

TPM EN ACCIÓN

**EFICIENCIA TOTAL EN
LA INDUSTRIA DEL ACERO**



CARLOS ANTONIO PORRAS GUZMÁN



IDEOs

Centro de Investigación
y Producción Científica

TPM en Acción

Eficiencia Total en la Industria del Acero

Editor



TPM en Acción

Eficiencia Total en la Industria del Acero

Carlos Antonio Porras Guzmán

Editado por

CENTRO DE INVESTIGACIÓN & PRODUCCIÓN CIENTÍFICA
IDEOS E.I.R.L

Dirección: Calle Teruel 292, Miraflores, Lima, Perú.

RUC: 20606452153

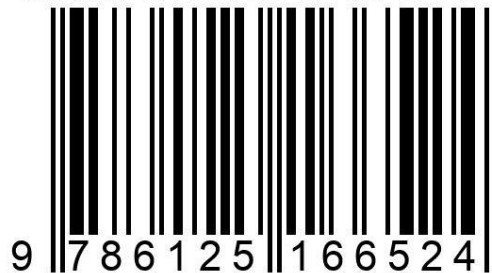
Primera edición digital, Junio 2025

Libro electrónico disponible en www.tecnohumanismo.online

ISBN: 978-612-5166-52-4

Registro de Depósito legal N°: 2025-05846

ISBN: 978-612-5166-52-4



Carlos Antonio Porras Guzmán

caporrasgu1183@ucvvirtual.edu.pe



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

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

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso,
por ser mi guía constante, por concederme la sabiduría para
comprender y la fuerza para perseverar. Por abrir caminos cuando
todo parecía cerrarse y por proveer, siempre, lo necesario para seguir
adelante.

A mi madre, **Nelly Tomasa Guzmán Collazos**,
pilar incansable de mi vida, que sembró en mí, desde el hogar, los
valores del amor, el respeto y la perseverancia. Su ejemplo de lucha,
incluso en los momentos más difíciles, es el fundamento sobre el cual
se construye este logro.

A mis hermanos, **Melissa y Miguel Porras Guzmán**,
cómplices de vida, cuyo apoyo, afecto sincero y palabras de aliento
han sido refugio y fuerza en cada paso de este camino.

A mi esposa, **Edit Barrientos Minaya**,
compañera de sueños y batallas, que con cada gesto, con cada mirada,
ha reafirmado su compromiso inquebrantable de caminar a mi lado.
Su amor silencioso ha sido brújula y ancla en cada nueva travesía.

Y a mi hija, **Zahira Valentina Porras Barrientos**,
luz de mis días, inspiración de mis anhelos. Su existencia le da sentido
a cada palabra escrita y a cada meta alcanzada.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a quienes, con generosidad y compromiso,
contribuyeron al desarrollo de esta obra:

Al **Mg. Anwar Yarin Achachahua**, por su valiosa labor como asesor. Su paciencia, rigor académico y disposición para revisar cada borrador hicieron posible la culminación exitosa de este trabajo.

A la **Dra. Ing. Estrella de la Paz Martínez**, por su lectura crítica del primer manuscrito y por brindarme el aliento necesario para seguir avanzando con determinación.

Al **Mg. Ing. Félix Guerrero Roldán**, por sus enseñanzas desde mis años de pregrado hasta la Maestría. Su ejemplo como docente y profesional ha dejado una huella imborrable en mi formación.

Al **Mg. Ing. Carlos Eduardo Li García**, por compartir generosamente sus conocimientos y experiencias en las aulas de la Maestría, aportando claridad y perspectiva a este proyecto.

Al **Ing. Luis Rengifo Bardales**, cuya orientación fue clave para definir el enfoque y la visión de esta obra.

A todos ellos, mi gratitud sincera.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
RESEÑA.....	7
INTRODUCCION.....	8
PARTE I.....	10
CAPÍTULO I. CONTEXTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	11
1.1. Identificación del problema.....	12
1.2. Formulación de problemas	15
1.3. Objetivos de la investigación	19
1.4. Justificación.....	21
1.5. Limitaciones y facilidades.....	24
1.6. Hipótesis de partida.....	28
PARTE II.....	32
CAPÍTULO II. BASES CIENTÍFICAS Y OPERATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	33
2.1 Fundamento Contextual del Cambio Operativo.....	34
2.1.1. Base social	35
2.1.2. Base teórica.....	37
2.2. Antecedentes de estudio	39
2.3. Mantenimiento productivo total - concepto teórico	41
2.4. Marco conceptual	78
2.5. Proceso de operación y producción en la planta de tubos.....	89
2.6. Implantación del TPM en la planta de tubos.....	91
CAPÍTULO III. METODOLOGIA	193
3.1. Relación entre las variables de la investigación.....	193
3.2. Tipo de investigación	196
3.3. Diseño de la investigación	199
3.4. Etapas de investigación	200
3.5. Metodica en cada momento de la investigación.....	203
3.6. Operacionalización de variables.....	205

3.7. Población y muestra	209
3.7.1 Población	209
3.7.2 Muestra	210
3.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	211
3.9. Procedimientos de recolección de datos.....	212
3.10. Procedimiento estadístico y análisis de datos	214
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	218
4.1. Resultados parciales	218
4.2. Resultados finales.....	220
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	225
5.1. Contrastación de hipótesis con los resultados	228
5.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares	230
CONCLUSIONES.....	233
RECOMENDACIONES	235
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	238

RESEÑA

Vivimos inmersos en un mundo de organizaciones: fábricas, oficinas, centros de servicios y plantas productivas que mobilizan el esfuerzo diario de millones de personas. Cada una de estas entidades adopta métodos de gestión que orientan la consecución de sus metas y garantizan la eficiencia de sus procesos. En el caso de industrias de producción continua, la gestión del mantenimiento es un pilar fundamental para asegurar la disponibilidad de los equipos, optimizar los costos operativos y mantener los estándares de calidad que exigen los mercados nacionales e internacionales.

Este libro surge de la necesidad de profundizar en un enfoque novedoso y eficaz: el Mantenimiento Productivo Total (TPM). Lejos de ser un conjunto de acciones aisladas, el TPM constituye una filosofía organizacional que involucra a todos los niveles —desde los operarios en el taller hasta los ingenieros y líderes de planta—, en la búsqueda conjunta de la excelencia operativa. A través de su implementación, no solo se previenen averías, accidentes y defectos, sino que también se promueve una cultura de mejora continua, innovación y compromiso colectivo.

A lo largo de estas páginas, compartiremos el recorrido completo de esta investigación: desde la identificación y formulación del problema, pasando por la revisión de antecedentes y bases teóricas, hasta la metodología aplicada y el análisis de resultados. Asimismo, se expondrán conclusiones y recomendaciones prácticas para consolidar la implantación del TPM como una estrategia sostenible que, más allá de incrementar la rentabilidad, fortalece la moral y el desarrollo profesional de quienes día a día operan y mantienen la planta.

Invito al lector a sumergirse en este estudio, a descubrir cómo el TPM puede transformar una planta de tubos en un referente de productividad y rentabilidad, y a adoptar una visión integrada donde el mantenimiento deje de ser un gasto para convertirse en un activo estratégico. Que este libro sea una guía y una inspiración para todas las organizaciones que aspiren a la excelencia en la era de la globalización industrial.

INTRODUCCION

En un entorno industrial tan dinámico como el actual, las organizaciones de producción continua enfrentan el reto permanente de maximizar la disponibilidad de sus activos y garantizar la calidad de sus productos. La creciente competencia global y las exigencias de eficiencia operativa han convertido al mantenimiento en una actividad estratégica cuyo impacto trasciende la simple reparación de averías. Por ello, este libro propone un enfoque integral que sitúa al Mantenimiento Productivo Total (TPM) como eje central de la gestión industrial.

El propósito de esta introducción es contextualizar al lector en las principales motivaciones y ámbitos de aplicación del TPM, así como delinear los objetivos y el alcance de la investigación. Se expondrá cómo el TPM permite:

- Anticipar y eliminar pérdidas generadas por fallas, tiempos de parada y defectos de calidad.
- Empoderar a los operarios mediante capacitaciones y actividades de mantenimiento autónomo.
- Integrar prácticas de mejora continua que involucren a todos los niveles jerárquicos.
- Sincronizar el mantenimiento con otras áreas de gestión, como calidad, seguridad y medio ambiente.

