

A continuación, en la Figura 19 se muestra la Caja de Bigotes.

Figura 19.

Caja de Bigotes



Nota: Elaboración Propia (2023)

A continuación en la Tabla 20 se muestra la Igualdad de Varianzas.

Tabla 20.

Igualdad de Varianzas (%)

ANTES DE LA IMPLEMENTACION	DESPUES DE LA IMPLEMENTACION
77%	131%
77%	121%
70%	123%
76%	133%
78%	139%
79%	140%
82%	144%
102%	148%
108%	152%
101%	152%
106%	152%
109%	152%
99%	152%
109%	152%
124%	152%
119%	152%
124%	152%
125%	152%

INFORMACION MUESTRAL

VARIANZA 1	0.03594997	
VARIANZA 2	0.011539979	
N1	18	17.0
N2	18	17.0
NIVEL DE SIG (α)	0,05	0.03
F1 CRITICO	0.3740694490	
F2 CRITICO	2.67330038	
ESTADISTICO DE PRUEBA (FORMULA)		
FCAL = $S1^2/S2^2$		

1.- Planteamiento de hipotesis

$$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1 = \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

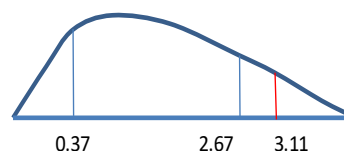
2.- Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

3.- Estadístico de prueba

$$3.11525451$$

4.- Region



5- Decisión

Se rechaza H_0

6.- Conclusión

A un nivel de significancia del 5% se puede afirmar que la variabilidad de antes de la implementación del Mantenimiento Autónomo y después de la Implementación del Mantenimiento Autónomo son diferentes.

Tabla 14.

Igualdad de Varianzas (Número decimal)

ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN	DESPUES DE LA IMPLEMENTACIÓN
0.77	1.31
0.77	1.21
0.70	1.23
0.76	1.33
0.78	1.39
0.79	1.40
0.82	1.44
1.02	1.48
1.08	1.52
1.01	1.52
1.06	1.52
1.09	1.52
0.99	1.52
1.09	1.52
1.24	1.52
1.19	1.52
1.24	1.52
1.25	1.52

Nota: Elaboración Propia (2023)

	ANTES DE LA IMPLENTACION	DESPUES DE LA IMPLENTACION
Media	0.981452599	1.445961934
Varianza	0.03594997	0.011539979
Observaciones	18	18
Varianza agrupada	0.023744974	
Diferencia hipotética de las r	0	
Grados de libertad	34	
Estadístico t	-9.043360584	
P(T<=t) una cola	7.17469E-11	
Valor crítico de t (una cola)	1.690924255	
P(T<=t) dos colas	1.43494E-10	
Valor crítico de t (dos colas)	2.032244509	

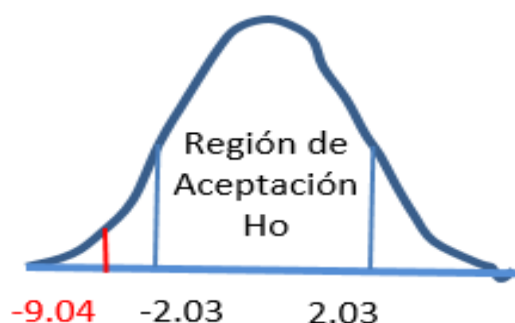
$$H_0 = U_1^2 = U_2^2$$

$$H_1 = U_1^2 \neq U_2^2$$

A continuación en la Figura 21 se muestra la Región de Aceptación H_0 .

Figura 21.

Región de Aceptación H_0



Nota: Elaboración Propia (2023)

El promedio de productividad antes de la implementación y después de la implementación son distintos.

El t estadístico (-9.04) está en la región de rechazo, por ende, se rechaza la hipótesis nula.

Si el p valor es menor al nivel de significancia entonces se rechaza la hipótesis nula ($1.43E-10 < 0.05$)

Por lo tanto se aprueba la hipótesis:

H₁ = La implementación del mantenimiento autónomo en la fabricación de tubos electrosoldados de la planta de tubos electrosoldados de la planta de Siderperú mejora la productividad.

A continuación, en la Tabla 15 se muestra el Impacto Económico.

IMPACTO ECONOMICO

Tabla 15. *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

Ingeniería Productiva: Plan de Mantenimiento Autónomo para Optimizar la Fabricación de Tubos Electrosoldados

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

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

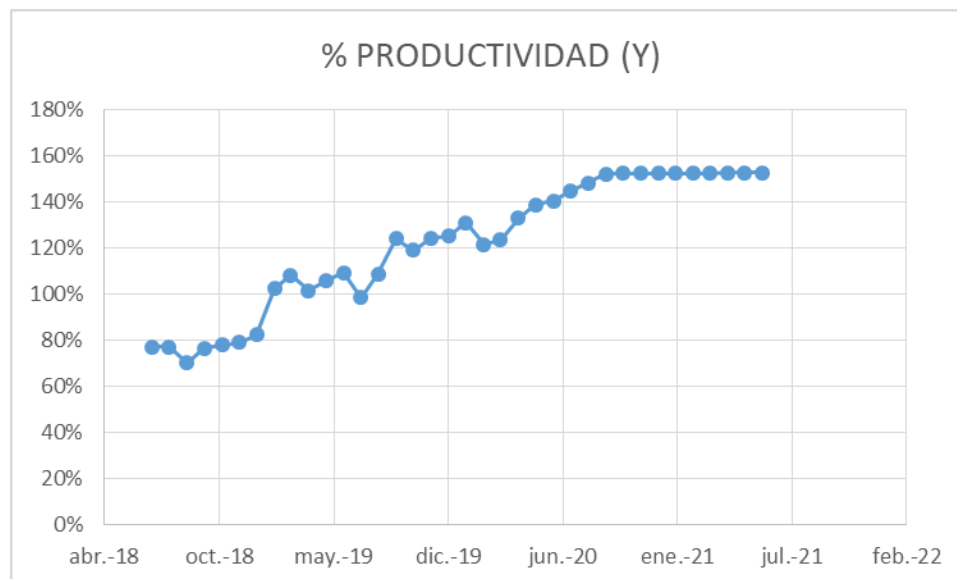
Conclusiones

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 22 se muestra el % de Productividad (Y)

Figura 22.

% Productividad (Y)

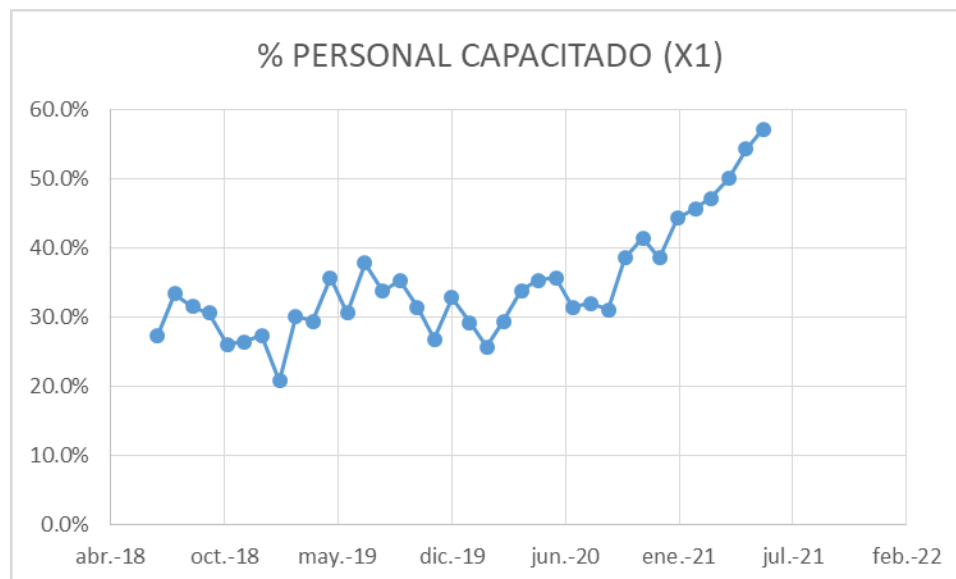


Nota: Elaboración Propia (2023)

- 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 23 se muestra el % de Personal Capacitado (X1).

Figura 23.

% Personal Capacitado (X1)

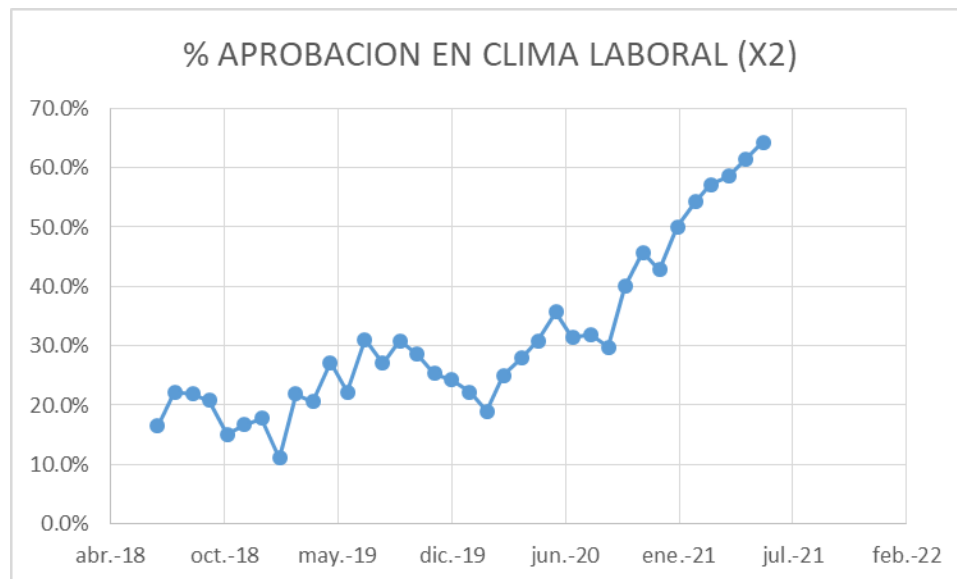


Nota: Elaboración Propia (2023)

A continuación, en la Figura 24 se muestra el % de Aprobación en Clima Laboral (X2).

Figura 24.

% Aprobación en Clima Laboral (X2)



Nota: Elaboración Propia (2023)

A continuación, en la Figura 25 se muestra el % Desviación de Paradas Programadas para Mantenimiento Preventivo (X3).

Figura 25.

% Desviación de Paradas Programadas para Mantenimiento Preventivo (X3)

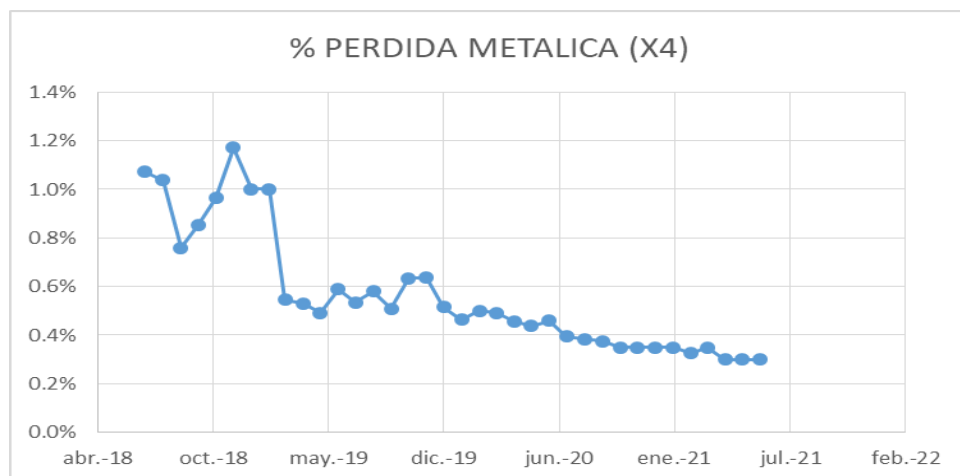


Nota: Elaboración Propia (2023)

A continuación, en la Figura 26 se muestra el Porcentaje de Pérdida Metálica (X4)

Figura 26.