Además, se detallarán las contribuciones originales de este estudio a la literatura de gestión de mantenimiento y se afirmará la relevancia de sus hallazgos tanto para académicos como para profesionales del sector. De esta forma, el lector comprenderá desde el inicio el valor agregado de implementar TPM como herramienta de transformación organizacional.

A lo largo de los siguientes capítulos, se desarrollará un análisis riguroso basado en datos empíricos, marcos teóricos sólidos y experiencias prácticas obtenidas de la Planta de Tubos de Industria siderúrgica. Con ello, se busca no solo describir el “qué”

del TPM, sino también el “cómo” y el “por qué”, brindando una guía detallada para su adopción y adaptación en contextos industriales diversos.

PARTE I

INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO

En esta primera parte del estudio, se sientan las bases conceptuales y contextuales que guían la investigación sobre la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la industria del acero. El objetivo es ofrecer al lector una visión clara del entorno productivo de la Planta de Tubos, así como del desafío central que motiva este trabajo: identificar y resolver las principales ineficiencias que obstaculizan la eficiencia global de la operación.

Comenzaremos describiendo el panorama actual del sector siderúrgico, enfatizando sus características esenciales —volúmenes de producción, procesos críticos y presión competitiva— y mostrando cómo estas condiciones hacen del TPM una herramienta estratégica para lograr ventajas sostenibles. A continuación, se definirá con precisión el problema de investigación, partiendo de las evidencias empíricas detectadas en la planta y formulando las preguntas y objetivos que orientan el análisis.

Esta sección también aborda la justificación del estudio, donde se expondrán los beneficios esperados tanto para la empresa —en términos de reducción de paradas no planificadas, aumento de la vida útil de los equipos y optimización de recursos— como para el cuerpo gerencial y operativo, en cuanto al desarrollo de capacidades de mejora continua. Asimismo, se aclararán los alcances y limitaciones que condicionan el trabajo, de modo que el lector comprenda el alcance práctico y teórico de los hallazgos.

Finalmente, se presentarán las hipótesis de partida que serán evaluadas en el transcurso de la investigación, estableciendo el marco lógico que conectará la teoría con los resultados empíricos obtenidos. De esta manera, Parte I constituye el cimiento sobre el cual se erige todo el estudio, garantizando una ruta clara y coherente hacia la exploración del TPM como motor de transformación en la industria del acero.

CAPÍTULO I. CONTEXTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La industria siderúrgica global se caracteriza por altos volúmenes de producción, operaciones continuas y una fuerte presión para optimizar costos y plazos de entrega. En este escenario, la Planta de Tubos objeto de estudio enfrenta retos típicos del sector: frecuentes paradas no planificadas, desgaste acelerado de equipos críticos y variaciones en la calidad del producto final. Estos síntomas no solo impactan la rentabilidad, sino que ponen en riesgo la competitividad de la empresa frente a actores con procesos más maduros y tecnologías de vanguardia.

Dentro de esta realidad, el Mantenimiento Productivo Total (TPM) emerge como una filosofía de gestión integrada que busca involucrar a todos los niveles organizativos —desde el operador de maquinaria hasta la alta dirección— en la mejora continua de la confiabilidad y eficiencia de los activos. No obstante, su despliegue efectivo requiere un diagnóstico preciso de las ineficiencias actuales, así como una definición clara del problema que el programa debe resolver.

En este capítulo se contextualiza la Planta de Tubos en su entorno productivo, describiendo sus principales procesos (corte, conformado, soldadura y recubrimiento) y las dinámicas operativas que influyen en la disponibilidad y desempeño de los equipos. A partir de datos preliminares de indicadores de mantenimiento y producción, se identifican los “cuellos de botella” más relevantes y se delimita el alcance de la investigación. Seguidamente, se formulan las preguntas de investigación y los objetivos específicos que orientarán el estudio, estableciendo la línea base sobre la cual se contrastarán las hipótesis de trabajo.

De este modo, la definición del problema no solo refleja la necesidad de reducir tiempos de paro y costos de mantenimiento, sino también la urgencia de crear una cultura de propiedad y responsabilidad en el personal operativo. Al finalizar este capítulo, el lector dispondrá de un panorama detallado de la situación actual y de los criterios concretos que fundamentan la intervención TPM propuesta en las fases subsiguientes de la investigación.

1.1. Identificación del problema

Toda investigación surge de una necesidad concreta: una realidad que interpela, un vacío de conocimiento, o una situación insatisfactoria que exige ser comprendida y transformada. La identificación del problema constituye, por tanto, el primer paso esencial en el proceso investigativo, pues permite delimitar con claridad el fenómeno a estudiar, contextualizarlo en su entorno y fundamentar la relevancia de su análisis.

En esta sección se expone de manera ordenada la situación problemática que da origen a este estudio. A partir de la observación crítica de la realidad y del análisis de antecedentes teóricos y prácticos, se describe el contexto en el que se manifiesta el problema, se evidencian sus causas y consecuencias, y se justifica su abordaje en función de su impacto en el ámbito de estudio.

Este planteamiento no solo orienta la formulación de los objetivos, hipótesis y metodología, sino que también garantiza la coherencia y pertinencia de toda la obra. Identificar correctamente el problema es, en esencia, iluminar el camino que la investigación ha de recorrer.

La empresa **Industria Siderúrgica – GERDAU** se posiciona como el referente más importante en el sector siderúrgico del Perú, consolidando su liderazgo a lo largo de más de seis décadas de actividad. Fundada en el año **1956**, esta corporación ha centrado sus esfuerzos en la fabricación y comercialización de **productos de acero de alta calidad**, cumpliendo con exigentes estándares técnicos y satisfaciendo las demandas tanto del mercado nacional como de sectores industriales estratégicos.

El **Complejo Siderúrgico de Chimbote**, donde se desarrollan las principales operaciones productivas, se encuentra ubicado en un área industrial de aproximadamente **600 hectáreas**, lo que le permite operar con eficiencia a gran escala. Esta planta tiene una **capacidad instalada que supera las 500 mil toneladas métricas anuales** de productos terminados de acero, lo cual representa una infraestructura de alto rendimiento dentro del contexto latinoamericano.

Entre sus unidades productivas destaca de manera significativa la **Planta de Tubos**, especializada en la elaboración de **tubos de acero cuadrados y redondos**, utilizando procesos de **electrosoldadura de precisión**, y abarcando una diversidad de espesores, de acuerdo con los requerimientos de los sectores de construcción, minería, industria pesada y transporte.

No obstante, esta planta enfrenta actualmente desafíos críticos vinculados a la **presión de una alta demanda operativa**, que bordea las **6 000 toneladas mensuales**, lo cual exige no solo mantener la calidad del producto, sino también **optimizar los costos operativos** de manera sustancial. Esta necesidad se vuelve aún más apremiante si se considera que **la participación de la empresa en el mercado nacional ha disminuido considerablemente**: mientras anteriormente abastecía aproximadamente el **80% del consumo nacional**, en la actualidad solo cubre un **33%**, con una producción reducida a **2 000 toneladas mensuales**.

Este retroceso en la cuota de mercado nacional ha sido causado por múltiples factores que convergen negativamente en el desempeño competitivo de la planta. Entre ellos destacan: la aparición de competidores con estructuras de costos más eficientes, el ingreso de productos importados a precios más bajos, la falta de renovación tecnológica en ciertos procesos clave, y limitaciones en la gestión operativa que han afectado la capacidad de respuesta frente a las nuevas exigencias del mercado.

En este contexto, resulta indispensable **revisar integralmente los modelos de gestión productiva y operativa**, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora, reducir desperdicios, fortalecer la eficiencia y restablecer la competitividad de la empresa en un entorno cada vez más dinámico y exigente. La presente investigación se inscribe en ese esfuerzo de análisis, diagnóstico y propuesta de soluciones viables y sostenibles para el fortalecimiento de una industria estratégica para el desarrollo del país.

A pesar de la trayectoria consolidada de Industria Siderúrgica – GERDAU, y particularmente de su planta de tubos, diversos factores internos y externos han contribuido a una pérdida significativa de competitividad en el mercado nacional. A continuación, se detallan las principales problemáticas identificadas, las cuales afectan

tanto la estructura de costos como la eficiencia operativa y la calidad del servicio al cliente:

- **Desventaja en precios frente a la competencia:** Los productos tubulares de la empresa presentan un precio de venta considerablemente superior al de sus principales competidores. En términos comparativos, los tubos fabricados por GERDAU son aproximadamente un **4% más caros** que los ofrecidos por **Aceros Arequipa**, un **8% más costosos** que los tubos importados desde **Ecuador**, y hasta un **10% más caros** que los productos similares provenientes de **China**. Esta brecha de precios reduce significativamente la capacidad de la empresa para competir en un mercado sensible al costo, especialmente cuando no se perciben diferenciadores tecnológicos o de calidad que justifiquen ese sobreprecio.
- **Aumento de paradas no programadas:** Se ha evidenciado un incremento progresivo de las interrupciones imprevistas en la planta de tubos. Esta situación obedece, en gran parte, a la **ausencia de un plan de mantenimiento estructurado y específico**, lo cual incrementa el riesgo de fallas mecánicas y genera un impacto directo en la continuidad del proceso productivo. La falta de mantenimiento predictivo y preventivo adecuado ha redundado en mayores tiempos muertos y pérdida de productividad.
- **Déficit de comunicación entre áreas clave:** Existe una **falta de alineación estratégica entre el área de operaciones y el área comercial**, lo que genera fricciones y decisiones descoordinadas. Mientras el equipo de ventas prioriza metas de colocación en el mercado sin considerar las limitaciones reales de capacidad productiva, el área de producción defiende sus límites técnicos buscando optimizar los costos mediante mayores volúmenes por línea. Esta desconexión debilita la capacidad de respuesta de la empresa y genera incumplimientos que afectan la confianza de los clientes.
- **Demoras en los cambios de proceso:** Las transiciones entre productos o líneas de fabricación suelen presentar **retrasos significativos**, debido a

una clara división entre los operadores de producción y el personal de mantenimiento. En lugar de trabajar de manera colaborativa, ambas partes tienden a **evadir responsabilidades** en caso de fallas o ineficiencias, lo cual obstaculiza la implementación fluida de los cambios de configuración y afecta negativamente los indicadores de eficiencia global de los equipos (OEE).

- **Elevadas pérdidas metálicas por línea:** Uno de los efectos más visibles de las frecuentes paradas de planta es la **pérdida considerable de materia prima**, ya que toda la sección de acero que queda dentro de la línea en el momento del paro suele convertirse en chatarra. Este fenómeno, conocido como pérdida metálica, representa un **desperdicio significativo de recursos** y un factor que encarece innecesariamente los costos de producción.
- **Ausencia de estandarización en velocidades de línea:** La velocidad de operación de las líneas tuberas carece de **criterios técnicos unificados y de dispositivos de control mecánico que permitan su regulación óptima**. Esta carencia genera variabilidad en los ciclos de producción, impactando directamente en la rentabilidad de la planta, la cual ya se ve comprometida por un margen promedio de solo **25%**. La falta de estandarización no solo afecta la eficiencia, sino también la capacidad para planificar, controlar y mejorar los procesos de manera sostenible.

En conjunto, estos factores constituyen un entramado de ineficiencias que comprometen el posicionamiento de la empresa en el mercado y dificultan la recuperación de su cuota perdida. Atender estos aspectos no es solo una tarea técnica, sino también organizacional, que exige una reingeniería de procesos, un fortalecimiento del liderazgo operativo y un cambio en la cultura de trabajo colaborativo.

1.2. Formulación de problemas

Una vez identificada la situación problemática que motiva esta investigación, es necesario traducirla en preguntas claras, precisas y bien estructuradas que orienten el desarrollo del estudio. La formulación del problema representa un paso clave en el

proceso investigativo, pues delimita el foco de análisis, define el alcance del trabajo y permite establecer vínculos directos entre la realidad observada, los objetivos propuestos y la metodología a emplear.

En el contexto de esta obra, se parte de un escenario caracterizado por múltiples deficiencias en la gestión operativa de la planta de tubos de la empresa Industria Siderúrgica – GERDAU. Estas deficiencias incluyen altos costos de producción, pérdida de competitividad en el mercado nacional, fallas en la comunicación interdepartamental, carencia de estandarización en procesos críticos, y una notable recurrencia de paradas no programadas que comprometen la eficiencia y rentabilidad de la operación.

Frente a este panorama, resulta indispensable convertir este conjunto de síntomas en un problema central de investigación y en una serie de interrogantes específicas que orienten la búsqueda de soluciones concretas. Estas preguntas deben emerger del análisis riguroso de la realidad, considerando tanto los aspectos técnicos como organizacionales, y servirán como eje articulador de todo el contenido que desarrolla el presente libro.

En las siguientes líneas, se plantea el problema general que da origen al estudio, así como los problemas específicos derivados, con el objetivo de generar un marco claro y lógico que permita responder, con base en evidencia, a los desafíos que enfrenta la organización en su camino hacia una mayor productividad, competitividad y sostenibilidad.

Problema General

En el marco de una industria siderúrgica que enfrenta crecientes desafíos de competitividad, uno de los factores más críticos que afecta la eficiencia y la rentabilidad operativa es el modelo de mantenimiento actualmente implementado en la planta de manufactura de tubos. Las constantes paradas no programadas, la inestabilidad de las líneas de producción y la falta de previsibilidad en la operatividad de los equipos revelan serias deficiencias en la estrategia de mantenimiento vigente. Ante este escenario, se plantea el siguiente problema general:

¿Si se implementara un sistema de mantenimiento diferente al actual, sería posible lograr una mejora sustancial en los costos operativos de la planta de manufactura de tubos de Industria Siderúrgica – GERDAU?

Esta interrogante busca explorar el impacto que una transformación en la gestión del mantenimiento —ya sea mediante un enfoque preventivo, predictivo, proactivo o basado en tecnologías de mantenimiento inteligente— podría tener en la estructura de costos, la eficiencia de las líneas tuberas y, en consecuencia, en la recuperación de la competitividad de la empresa en el mercado nacional.

La pregunta central no solo apunta a un análisis técnico, sino también estratégico: se trata de determinar si el rediseño del sistema de mantenimiento puede convertirse en un pilar estructural de mejora continua que impacte positivamente en la rentabilidad de la planta, optimizando recursos, reduciendo desperdicios y fortaleciendo la disponibilidad operativa.

Subproblemas

Para abordar de manera integral el problema general, se han formulado los siguientes subproblemas, que permiten descomponer el fenómeno en dimensiones más específicas de análisis. Cada uno de estos subproblemas se relaciona directamente con aspectos críticos del funcionamiento de la planta de tubos y sirve como base para la formulación de objetivos específicos y líneas de intervención técnica:

1. ¿Con qué frecuencia debería realizarse el mantenimiento preventivo en las máquinas tuberas para minimizar la pérdida de competitividad?

Esta pregunta busca establecer una política de mantenimiento preventiva optimizada, basada en criterios técnicos y de costo-beneficio. La frecuencia adecuada de intervención puede reducir significativamente las fallas inesperadas, prolongar la vida útil de los equipos, mejorar la disponibilidad operativa y, en consecuencia, disminuir las pérdidas de producción asociadas a paros no planificados.

2. **¿Qué acciones deben diseñarse e implementarse para mejorar significativamente la velocidad de producción en las líneas tuberas?** La velocidad de producción está directamente relacionada con la eficiencia de la línea y, por ende, con la rentabilidad del proceso. Esta pregunta apunta a la identificación de cuellos de botella, la estandarización de parámetros técnicos, la incorporación de dispositivos mecánicos o electrónicos de control, y la capacitación del personal en técnicas de operación que permitan mantener un ritmo productivo óptimo sin comprometer la calidad del producto.
3. **¿Qué acciones deben implementarse para disminuir los tiempos de cambio de proceso en las líneas de producción?** La flexibilidad en la producción es esencial en un entorno industrial con alta demanda y variabilidad de productos. Esta pregunta se enfoca en la implementación de estrategias como el SMED (Single-Minute Exchange of Die), la mejora de la coordinación entre áreas (operaciones y mantenimiento), y la creación de rutinas estandarizadas para reducir drásticamente los tiempos improductivos asociados a los cambios de producto o de especificaciones técnicas.
4. **¿Qué herramientas de gestión deben implementarse para contribuir de manera efectiva a la mejora de la productividad global de la planta?** La productividad no es solo un resultado técnico, sino también organizacional. Esta pregunta invita a reflexionar sobre qué metodologías, enfoques o tecnologías de gestión —como el TPM (Mantenimiento Productivo Total), el Lean Manufacturing, el Six Sigma, o los sistemas de indicadores de desempeño (KPIs)— pueden ser integrados en la cultura de la planta para fortalecer el enfoque de mejora continua, maximizar el uso de los recursos y generar valor de forma sostenible.