% Perdida Metálica (X4)

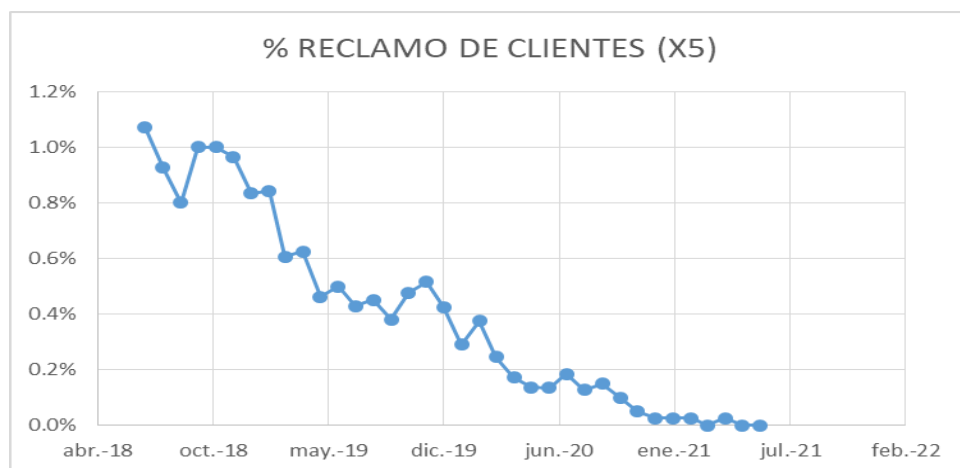


Nota: Elaboración Propia (2023)

A continuación, en la Figura 27 se muestra el Porcentaje de Reclamo de Clientes (X5).

Figura 27.

% Reclamo de Clientes (X5)

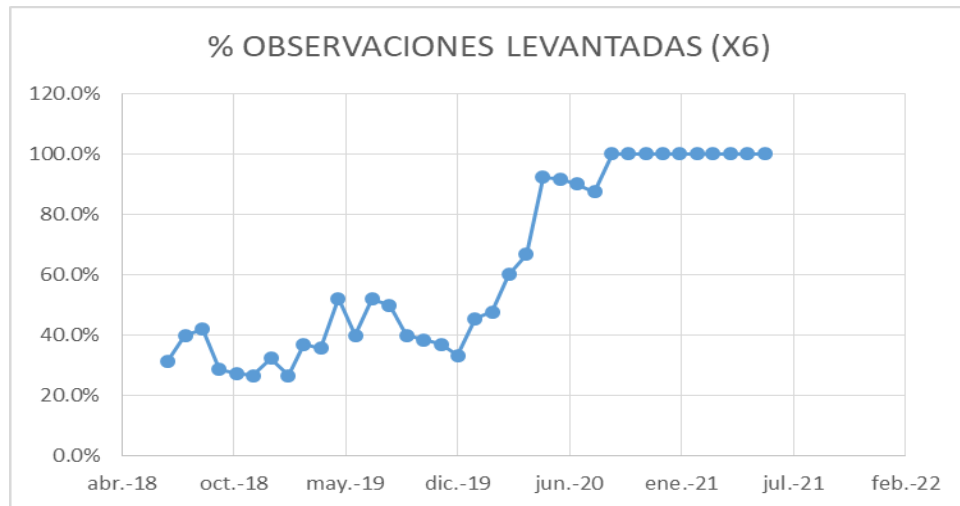


Nota: Elaboración Propia (2023)

A continuación, en la Figura 28 se muestra el Porcentaje de Observaciones Levantadas (X6).

Figura 28.

% Observaciones Levantadas (X6)

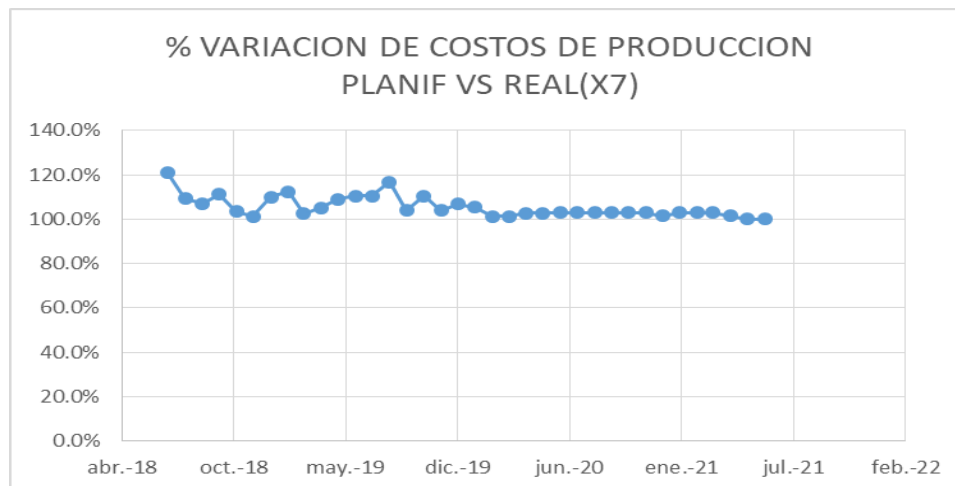


Nota: Elaboración Propia (2023)

A continuación, en la Figura 29 se muestra el Porcentaje de Variación de Costos de Producción Planificada vs Real (X7).

Figura 29.