Estas preguntas constituyen el eje articulador de la presente obra. Cada una de ellas representa un campo de exploración técnica y organizacional que será abordado a lo largo del libro con base en evidencia, análisis comparado, estudio de casos y propuestas viables para transformar la operación de la planta de tubos en una unidad altamente eficiente, resiliente y competitiva frente a los retos del mercado actual.

1.3. Objetivos de la investigación

Toda investigación científica o técnica debe orientarse hacia metas claras que respondan al problema formulado. Los objetivos constituyen el **eje estructural del estudio**, ya que definen el propósito central de la investigación y establecen el rumbo metodológico que se seguirá para alcanzar resultados concretos y verificables.

En el contexto de la presente obra, centrada en el análisis y rediseño del sistema de mantenimiento de la planta de manufactura de tubos de la empresa Industria Siderúrgica – GERDAU, los objetivos surgen como respuestas planificadas a una situación crítica: la pérdida de competitividad operativa como consecuencia de deficiencias en el mantenimiento, ineficiencias productivas, falta de coordinación interdepartamental y un entorno industrial altamente exigente.

A partir de esta necesidad, se formula un **objetivo general**, que define el propósito último de la investigación, y se despliegan **objetivos específicos**, que delimitan acciones concretas, mensurables y alineadas con los subproblemas planteados. Estos objetivos no solo guían el desarrollo del análisis técnico y estratégico, sino que también sirven como criterio de evaluación para los resultados obtenidos y para las propuestas que se plantean a lo largo del libro.

El logro de estos objetivos permitirá generar una propuesta realista y aplicable que contribuya a la **mejora sostenida de los costos operativos**, al incremento de la **eficiencia industrial**, y a la **recuperación de la competitividad** de la planta en el mercado nacional de tubos de acero.

Objetivo General

Proponer e identificar el tipo de sistema de mantenimiento más adecuado para la planta de manufactura de tubos de **Industria Siderúrgica – GERDAU**, con el propósito de reducir significativamente los **costos operativos**, mejorar la **eficiencia global de los equipos** (OEE), y contribuir al **fortalecimiento de la competitividad** en un mercado nacional altamente presionado por productos importados de bajo costo y competidores locales con estructuras más ágiles.

Este objetivo busca ir más allá de una simple comparación entre tipos de mantenimiento (correctivo, preventivo, predictivo o autónomo); se enfoca en determinar cuál de estos modelos, o cuál combinación estratégica de ellos, es capaz de responder con mayor efectividad a las necesidades reales de la planta, considerando su nivel de automatización, capacidad instalada, demanda mensual, complejidad operativa y contexto organizacional.

Objetivos Específicos

- **Determinar en qué medida la mejora del mantenimiento preventivo contribuye a minimizar la pérdida de competitividad en la planta de tubos.** Este objetivo específico busca analizar la frecuencia, el alcance y la planificación de las actividades preventivas, con el fin de reducir las paradas no programadas, incrementar la disponibilidad de equipos críticos, y prolongar la vida útil de los componentes mecánicos y electrónicos. Se espera demostrar que una estrategia preventiva, bien estructurada, puede generar beneficios tangibles en términos de reducción de costos de mantenimiento correctivo, menores tiempos muertos y mayor estabilidad operacional.
- **Evaluar el impacto de la automatización de procesos clave en el incremento de la utilización de la planta de tubos.** Aquí se abordará la posibilidad de incorporar soluciones tecnológicas que permitan automatizar tareas manuales, repetitivas o críticas dentro de la línea de producción. Se analizará cómo esta automatización puede optimizar la utilización de los recursos físicos (máquinas, energía) y humanos, mejorar los indicadores de eficiencia y reducir errores operativos, con una mirada orientada a la industria 4.0.
- **Analizar el efecto de la mejora en el sistema de pistón de las cortadoras sobre la velocidad operativa de la línea tubera.** Este objetivo busca examinar el componente técnico de las máquinas de corte, que representan un punto crucial en el flujo continuo del proceso. Se pretende identificar fallas o limitaciones en el diseño o en el mantenimiento de los pistones hidráulicos/neumáticos actuales, y evaluar en qué medida su optimización

técnica puede acelerar los ciclos de corte, reducir cuellos de botella y mejorar el rendimiento de la línea sin comprometer la precisión ni la seguridad.

- **Determinar la eficacia de herramientas de gestión como las 5S, Lean Manufacturing, Coaching y GFO en la mejora de la productividad global de la planta de tubos.** En este objetivo se propone evaluar cómo la aplicación de herramientas de gestión de clase mundial puede transformar no solo los procesos técnicos, sino también la **cultura organizacional**.
 - Las **5S** buscan establecer orden, limpieza y disciplina operativa.
 - El **Lean Manufacturing** permite identificar y eliminar los desperdicios que no agregan valor.
 - El **Coaching organizacional** fortalece las competencias del personal y promueve el trabajo colaborativo.
 - El **GFO (Gestión Focalizada por Objetivos)** orienta las acciones hacia metas claras, medibles y alcanzables. En conjunto, estas herramientas pueden producir sinergias que impulsen la mejora continua, reduzcan la variabilidad del proceso, incrementen el compromiso del personal y eleven la productividad integral de la planta.

1.4. Justificación

Toda investigación adquiere sentido y valor en la medida en que responde a una necesidad real, aporta conocimiento aplicable y genera impacto en el entorno en el que se desarrolla. La presente investigación encuentra su razón de ser en la urgente necesidad de **mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos de producción** en la planta de tubos de **Industria Siderúrgica – GERDAU**, empresa emblemática del sector metalúrgico en el Perú, cuya participación en el mercado nacional ha disminuido significativamente en los últimos años debido a diversos factores internos y externos.

Desde una perspectiva técnica, los actuales modelos de mantenimiento implementados en la planta han demostrado limitaciones para enfrentar los desafíos

operativos del entorno industrial contemporáneo. Las paradas no programadas, la pérdida de materia prima, la falta de estandarización de procesos y las deficiencias en la comunicación entre áreas funcionales afectan directamente la **productividad, la calidad del producto final y la competitividad** de la organización frente a competidores locales e internacionales.

En este contexto, esta investigación se justifica por su intención de **proponer soluciones integrales, sostenibles y basadas en evidencia**, que permitan no solo identificar el tipo de mantenimiento más adecuado, sino también articular herramientas de gestión modernas como las 5S, el **Lean Manufacturing**, el **Coaching organizacional** y el **GFO**, con el objetivo de establecer una cultura de mejora continua en todos los niveles de la planta.

Desde el punto de vista económico, la optimización de los sistemas de mantenimiento y de los procesos operativos puede traducirse en una **reducción significativa de los costos operativos**, mayor aprovechamiento de los recursos físicos y humanos, y una mejor capacidad de respuesta frente a la demanda del mercado. Todo ello contribuiría a la **recuperación de la cuota de mercado nacional**, generando beneficios directos no solo para la empresa, sino también para la cadena de valor industrial del país.

Finalmente, desde una dimensión académica y profesional, este estudio representa una valiosa contribución al campo de la ingeniería industrial y de gestión operativa, al ofrecer un **caso real, aplicable y replicable** en otras plantas manufactureras que enfrentan desafíos similares. La investigación promueve la articulación entre el conocimiento técnico, la experiencia práctica y la innovación en la toma de decisiones estratégicas.

Con la implementación del **Mantenimiento Productivo Total (MPT)** — conocido globalmente por sus siglas en inglés **TPM (Total Productive Maintenance)**— en la **Planta de Tubos de Industria Siderúrgica – GERDAU**, se proyecta una transformación estructural en la gestión del mantenimiento que permita **conservar la alta calidad del producto**, al tiempo que se logra una **reducción significativa en los costos operativos**, generando así una oferta más competitiva en el

mercado nacional e internacional. Esta estrategia permitirá a la empresa **reconquistar participación de mercado y consolidar su prestigio industrial**, elemento clave en un entorno siderúrgico altamente competitivo.

El enfoque del TPM no se limita a la intervención técnica sobre las máquinas; se trata de una **filosofía integral de gestión industrial** que busca maximizar la eficiencia global de los equipos (OEE), reducir las pérdidas por fallas, defectos y tiempos muertos, y fomentar una **cultura organizacional orientada al mejoramiento continuo**. En este sentido, su implementación en la planta de tubos implica una reconfiguración profunda en la manera en que se concibe y ejecuta el mantenimiento, migrando de un modelo reactivo a uno proactivo y colaborativo.