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



Nota: Elaboración Propia (2023)

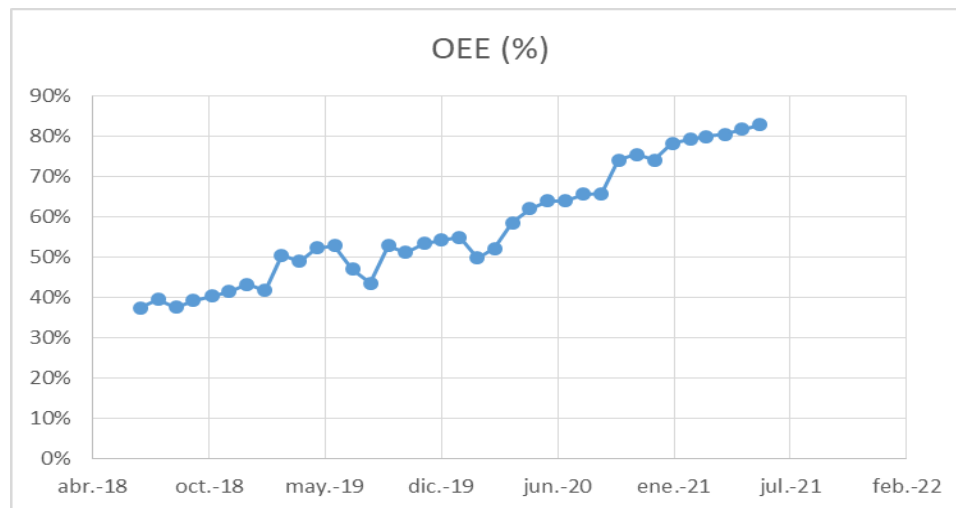
- Aumentamos el conocimiento del personal sobre los equipos y procesos.
- Eliminamos gran parte de los desperdicios existente en nuestra planta industrial, ahorrando tiempos en cambio de proceso, consumo de aceite y evitando pérdidas metálicas.
- Creamos capacidades competitivas desde los procesos industriales, 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 30 se muestra El Porcentaje de OEE x Mes.

Figura 30.

% OEE



Nota: Elaboración Propia (2023)

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 realizar 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.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anticona, C., Robert, F., Quiroz, C. y Einer (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](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

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/>

Díaz, C., Domínguez O. y Pérez, E. (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.

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, H. y Madeleine, 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.industria siderurgica.com.pe/conocenos/perfil-gerdau>
- George, M. (2018). *Lean Six Sigma For Service: How to Use Lean Speed and Six sigma Quality to Improve Services and Transactions.* New York: McGraw-Hill.
- Gutiérrez, G.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, S.C.A. (2015). *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 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 Juárez, 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, S.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-calculas-el-oees-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, R.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.
- Industria siderúrgica (29 de Marzo de 2022) *Historia de Industria siderúrgica*, <https://www.industria siderúrgica.com.pe/>
- Tamayo, M. (2020). *El proceso de la investigación*. España: Editorial Madrid.
- Toapanta, C.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, C.S. (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>

ANEXO 1 Entrevista de mantenimiento

Anexo 1.

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

PLANTA DE TUBOS DE INDUSTRIA SIDERÚRGICA - 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 Tuberías 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 identificadas

SI	NO
----	----

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:

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

Ec. 2

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 31 se muestra el Centramiento Cpk.

Figura 31.

Centramiento C_{pk} .

C_{pk} = número negativo
(el proceso no cumple
las especificaciones)



C_{pk} = cero (el proceso
no cumple las especificaciones)



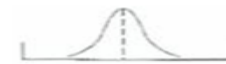
C_{pk} = entre 0 y 1
(el proceso no cumple
las especificaciones)



C_{pk} = 1
(el proceso cumple
las especificaciones)



C_{pk} > 1
(el proceso es mejor que lo que
exigen las especificaciones)



Límite de
especificación
inferior

Límite de
especificación
superior

Nota: Elaboración Propia (2023)

CORRELACIÓN

Es la fuerza de asociación entre 2 variables.

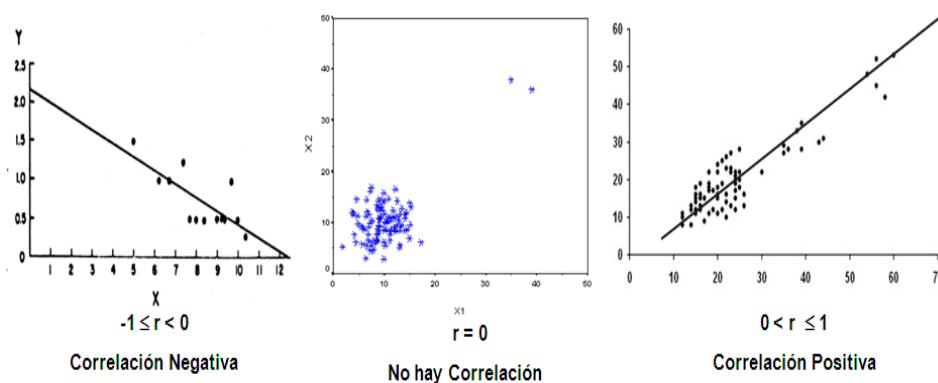
Se mide con el coeficiente de Pearson (r), cuánto más cerca esté el coeficiente de correlación de Pearson a -1 o 1 , hay más probabilidad de correlación.

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

A continuación en la Figura 32 se muestra la Probabilidad de Correlación.

Figura 32.

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



DEFECTO POR MILLON DE OPORTUNIDADES (DPMO)

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

$$Dpmo = \frac{\text{Número de defectos} \times 1\,000\,000}{\text{Número de unidades producidas} \times \text{Número de oportunidades}} \quad \text{Ec. 3}$$

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 16. Mejorar el sigma requiere reducción exponencial en defectos.

TABLA 16

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 H_0 : H sub-cero (Levin & Rubin, 2016).

HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Conclusión que aceptamos cuando los datos no respaldan la hipótesis nula, cuyo símbolo es H_1 : H sub-uno (Levin & Rubin, 2016).

INDICE DE CAPACIDAD DEL PROCESO (C_p)

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).

$$C_p = \frac{\text{Variabilidad Especificada}}{\text{Variabilidad Natural}} = \frac{LTS - LTI}{6\sigma} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

LTS = Límite de Tolerancia Superior

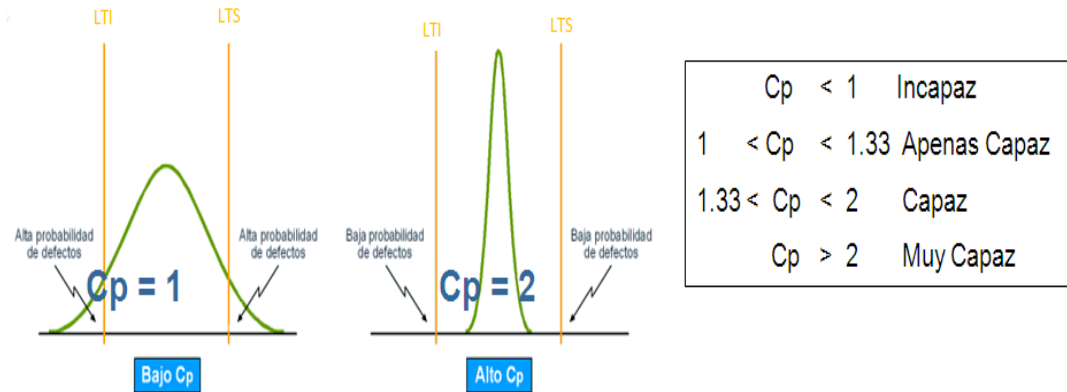
LTI = Límite de Tolerancia Inferior

σ = Desviación típica del proceso

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

Figura 33

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 34.

Prueba One Sample T.

Prueba	t (One Sample t)
Estadístico	$t = \frac{\bar{X} - \mu}{s / \sqrt{n}}$
Hipótesis Nula	$H_0: \mu = \mu_0$
Hipótesis Alternativa	
$\mu < \mu_0$;	$t < t_{\alpha, n-1}$
$\mu > \mu_0$;	$t > t_{\alpha, n-1}$
$\mu \neq \mu_0$;	$ t > t_{\alpha/2, n-1}$

Ec. 5

Prueba de hipótesis de dos muestras: Two sample t

Es un ensayo que se utiliza para comparar dos medias muestrales, 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 35.

Prueba Two Sample T.

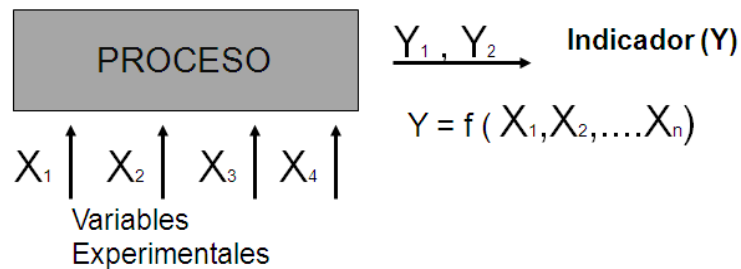
Prueba	t (Two Sample t)
Estadístico	$t = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{(s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2)}}$
Hipótesis Nula	$H_0: \mu_1 = \mu_2$
Hipótesis Alternativa	
$\mu_1 < \mu_2$;	$t < t_{\alpha, n-1}$
$\mu_1 > \mu_2$;	$t > t_{\alpha, n-1}$
$\mu_1 \neq \mu_2$;	$ t > t_{\alpha/2, n-1}$

Ec. 6

Regresión

La regresión determina el modelo matemático que relaciona las variables X con la Y. A continuación, en la Figura 36 se muestra la Xi, son la que se han obtenido después de la prueba de hipótesis de correlación (Levin & Rubin, 2016).

Figura 36. 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
$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$	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 pongámonle 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 17.

Listado de equipos crítico

EQUIPOS CRITICOS - PLANTA TUBOS								
IT	EQUIPOS	AFECTA				RESULTADOS		
		Seguridad	Medio Ambiente	Producción	Costos de mantto.	CLASE	PUNTAJE	Prioridad
1	Sub estación	5	5	5	3	A	18	1
2	Sistema de Soldado de Tuberías	5	1	5	5	A	16	2
3	Sistema de corte de Tuberías	5	1	5	5	A	16	2
4	Sistema de acabado de Tuberías	5	1	3	5	A	14	3
5	Sistema de Alimentación de Tuberías	5	1	5	3	A	14	3
6	Sistema de Formado de Tuberías	5	1	3	5	A	14	3
7	Sistema de Refrigeración de Tuberías	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 Tuberías	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 Tuberías	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

<i>Leyenda:</i>	
<i>Equipos Críticos</i>	A
<i>Equipos Importantes</i>	B
<i>Equipos No Importantes</i>	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 37 se muestra las Etiquetas del Mantenimiento Autónomo.

Figura 37.

Etiquetas Mantenimiento Autónomo

Mantenimiento Autónomo

Área _____ Célula _____
Equipo _____
Fecha ____/____/____ Nombre _____
Control nº _____

Clasificación - Tipo de Problema
☐ Seguridad ☐ Calidad ☐ Productividad

Hecho - Descripción del Problema

la reparación:

☐ Calentamiento ☐ Desregulado ☐ Ruptura/Hend. ☐ Ciclación
☐ Corto Circuito ☐ Fijación ☐ Refrigeración ☐ Tensión/Conten
☐ Contaminación ☐ Holgura ☐ Ruido anormal ☐ Refrigeración defic.
☐ Sujera ☐ Lubricación ☐ Señalización ☐ Humedad
☐ Corrosión ☐ Mal contacto ☐ Sobrecarga ☐ Vibración
☐ Desgaste ☐ No funciona ☐ Pérdida
☐ Desalineado ☐ Quema ☐ Verdado

☐ MECÁNICA ☐ ELECTROMECÁNICA

MANTENIMIENTO

Concluido em: _____
Fecha Resp. Fecha Resp.