Uno de los pilares clave del TPM será **optimizar los tiempos y la calidad de los procesos de mantenimiento preventivo, correctivo y de cambio de producto**. Para ello, se propone **especializar al personal operativo en tareas básicas de mantenimiento autónomo**, tales como el montaje y desmontaje de rodillos, lubricación, inspección visual y ajustes menores. De esta manera, los **operadores de línea asumirán un rol activo y responsable en la conservación de sus equipos**, mientras que el personal técnico de mantenimiento asumirá un **rol estratégico de soporte técnico, monitoreo y mejora continua**, lo que permitirá **reducir costos por horas hombre, minimizar interrupciones de producción y aumentar la disponibilidad efectiva de las máquinas**.

Asimismo, el TPM busca romper con los tradicionales compartimentos estancos entre áreas funcionales. Su implementación eficaz requiere de la **integración operativa entre los departamentos de Ventas, Programación y Producción**, mediante el diseño e implementación de **procedimientos estándar de comunicación, coordinación y respuesta**. Esta sinergia entre áreas será fundamental para **garantizar una planificación realista, una producción alineada con la demanda, y un mantenimiento oportuno**, evitando cuellos de botella, sobreproducción o tiempos de espera innecesarios.

En resumen, la aplicación del TPM en la planta de tubos no solo representa una mejora técnica en el mantenimiento, sino un **cambio de paradigma en la gestión**

operativa. Implica asumir que la excelencia en el mantenimiento es responsabilidad de todos, no solo de un área especializada. Esta visión compartida es la que, en última instancia, permitirá a la empresa **mantener su liderazgo en la industria siderúrgica**, generar valor sostenible y enfrentar con éxito los desafíos de la competitividad global.

1.5. Limitaciones y facilidades

Todo proceso de investigación aplicada, especialmente en el ámbito industrial, se desarrolla en un entorno real que impone tanto **condiciones favorables** como **restricciones operativas, logísticas o metodológicas**. Reconocer explícitamente las **limitaciones y facilidades** del estudio no solo permite acotar su alcance y establecer los márgenes de acción disponibles, sino que también fortalece la **validez y la transparencia** del análisis realizado.

En el presente caso, la investigación se enmarca en el contexto concreto de la **planta de tubos de Industria Siderúrgica – GERDAU**, una unidad productiva compleja, con una larga tradición operativa, que actualmente enfrenta desafíos críticos relacionados con la eficiencia, el mantenimiento y la competitividad. El objetivo de implementar un modelo de Mantenimiento Productivo Total (TPM) implica intervenir procesos técnicos, humanos y organizacionales, lo que naturalmente conlleva una serie de **condicionantes estructurales** y **facilitadores clave** que deben ser identificados y gestionados adecuadamente.

Entre las principales **limitaciones** se consideran factores como la disponibilidad de tiempo del personal técnico, la resistencia al cambio por parte de los operadores, la rigidez de ciertos procedimientos organizacionales y la eventual ausencia de datos históricos sistematizados sobre fallas o mantenimiento. Estas restricciones podrían condicionar el ritmo de implementación, la profundidad del diagnóstico o la validación empírica de algunas propuestas.

Por otro lado, existen también **facilidades significativas** que hacen viable y pertinente el desarrollo de esta investigación: el compromiso de los mandos medios con la mejora continua, la existencia de un historial técnico valioso, el acceso a

infraestructura productiva moderna, y el respaldo de una cultura organizacional que reconoce la importancia del mantenimiento como eje de sostenibilidad operativa.

La adecuada identificación de estas variables permitirá interpretar los resultados del estudio con mayor precisión y diseñar propuestas ajustadas a la realidad de la planta. Asimismo, servirá de base para futuras investigaciones o intervenciones similares en otras áreas de la empresa o en industrias del mismo sector.

Limitaciones

Como toda investigación aplicada en un entorno real de producción, este estudio enfrenta **ciertas restricciones operativas, técnicas y de acceso a información** que deben ser consideradas al momento de interpretar sus alcances y resultados. Si bien estas limitaciones no invalidan la validez del estudio, sí delimitan el campo de acción y subrayan la necesidad de complementar esta propuesta con futuras fases de evaluación, validación y ajuste. A continuación, se detallan las principales limitaciones identificadas en el desarrollo de esta investigación:

- **Limitado margen temporal para la implementación del TPM en un entorno industrial en retroceso de mercado.**
Una de las mayores restricciones es el escaso tiempo disponible para ejecutar la transformación operativa que implica el Mantenimiento Productivo Total (TPM). La urgencia se explica no solo por las exigencias técnicas, sino por el contexto comercial adverso: **Industria Siderúrgica – GERDAU ha perdido una porción significativa de su participación en el mercado nacional**, pasando de controlar aproximadamente el **80%** a solo un **33%**. Esta reducción en su cuota de mercado, acelerada por la entrada de competidores con estructuras de costos más eficientes y productos importados de menor precio, impone la necesidad de tomar decisiones estratégicas inmediatas. La ventana de oportunidad para recuperar terreno es estrecha, lo cual representa una presión adicional para lograr resultados concretos en un corto plazo.
- **Dificultad de acceso a información exacta sobre los costos operativos de la competencia.**

En la industria siderúrgica, los costos de operación de empresas competidoras suelen estar protegidos por políticas de confidencialidad y estrategias corporativas reservadas. Ante esta limitación, ha sido necesario **estimar los márgenes operativos de la competencia utilizando precios de venta referenciales** y datos de mercado, lo cual introduce un margen de incertidumbre en los análisis comparativos. Aunque estos cálculos se han realizado con el mayor rigor posible, es importante reconocer que no se dispone de cifras oficiales que permitan contrastes completamente exactos.

- **Alta sensibilidad de los costos operativos ante la programación de producción.**

Otro factor limitante identificado es la **variabilidad de los costos de operación en función del tonelaje programado por el área de planificación**. Cuando se programan volúmenes bajos de producción, los costos fijos tienden a distribuirse sobre una menor cantidad de producto, lo que genera un **aumento exponencial en el precio unitario de fabricación**. Esta sensibilidad financiera complica la estandarización de los análisis de rentabilidad, especialmente en una planta donde la programación no siempre está alineada con la capacidad óptima de producción. La dependencia de una planificación precisa y estable representa un riesgo operativo que debe ser gestionado paralelamente al rediseño del modelo de mantenimiento.

Estas limitaciones no invalidan el valor de la presente propuesta, pero sí establecen un marco realista sobre el cual deben interpretarse los hallazgos. Superarlas requerirá no solo voluntad técnica, sino también **liderazgo estratégico, compromiso organizacional y continuidad operativa** para consolidar una mejora estructural a largo plazo.

Facilidades

A pesar de las limitaciones señaladas, la presente investigación cuenta con **factores favorables clave que facilitan su desarrollo y fortalecen la viabilidad de su aplicación práctica** en la planta de tubos de Industria Siderúrgica – GERDAU. Estas condiciones favorables representan ventajas estratégicas que permiten generar

diagnósticos más precisos, implementar cambios de manera ágil y fomentar una cultura organizacional abierta al aprendizaje y a la mejora continua. A continuación, se detallan las principales facilidades identificadas:

- **Conciencia plena del problema principal por parte del personal operativo y técnico.**

Uno de los aspectos más valiosos en esta investigación es que **el personal de planta tiene claridad sobre la raíz del problema que afecta el desempeño general: los altos costos de operación**. Esta conciencia colectiva sobre la situación crítica no solo genera un terreno fértil para la implementación de soluciones, sino que también facilita el alineamiento de esfuerzos y la adopción de medidas correctivas. Al existir un diagnóstico compartido, se reduce la resistencia al cambio y se incrementa el compromiso del equipo con las mejoras propuestas.

- **Clima laboral favorable y relaciones sólidas entre los colaboradores y los gestores.**

El **buen clima organizacional** que se percibe en la planta representa un recurso intangible de alto valor. La **relación de respeto, comunicación abierta y colaboración entre los trabajadores y sus líderes directos** crea un ambiente propicio para emprender procesos de transformación, como lo es la implementación del TPM. En este contexto, las iniciativas de cambio no son vistas como imposiciones externas, sino como oportunidades compartidas de crecimiento y desarrollo colectivo, lo que facilita la gestión del cambio cultural asociado a las nuevas prácticas operativas.

- **Disponibilidad de apoyo interdepartamental para el acceso a información crítica.**

Otra facilidad importante es la **predisposición de los colegas de distintas áreas —como Programación, Mantenimiento, Producción, Almacén y Control de Calidad— a colaborar activamente con la investigación**, proporcionando datos clave, documentación técnica y perspectivas operativas necesarias para construir un diagnóstico integral. Esta colaboración interfuncional no solo ha

permitido una mayor profundidad en el análisis, sino que también **fortalece el enfoque transversal que requiere la implementación del TPM**, donde el éxito depende de la articulación de todos los actores organizacionales, más allá de los límites jerárquicos o departamentales.

Estas facilidades no deben ser vistas como meros factores circunstanciales, sino como **activos estratégicos** que pueden ser apalancados para consolidar una transformación sostenible. Aprovechar al máximo estos elementos permitirá superar las limitaciones identificadas y convertir esta propuesta de mejora en una experiencia de cambio organizacional replicable en otros espacios de la empresa.

1.6. Hipótesis de partida

La formulación de una hipótesis constituye un paso fundamental en todo proceso investigativo riguroso, ya que permite **proyectar una posible solución a la problemática identificada**, basada en la experiencia observacional, el análisis técnico de datos preliminares y la revisión de teorías aplicadas en contextos industriales similares. En este sentido, la hipótesis se convierte en el **eje lógico que articula los objetivos, el diseño metodológico y la interpretación de resultados**, aportando claridad y dirección al estudio.

En el caso de la presente investigación, que tiene como objetivo principal la mejora de los **costos operacionales** y la **recuperación de la competitividad de la planta de tubos de Industria Siderúrgica – GERDAU**, la hipótesis parte de una constatación crítica: el actual sistema de mantenimiento, predominantemente correctivo y reactivo, ha dejado de ser funcional frente a las exigencias de eficiencia, continuidad operativa y control de costos que demanda el contexto siderúrgico globalizado.

Desde esta perspectiva, la hipótesis que guía el presente estudio se plantea en los siguientes términos:

“Si se reemplaza el actual programa de mantenimiento por un modelo de gestión basado en el Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el proceso de fabricación de tubos en la planta de Industria Siderúrgica – GERDAU, se logrará

una mejora significativa en los costos operacionales, permitiendo a la empresa recuperar competitividad a nivel nacional y posicionarse estratégicamente frente al mercado internacional.”

Esta hipótesis reconoce que el TPM no es solo una estrategia técnica de mantenimiento, sino una **filosofía integral de gestión industrial** que busca maximizar la eficiencia global de los equipos, minimizar los desperdicios y fallas, y fomentar la participación activa de todo el personal —desde los operadores de línea hasta la alta dirección— en el cuidado, mejora y sostenibilidad de los procesos productivos.

La hipótesis también sugiere que la **implementación del TPM**, acompañada por herramientas de gestión complementarias como las 5S, el **Lean Manufacturing**, el **Coaching organizacional** y el enfoque de **Gestión Focalizada por Objetivos (GFO)**, puede generar un cambio profundo no solo en los indicadores técnicos (tiempos muertos, disponibilidad, rendimiento), sino también en la **cultura organizacional**, al empoderar a los trabajadores, fortalecer el trabajo colaborativo entre áreas y promover una mentalidad de mejora continua.

Asimismo, el modelo propuesto contempla la **reconfiguración del rol del personal técnico**, donde los operadores asumen tareas básicas de mantenimiento autónomo y el equipo de mantenimiento se convierte en soporte estratégico, liberando horas hombre, reduciendo costos operativos y aumentando la eficiencia real de las líneas de producción. Esto, a su vez, contribuye a **reducir los precios unitarios del producto terminado**, mejorar los márgenes de rentabilidad y, en consecuencia, **reinsertar a la empresa en una posición de liderazgo en el mercado**.

En conclusión, validar esta hipótesis permitiría no solo confirmar la eficacia del modelo TPM en un contexto siderúrgico real, sino también **demostrar su aplicabilidad y potencial de replicación** en otras unidades industriales similares que buscan alcanzar la excelencia operativa en un entorno global altamente competitivo.

El primer capítulo de esta obra establece el **fundamento estructural del estudio**, centrado en la necesidad urgente de mejorar la eficiencia operativa y reducir los altos costos de producción en la planta de tubos de **Industria Siderúrgica** –

GERDAU, una de las empresas más emblemáticas del sector metalúrgico en el Perú. A través de un análisis detallado de la situación actual de la planta —marcada por paradas no programadas, falta de integración entre áreas, pérdidas materiales y sobrecostos— se ha identificado como problema central la ineficiencia del sistema de mantenimiento actualmente implementado.

En respuesta a esta situación crítica, se ha planteado como **problema general** la necesidad de determinar si un nuevo modelo de mantenimiento, basado en el **Mantenimiento Productivo Total (TPM)**, permitiría mejorar los costos operativos y recuperar la competitividad perdida. A su vez, se han formulado **subproblemas específicos** que abordan aspectos clave como la frecuencia del mantenimiento preventivo, la automatización de procesos, la optimización de componentes críticos (como el pistón de cortadoras), y la integración de herramientas de gestión modernas (5S, Lean Manufacturing, Coaching, GFO).

A partir de estos planteamientos, se han definido **objetivos claros y medibles**, tanto a nivel general como específico, orientados a evaluar el impacto de la implementación del TPM y otras metodologías complementarias en los procesos técnicos, organizacionales y humanos de la planta. Dichos objetivos buscan generar un modelo de intervención realista, técnicamente viable y adaptable a las condiciones actuales de la empresa.

La **justificación del estudio** radica no solo en la posibilidad de optimizar el desempeño técnico de la planta, sino también en su valor económico, organizacional y académico: se trata de una propuesta que puede contribuir directamente a la **recuperación de la participación en el mercado nacional**, fortalecer el clima organizacional, y ofrecer un modelo replicable para otras industrias manufactureras del país.

El capítulo también reconoce las **limitaciones** propias del contexto industrial, como el escaso tiempo para actuar, la falta de acceso a datos de la competencia y la alta sensibilidad de los costos ante la programación de producción. Sin embargo, estas se equilibran con **facilidades significativas** como el conocimiento del problema por parte

del personal, un clima laboral positivo, y el apoyo interdepartamental para el acceso a información clave.

Finalmente, se formula una **hipótesis de partida** robusta: si se reemplaza el actual sistema de mantenimiento por uno basado en el TPM, acompañado de herramientas de gestión adecuadas, se podrán reducir los costos operacionales, mejorar la eficiencia de las líneas de producción y reposicionar a la empresa en el competitivo mercado siderúrgico, tanto nacional como internacional.

En conjunto, este primer capítulo constituye la **base conceptual, estratégica y contextual de toda la investigación**, y traza la ruta que será desarrollada en los siguientes capítulos, donde se abordarán el marco teórico, el diagnóstico técnico, las propuestas de intervención y los resultados esperados.

PARTE II

MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

En esta segunda parte se establece el andamiaje conceptual y empírico que sustenta la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la industria siderúrgica. El propósito es ofrecer una visión profunda de los principios, teorías y experiencias previas que legitiman el enfoque TPM como herramienta de gestión integral y mejora continua.

Primero, se revisan los orígenes y la evolución histórica del TPM, destacando sus fundamentos filosóficos y su articulación con otras metodologías de gestión de la calidad y confiabilidad de activos. A través de un análisis de sus pilares — mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, mejora enfocada, formación y capacitación, y control de calidad— se mostrará cómo cada uno contribuye al objetivo de maximizar la disponibilidad y la eficiencia operativa.

A continuación, se presenta una revisión crítica de antecedentes de estudio en plantas de procesamiento de acero y sectores afines, identificando casos de éxito y lecciones aprendidas. Este recorrido bibliográfico permitirá reconocer estándares de desempeño, métricas clave y factores condicionantes que influyen en la adopción y resultados del TPM, así como brechas existentes que justifican la originalidad de nuestro estudio en la Planta de Tubos.

Finalmente, se consolidan los conceptos clave y terminología esencial para la comprensión unificada del marco teórico. Esta sección definirá con precisión términos como “efectividad global del equipo (OEE)”, “pérdidas productivas” y “cultura de mejora continua”, estableciendo un lenguaje común para el análisis posterior. De este modo, Parte II provee los cimientos teóricos y contextuales necesarios para diseñar e interpretar la investigación empírica que sigue en las secciones metodológicas y de implementación.

CAPÍTULO II. BASES CIENTÍFICAS Y OPERATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

La mejora sostenible de los procesos industriales requiere no solo voluntad organizacional, sino también una **sólida fundamentación teórica, técnica y contextual** que respalde la viabilidad de los cambios propuestos. En ese sentido, este capítulo tiene como propósito presentar y desarrollar los **principios, modelos y fundamentos** que dan soporte a la propuesta de implementación del **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** en la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU* como estrategia clave para optimizar los costos operacionales, mejorar la eficiencia y recuperar la competitividad en el mercado nacional e internacional.