Mantenimiento Autónomo

Área _____ Célula _____
Equipo _____
Fecha ____/____/____ Nombre _____
Control nº _____

Clasificación - Tipo de Problema
☐ Seguridad ☐ Calidad ☐ Productividad

Hecho - Descripción del Problema

la reparación:

☐ Calentamiento ☐ Fijación ☐ Suciedad ☐ Contaminación
☐ Corrosión ☐ Fijación ☐ Ruido anormal ☐ Suciedad
☐ Desgaste ☐ Lubricación ☐ Vibración ☐ Humedad
☐ Desalineado ☐ Ruptura ☐ Pérdida ☐ Vibración
☐ Desregulado ☐ Refrigeración ☐ Pérdida

☐ Sustitución
☐ Vedamiento

OPERADOR

Concluido em: _____
Fecha Resp. Fecha Resp.

Nota: Elaboración Propia (2023)

PROGRAMA DIARIO DE MANTENIMIENTO AUTONOMO

Con esta información recopilada del historial de las máquinas tuberías 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		FICHA	
	1ER T			
	OPERADOR		FICHA	
	2DO T			
	OPERADOR		FICHA	
	3ER T		FICHA	

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
1 ER TURNO	TAREA ST ATUBO - I - 001 - F1 ATUBO - L - 002 - F1 ATUBO - L - 012 - LFAD ATUBO - I - 013 - EM	TAREA ST ATUBO - I - 001 - F2 ATUBO - L - 002 - F2 ATUBO - L - 010 - AD ATUBO - I - 011 - AD	TAREA ST ATUBO - I - 001 - F3 ATUBO - L - 002 - F3 ATUBO - L - 014 - TH	TAREA ST ATUBO - I - 001 - F4 ATUBO - L - 002 - F4 ATUBO - I - 015 - TH	TAREA ST ATUBO - I - 001 - F5 ATUBO - L - 002 - F5 ATUBO - L - 016 - TH	TAREA ST ATUBO - L - 016 - TH ATUBO - L - 002 - F6 ATUBO - L - 017 - UN
2 DO TURNO	TAREA ST ATUBO - I - 003 - F1	TAREA ST ATUBO - I - 003 - F2	TAREA ST ATUBO - I - 003 - F3	TAREA ST ATUBO - I - 003 - F4	TAREA ST ATUBO - I - 001 - F5	TAREA ST ATUBO - I - 003 - F6

Ingeniería Productiva: Plan de Mantenimiento Autónomo para Optimizar la Fabricación de Tubos Electrosoldados

	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		

	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO	
	TAREA	ST	TAREA	ST	TAREA	ST	TAREA	ST	TAREA	ST	TAREA	ST
3 ER TURNO	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 38.

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 39 se muestra la Matriz de Entrenamiento y Capacitaciones.

Figura 39.

Entrenamiento y Capacitaciones

HABILIDADES / CONOCIMIENTOS							
PERFIL		OPERACIÓN		MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE SOPORTE Y ORIENTACIÓN	
		OPERACIÓN ESPECIALIZADA		MEC / ELEC	ESPECIALIZACIÓN		
		Potencial para aprender		Iniciativa			
		Voluntad para Aprender		Comprometidos			
Trabajo en Equipo		Dominio Técnico					
HABILIDADES / CONOCIMIENTOS	Educación	Secundaria Completa	Técnicos	Técnicos	Técnicos Especializados		
	Integración	General				Facilitador	
		Especificación por Área (50 % en el Trabajo)					
		Especificación por Cédulas (100% en el Trabajo)					
	Proceso, Operación y Mantenimiento	Nociones de Siderurgia				Facilitador/ Externo	
		Especialización Conforme a la Función					
		Especialización Conforme a la Función + Tareas Críticas				Operadores	
		(Estándares de Operación, Estándares de Rutina, Calidad Total en el trabajo					
		Mantenimiento Autónomo		Mantenimiento Productivo Total		Facilitadores de Mantenimiento Mecánico y/o Eléctrico	

	Informática		Office (Word, Excel, Power Point, Windows) y SAP		Multiplicadores Externos	
	Gestión	Seguridad	Seguridad en el Trabajo		Facilitador Externo	
		Equipo	Trabajo en Equipo		Facilitador	
		Entrenamiento	Entrenamiento de Eos, PRs y Gestión de la Calidad			
		Concepto de Calidad	Conceptos de Calidad Total, PDCA, 5S			
		Rutina	Definición de Negocio, Rutina, Tratamiento de Fallas, Elaboración de EO y PR, Sistema de Calidad			
		Mejoras	Planes de Acción			

1er Mes	Antes de 6 meses	Antes de 12 meses	Antes de 18 meses	Después de 18 meses	A lo largo del Tiempo
---------	------------------	-------------------	-------------------	---------------------	-----------------------

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.

ÍTEMES 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.

Ingeniería Productiva: Plan de Mantenimiento Autónomo para Optimizar la Fabricación de Tubos Electrosoldados

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				

Ingeniería Productiva: Plan de Mantenimiento Autónomo para Optimizar la Fabricación de Tubos Electrosoldados

		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			

Ingeniería Productiva: Plan de Mantenimiento Autónomo para Optimizar la Fabricación de Tubos Electrosoldados

		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		

Ingeniería Productiva: Plan de Mantenimiento Autónomo para Optimizar la Fabricación de Tubos Electrosoldados

		MEC	MTTO. A EL ROVÁLVULAS 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 SEIZING	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		

Ingeniería Productiva: Plan de Mantenimiento Autónomo para Optimizar la Fabricación de Tubos Electrosoldados

		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		

Ingeniería Productiva: Plan de Mantenimiento Autónomo para Optimizar la Fabricación de Tubos Electrosoldados

		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

Ingeniería Productiva: Plan de Mantenimiento Autónomo para Optimizar la Fabricación de Tubos Electrosoldados

		ELECT	AJUSTE DE TERMINALES, CABLES	1	20		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISIÓN DE CONTINUIDAD FLOW SWICHT 3/4	1	5		X		X		X		X		X
		ELECT	LIMPIEZA Y AJUSTE DE TERMINALES	1	5		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISIÓN DE AISLAMIENTO RESPECTO	1	15		X		X		X		X		X
		ELECT	VERIFICAR ESTADO DE CABLES DE ENTRADA	1	5		X		X		X		X		X
		ELECT	MEDIR VALOR NOMINAL DE RESISTENCIA	1	5		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISAR TEMPERATURA DE RESISTENCIA	1	5		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISAR TEMPERATURA DE RESISTENCIA	1	5		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISAR TEMPERATURA DE TRAF0 < 40° C	1	5		X		X		X		X		X
		ELECT	LIMPIEZA DE HOLLÍN DE TRAF0 DE ALTA	1	10		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISAR VIBRACIÓN SENSORIALMENTE	1	5		X		X		X		X		X
		ELECT	VERIFICAR TEMPERATURA DE TRANSFORMADOR	1	5		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISIÓN DE VIBRACIÓN DE TRANSFORMADOR	1	5		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
		ELECT	REVISIÓN DE CORRIENTE POR FASE	1	10		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISIÓN DE TENSIÓN ENTRE FASES	1	10		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISIÓN DE AISLAMIENTO DE MOTOR	1	15		X		X		X		X		X
		ELECT	VERIFICACIÓN SENSORIAL DE VIBRACIÓN	1	5		X		X		X		X		X
16	IMPRESORAS DOMINO	ELECT	REVISIÓN PARÁMETROS VELOCIDAD DE BOMBA	1	5		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISIÓN DE PRESIÓN DE TINTA	1	5		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISIÓN DE TIEMPO DE TRABAJO DE BOMBA	1	5		X		X		X		X		X

Ingeniería Productiva: Plan de Mantenimiento Autónomo para Optimizar la Fabricación de Tubos Electrosoldados

		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

Ingeniería Productiva: Plan de Mantenimiento Autónomo para Optimizar la Fabricación de Tubos Electrosoldados

		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	
22	BOMBAS DE AGUA TUBOS	MEC	VERIFICAR T° DE RODAMIENTO POSTERIOR	1	5		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR T° DE RODAMIENTO LADO SELLO	1	5		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR FUGAS EN ZONA DE SELLO	1	5		X		X		X		X		X		X
		MEC	REVISAR Y REALIZAR LIMPIEZA A VÁLVULA	1	5		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR FUGAS EN LAS TUBERÍAS	1	5		X		X		X		X		X		X
23	SISTEMA DESCARGA TUBOS	MEC	VERIFICAR ESTADO DE SOPORTE DE SENSOR	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR PRESIÓN PROMEDIO DE 3.5 BAR	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICACIÓN DE ESTADO DE CILINDRO	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE PALETAS BOTADORAS	1	5	X		X		X		X		X		X	

Ingeniería Productiva: Plan de Mantenimiento Autónomo para Optimizar la Fabricación de Tubos Electrosoldados

		MEC	VERIFICAR ESTADO DE UNIDAD NEUMÁTICA	1	5	X		X		X		X		X		X	
24	SISTEMA HIDRÁULICO CORTE TUBO	MEC	VERIFICAR T° DE RODAMIENTO POSTERIOR	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE CONEXIONES	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR T° DE INTERCAMBIADOR DE CALOR	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR T° DE VÁLVULAS HIDRÁULICAS	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE CONEXIONES	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR T° DE MANGUERAS Y CONECTORES	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR FUGAS EN MANGUERAS	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE CILINDRO HIDRÁULICO	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE CILINDROS	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE CILINDRO HIDRÁULICO	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE SELLOS DE VÁSTAGO	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE SELLOS DE ÉMBOLO	1	20	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE VÁSTAGO	1	5	X		X		X		X		X		X	
25	ESTRUCTURA CARRO CORTE TUBO	MEC	VERIFICAR T° DE RODAMIENTO DE MOTOR	1	5		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR T° DE RODAMIENTO DE MOTOR	1	5		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR DESGASTE DE CANAL POLEA	1	5		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE ESTRUCTURA DE TODA	1	10		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR JUEGO DE RODADURA DE SOPORTES	1	5		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR TENSADO DE FAJA DE ARRASTRE	1	5		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE FAJAS TIPO "V" A-50	1	5		X		X		X		X		X		X

		MEC	VERIFICAR DESGASTE DE CANAL POLEA	1	5		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR T° DE RODAMIENTOS LADO POLEA	1	5		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR T° DE RODAMIENTOS LADO DISCO	1	5		X		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR VIBRACIÓN DE TAMBOR	1	5		X		X		X		X		X		X
26	COILCAR	MEC	VERIFICAR ESTADO DE VÁLVULAS DE CONTROL	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR FUGAS EN MANGUERAS	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE CILINDRO HIDRÁULICO	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR CADENAS DE TRANSMISIÓN	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE MOTOR HIDRÁULICO	1	5	X		X		X		X		X		X	
27	TORRE ENFRIAMIENTO TUBOS	MEC	VERIFICAR FUGAS EN SELLO MECÁNICO	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ACOPLAMIENTOS	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE VÁLVULA DE NIVEL	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE VÁLVULAS DE CONTROL	1	5	X		X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE VÁLVULA REGULADORA	1	5	X		X		X		X		X		X	

Tabla 18.

Programa del mantenimiento anual planificado

F.- PASO 6. Estandarización

En esta etapa se buscará definir las actividades de rutina del operador de máquina, el cuál garantizará el normal flujo de producción en las líneas. Con las Actividades para el Mantenimiento Autónomo buscaremos mejorar el **% Pérdida Metálica (X4)**.

Tabla 19.