El mantenimiento industrial, lejos de ser una función puramente técnica, se ha convertido en un **pilar estratégico de la gestión operativa**, especialmente en entornos manufactureros de alta exigencia. La transición desde enfoques tradicionales de mantenimiento correctivo o preventivo hacia modelos más integrales —como el TPM— exige comprender las **bases sociales, organizacionales, técnicas y tecnológicas** sobre las cuales se sostiene la capacidad de cambio de una planta productiva.

Este capítulo inicia con un análisis del **entorno social y organizacional** que posibilita la implementación del nuevo modelo, considerando factores como el clima laboral, la disposición del personal, la cultura interna y la colaboración interdepartamental. Luego, se abordan las **bases técnicas y científicas** que sustentan el modelo TPM, así como otras herramientas complementarias (como las 5S, Lean Manufacturing, Coaching y GFO), todas orientadas a eliminar desperdicios, maximizar la eficiencia global de los equipos (OEE), empoderar a los operadores y transformar la relación entre producción y mantenimiento.

Finalmente, se examinan los **fundamentos normativos, operacionales y económicos** que refuerzan la necesidad de adoptar una nueva lógica de mantenimiento, así como las experiencias y referentes industriales que demuestran su efectividad. De este modo, el capítulo establece el marco que valida técnicamente la propuesta de

mejora y justifica su implementación como una solución viable, pertinente y transformadora en el contexto siderúrgico peruano.

2.1 Fundamento Contextual del Cambio Operativo

Todo proceso de transformación en la industria no ocurre de manera aislada ni exclusivamente por decisión técnica; por el contrario, está profundamente condicionado por los factores sociales, organizacionales y culturales que constituyen el contexto de la operación. En este sentido, comprender el **entorno humano y estructural** en el que se inserta la propuesta de optimización del mantenimiento es un paso fundamental para garantizar su viabilidad, aceptación e impacto sostenido en el tiempo.

En el caso de la planta de tubos de **Industria Siderúrgica – GERDAU**, el cambio hacia un modelo de gestión más eficiente —basado en el **Mantenimiento Productivo Total (TPM)**— requiere, ante todo, una lectura cuidadosa de la realidad interna: el grado de compromiso del personal, las dinámicas de comunicación entre áreas, la cultura organizacional dominante y las condiciones que favorecen o dificultan el cambio. Este análisis contextual permite identificar **factores de apalancamiento** (como la disposición positiva del equipo humano y el clima laboral saludable), así como **condiciones críticas** que deben ser gestionadas para evitar resistencias o retrocesos.

El presente apartado aborda precisamente estas dimensiones contextuales que **fundamentan y sostienen la implementación de un nuevo paradigma operativo**. Se analizan, en primer lugar, los aspectos sociales vinculados al capital humano disponible; posteriormente, se exploran las bases organizativas que permiten alinear áreas y recursos; y finalmente, se plantea cómo este contexto puede convertirse en una ventaja competitiva si se gestiona estratégicamente desde el liderazgo y la participación activa del equipo técnico y operativo.

Este fundamento contextual es, por tanto, mucho más que un entorno: **es el terreno fértil o estéril sobre el cual germinará cualquier estrategia de mejora**, y de su comprensión depende en gran medida el éxito de la intervención propuesta.

2.1.1. Base social

En toda organización industrial, el capital humano constituye no solo un recurso operativo, sino un **factor estratégico decisivo** en la implementación de procesos de mejora continua. La **base social** sobre la cual se apoya un cambio operativo, como la adopción del modelo de **Mantenimiento Productivo Total (TPM)**, es determinante para su éxito o fracaso, pues ningún sistema técnico puede sostenerse sin la participación activa, consciente y comprometida de las personas que lo ejecutan.

En el caso de la planta de tubos de **Industria Siderúrgica – GERDAU**, la base social presenta características favorables que respaldan la posibilidad de una transformación profunda. Existe una **conciencia generalizada del problema central** — los altos costos operativos— lo que genera en el personal una disposición proactiva al cambio. Lejos de negarlo o minimizarlo, los trabajadores reconocen la necesidad de intervenir los procesos existentes, lo cual facilita la aceptación de nuevas metodologías y prácticas.

A ello se suma la existencia de un **clima laboral positivo y relaciones laborales sanas**, en las que prevalece el respeto mutuo entre gestores, supervisores y operarios. Esta cohesión social interna constituye un activo intangible, pero poderoso, que puede ser apalancado para consolidar una **cultura de mejora continua**, en la que todos los actores se sientan parte del proceso y corresponsables de los resultados.

Este subapartado analizará en profundidad las características sociales que definen el entorno humano de la planta: la experiencia acumulada del personal, la estructura de relaciones interpersonales, la disposición al aprendizaje, y el potencial de liderazgo interno. Todos estos elementos, entendidos como **la base social del cambio operativo**, son indispensables para asegurar que el modelo TPM no se reduzca a un esquema técnico, sino que se convierta en una **práctica cultural viva**, enraizada en el compromiso colectivo.

- **Garantizar la satisfacción del mercado mediante la entrega de un producto siderúrgico que combine alta calidad, reconocimiento comercial y precios competitivos.** En un entorno cada vez más exigente

y globalizado, no basta con producir; es indispensable ofrecer al cliente un producto confiable, con características técnicas estandarizadas y un valor económico que permita competir frente a importaciones extranjeras y actores locales de menor estructura operativa.

- **Optimizar el uso de la maquinaria e incrementar la efectividad global de los equipos y sistemas de producción.** Esto implica reducir tiempos muertos, eliminar pérdidas operativas, extender la vida útil de los activos y asegurar la continuidad de los procesos, todo bajo un enfoque de eficiencia energética, mantenimiento planificado y monitoreo constante del desempeño.
- **Elevar los estándares de eficiencia en la gestión del mantenimiento industrial.** Mediante la transición hacia modelos proactivos como el TPM, se busca transformar la función del mantenimiento en un eje estratégico de la operación, con indicadores claros, procedimientos estandarizados y participación directa del personal de planta en tareas de mantenimiento autónomo.
- **Reducir al mínimo las pérdidas de materia prima metálica generadas por paradas inesperadas de las máquinas.** Estas pérdidas, además de representar un costo económico importante, afectan el rendimiento del proceso y la planificación de la producción. Su mitigación requiere acciones preventivas, control de fallas recurrentes y una mayor sincronización entre producción y mantenimiento.
- **Establecer y perfeccionar procedimientos técnicos eficientes para realizar cambios de proceso con rapidez, precisión y mínimo impacto operativo.** La transición entre productos o especificaciones debe realizarse bajo metodologías ágiles, como el SMED, que reduzcan los tiempos de ajuste sin comprometer la calidad, la seguridad o la trazabilidad de la producción.
- **Fortalecer la capacidad técnica, la formación continua y las competencias operativas del personal involucrado en los procesos productivos.** El éxito de cualquier mejora en mantenimiento depende en gran parte del capital humano. Por ello, es prioritario diseñar programas

de capacitación que no solo transfieran conocimientos técnicos, sino que también desarrollen habilidades de diagnóstico, trabajo colaborativo y liderazgo operativo.

- **Mejorar la gestión temprana de equipos desde la fase de diseño, adquisición e instalación.** La eficiencia de los activos comienza antes de su puesta en marcha. Aplicar principios de ingeniería de mantenimiento desde la selección y planificación de nuevos equipos permite anticipar necesidades operativas, facilitar futuras tareas de conservación y asegurar una integración exitosa en el sistema productivo.

2.1.2. Base teórica

Toda propuesta de mejora en el ámbito industrial requiere de una **base teórica sólida** que sustente sus principios, técnicas y métodos. En este sentido, la implementación del **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** en la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU* no puede concebirse como una mera aplicación empírica, sino como la **puesta en práctica de un cuerpo teórico bien estructurado**, respaldado por años de desarrollo en ingeniería industrial, gestión de operaciones y mejora continua.

La base teórica de esta investigación se apoya en diversos enfoques y modelos que han demostrado su eficacia en entornos manufactureros a nivel global. Entre ellos, destacan las teorías del **mantenimiento industrial como función estratégica**, los principios de la **gestión por procesos**, los enfoques de **mejora continua (Kaizen)** y la filosofía **Lean Manufacturing**, que busca la eliminación sistemática de desperdicios y la maximización del valor agregado en cada etapa del proceso.