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		

Ingeniería Productiva: Plan de Mantenimiento Autónomo para Optimizar la Fabricación de Tubos Electrosoldados

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	Uncoiler	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 desalineamientos 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 quiebras
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	

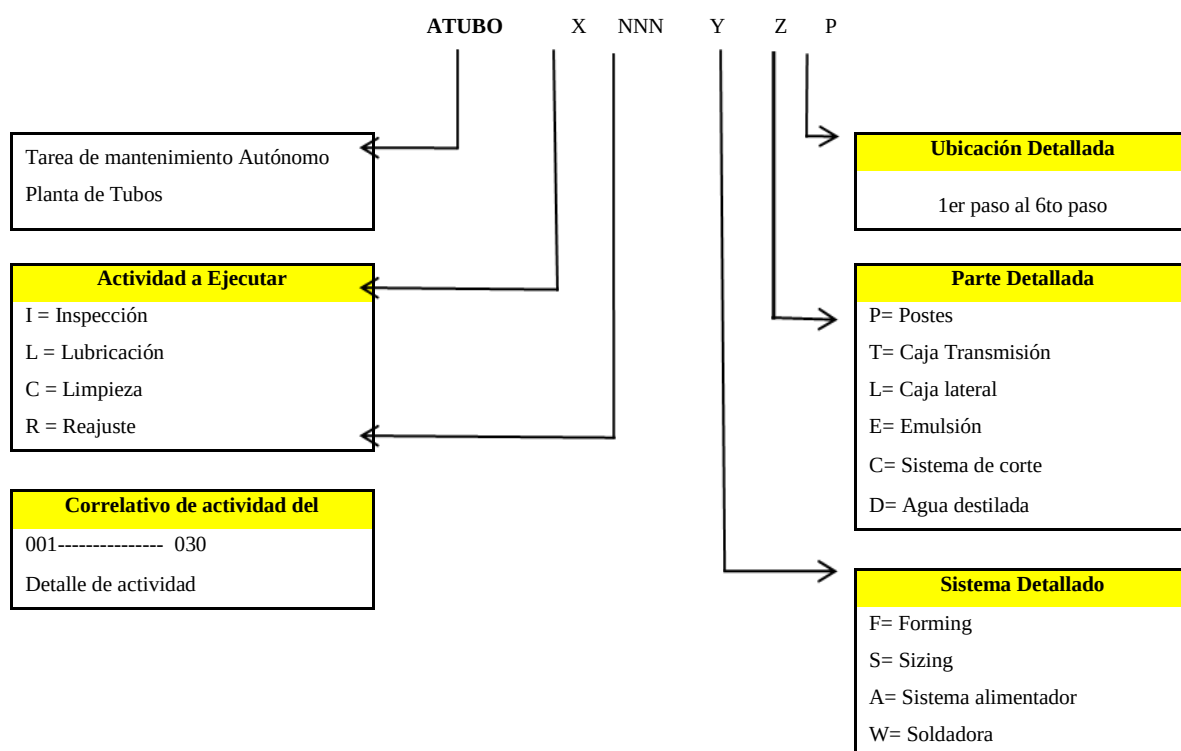
ATUBO-028		Limpieza y lubricación	Prevía limpieza se procede a inspeccionar el estado, así como el funcionamiento	15 min	
-----------	--	------------------------	---	--------	--

	TAREA		LUGAR
I	INSPECCIÓN	S	SIZING
			FORMIN
C	LIMPIEZA	F	G
			LATERA
R	REAJUSTE	L	L
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 40 se muestra la simbología a usar en el Programa de Mantenimiento Autónomo.

Figura 40.

Simbología del mantenimiento autónomo



R= Sistema de refrigeración
C= Cortadora
I= Sistema de impresión
TH= Cabeza Turca
D= Zona de descarga

Nota: Elaboración Propia (2023)

G.- PASO 7. Dirección del sistema autónomo

1.- PERFILES OPERATIVOS

Como parte del mantenimiento autónomo se definieron roles del personal que hará de soporte a la producción, apoyando el periodo de transición. Los roles son:

EL PAPEL DEL FACILITADOR DE PRODUCCIÓN

- Motivar a los operadores a practicar el Mantenimiento Autónomo.
- Suministrar los recursos necesarios para las rutinas y mejoras específicas.
- Administrar la emisión y resolución de las etiquetas azules (de operación).
- Acompañar la ejecución de las actividades del día a día corrigiendo los desvíos.
- Trabajar en conjunto con el facilitador del mantenimiento para la eliminación de las anomalías y problemas crónicos.

EL PAPEL DEL FACILITADOR DE MANTENIMIENTO

- Administrar la resolución de las etiquetas rojas (de mantenimiento).
- Acompañar la actuación del padrino de mantenimiento.
- Buscar la solución definitiva de los problemas (causas raíces).
- Trabajar en conjunto con el facilitador de operación para la eliminación de las anomalías y problemas crónicos.

EL PAPEL DEL OPERADOR

- Ejecutar el check list (Verificación) de mantenimiento autónomo.
- Llenar las etiquetas de las anomalías.
- Reclamar la resolución de los problemas registrados en las etiquetas.
- Mantener el local de trabajo limpio y organizado.
- Ejecutar pequeñas reparaciones y registrarlas en las etiquetas azules.
- Mantener las informaciones de operación actualizadas en el cuadro del Mantenimiento Autónomo.

EL PAPEL DEL PADRINO MANTENEDOR

- Hablar con los Operadores todos los días tratando de identificar situaciones de anormalidades en los equipos y, a continuación, evaluar las nuevas etiquetas planificando o, incluso, solucionando de inmediato las anomalías encontradas.
- Ejecutar las reparaciones registradas en las etiquetas rojas;
- Capacitar a los operadores para realizar el check list de inspección e identificación de anomalías.
- Mantener las informaciones de mantenimiento actualizadas en el cuadro del Mantenimiento Autónomo;
- Hablar con los Operadores todos los días tratando de identificar las situaciones de anormalidades en los equipos y, a continuación, evaluar las nuevas etiquetas planificando o, incluso, resolviendo de inmediato las anomalías encontradas.

EL PAPEL DEL GESTOR DEL ÁREA

- Incentivar y patrocinar el Mantenimiento Autónomo.
- Como pueden observar con este tipo de sistema de Gestión, se busca cubrir todos los campos industriales, teniendo como foco.
- Regularizar las condiciones primordiales de: Limpieza, lubricación y reapriete.
- Apegar a los procedimientos de operación.
- Eliminar el desperfecto.
- Mejorar las debilidades del diseño.
- Mejorar las habilidades y destrezas de los operadores y operarios de mantenimiento.

Con todo ello buscamos mejorar **el % de Aprobación en Clima Laboral (X2)**, con colaboradores satisfechos, buscando que en principio su jefe sea un Facilitador, y la empresa su segunda familia.