Asimismo, se consideran los aportes del **TPM como sistema integral**, cuyos pilares —como el mantenimiento autónomo, la mejora enfocada, el entrenamiento sistemático y la gestión de equipos desde la fase de diseño— ofrecen un marco conceptual que permite integrar técnica y cultura organizacional en un mismo modelo operativo.

Este subapartado desarrolla los fundamentos conceptuales que validan la pertinencia y aplicabilidad del TPM en el caso concreto de la planta de tubos, y articula cómo estos modelos teóricos se alinean con los objetivos operativos de eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad industrial.

Con el objetivo de alcanzar **mejores resultados operativos y una gestión más eficiente del mantenimiento**, se propone la implementación del modelo **TPM (Total Productive Maintenance)**, una estrategia de mantenimiento integral desarrollada para maximizar la productividad de los sistemas industriales. Este enfoque se basa en el principio de que la fiabilidad de los equipos no debe depender exclusivamente del personal de mantenimiento especializado, sino que debe ser una responsabilidad compartida con los operadores de planta. Así, el TPM promueve una mayor implicación del personal operativo en el cuidado y mejora de los equipos, reduciendo significativamente los tiempos de inactividad, los errores recurrentes y el desperdicio de recursos.

El modelo busca **eleva la eficiencia global de los equipos (OEE)** mediante la reducción de pérdidas por fallas, ajustes, paradas menores, arranques lentos, productos defectuosos y tiempos de cambio. Al hacerlo, se mejora la confiabilidad de los procesos, se disminuyen los residuos generados por fallas operativas y se fortalece la continuidad productiva, todo ello enmarcado en una lógica de **mejora continua y sostenibilidad industrial**.

Además, se plantea **articular el TPM con otras herramientas de gestión operativa y organizacional**, con el fin de consolidar un sistema de trabajo más robusto y alineado con las exigencias del mercado moderno. Entre estas herramientas complementarias se incluye:

- **Coaching organizacional**, para el desarrollo de habilidades blandas, liderazgo operativo y compromiso del personal con los objetivos de mejora.
- **SMED (Single-Minute Exchange of Die)**, una metodología orientada a reducir drásticamente los tiempos de cambio de proceso, clave en una planta que requiere adaptabilidad sin sacrificar eficiencia.

- **Lean Manufacturing**, como filosofía que promueve la eliminación sistemática de los siete desperdicios (sobreproducción, tiempo de espera, transporte innecesario, exceso de inventario, sobreprocesamiento, movimiento innecesario y defectos).
- **5S**, herramienta de organización del espacio de trabajo que permite establecer entornos operativos limpios, ordenados, eficientes y seguros, base esencial para implementar un mantenimiento autónomo eficaz.

La integración de estas metodologías no se plantea como una superposición de herramientas, sino como un **sistema de mejora interconectado**, donde cada enfoque potencia a los otros, creando una cultura de alto desempeño y responsabilidad compartida en todos los niveles de la organización. Esta sinergia permitirá a la planta de tubos no solo recuperar eficiencia, sino también avanzar hacia un modelo de excelencia operativa con visión a largo plazo.

2.2. Antecedentes de estudio

Todo trabajo de investigación rigurosa debe fundamentarse no solo en conceptos teóricos sólidos, sino también en la revisión crítica de experiencias previas, estudios similares y resultados documentados que sirvan como **referentes comparativos y validadores empíricos** de la propuesta que se plantea. El presente apartado tiene como objetivo exponer los **antecedentes nacionales e internacionales** relacionados con la implementación del **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** y otras herramientas de gestión industrial en entornos manufactureros de características comparables a la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU*.

A través de esta revisión, se busca identificar qué estrategias han resultado efectivas en la práctica, qué dificultades se han presentado en otros contextos, y cuáles son las variables que han influido en el éxito o fracaso de procesos de transformación orientados a la optimización del mantenimiento, la mejora de la eficiencia productiva y la reducción de costos operativos.

Los antecedentes seleccionados incluyen **estudios de caso en plantas industriales de distintos sectores**, tesis académicas especializadas en gestión del mantenimiento, y publicaciones científicas que han evaluado el impacto de metodologías como TPM, Lean Manufacturing, 5S y SMED en diferentes países y estructuras organizativas. Asimismo, se consideran antecedentes locales relevantes, que permiten contextualizar la aplicabilidad de estas herramientas dentro del marco industrial peruano.

La sistematización de estos antecedentes no solo aporta insumos valiosos para el diseño de la propuesta de mejora en la planta de tubos, sino que también **refuerza la validez científica de la investigación** y contribuye a establecer una línea base para evaluar los posibles resultados e impactos del modelo propuesto.

Diversos estudios previos han demostrado que la implementación del **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** es una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento industrial, tanto desde el punto de vista operativo como organizacional. Estos trabajos constituyen antecedentes relevantes que fortalecen el marco referencial de la presente investigación y confirman la pertinencia de aplicar este modelo en la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU*.

Uno de los estudios más representativos a nivel nacional fue realizado por la **Ing. Violeta Tiburcio Rodríguez**, quien desarrolló un proyecto de integración entre los sistemas **MRP II (Manufacturing Resource Planning)** y TPM, en el marco de sus investigaciones académicas en la **Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM)**. Su trabajo tuvo como objetivo **optimizar los procesos administrativos relacionados con la gestión de inventarios y materiales**, proponiendo una modernización en la planificación de recursos como paso previo a la implementación de TPM. Esta aproximación reveló que una adecuada organización logística puede facilitar significativamente la adopción de un sistema de mantenimiento integral en el entorno industrial.

En el ámbito internacional, el **Institutionen för Material- och Produktionsteknik** (Instituto de Tecnología de Materiales y Producción), con sede en Europa, llevó a cabo una investigación aplicada sobre la **implementación del TPM en**

sistemas de fabricación flexible, caracterizados por su necesidad de adaptabilidad y eficiencia en procesos de cambio de producto. El estudio reportó **resultados positivos en términos de reducción de tiempos improductivos, mejor uso de los equipos y participación activa del personal**, validando así la eficacia del TPM incluso en entornos dinámicos y de alta rotación operativa.

Asimismo, en Alemania, el **Ing. Daniel Ottosson** desarrolló una investigación detallada sobre la **aplicación del TPM en una línea de producción automotriz**, sector que tradicionalmente exige altos niveles de precisión, confiabilidad y velocidad. Su estudio reveló mejoras significativas en los indicadores de disponibilidad de maquinaria, calidad del producto y eficiencia global del sistema, evidenciando el impacto positivo de esta metodología cuando se aplica de forma sistemática y sostenida.

Estos trabajos, junto con otras experiencias documentadas en literatura técnica y académica, conforman el **corpus de antecedentes que fundamentan y orientan el desarrollo de la presente investigación**. Sus hallazgos, enfoques y recomendaciones han sido tomados en cuenta para el diseño de la propuesta de implementación del TPM en la planta de tubos, adaptando sus principios a las particularidades del contexto siderúrgico peruano y a los desafíos propios de una industria en proceso de reestructuración operativa.

2.3. Mantenimiento productivo total - concepto teórico

En el contexto actual de la industria moderna, donde la competitividad se mide en términos de eficiencia, continuidad operativa y calidad integral, el mantenimiento ha dejado de ser una función exclusivamente técnica y reactiva, para convertirse en un **eje estratégico de la gestión empresarial**. En este escenario, el **Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés: *Total Productive Maintenance*)** se posiciona como un modelo de referencia para organizaciones que buscan maximizar la disponibilidad, eficacia y rendimiento de sus activos productivos.

El TPM es mucho más que una metodología de mantenimiento; se trata de una **filosofía integral de gestión industrial** que promueve la participación activa de todos los niveles de la organización —desde operadores hasta directivos— en el cuidado, la

mejora y la sostenibilidad de los equipos y sistemas de producción. Su enfoque central radica en eliminar las principales pérdidas que afectan la eficiencia global de los equipos (*Overall Equipment Effectiveness, OEE*), tales como fallas imprevistas, tiempos muertos, cambios de producto prolongados, defectos de calidad y arranques lentos.

Desarrollado originalmente en Japón por la compañía Nippondenso, subsidiaria de Toyota, el TPM ha demostrado ser aplicable en una amplia gama de sectores industriales, gracias a su estructura basada en **ocho pilares fundamentales**, entre los que destacan el mantenimiento autónomo, la mejora enfocada, la formación continua, la seguridad y la gestión temprana de equipos. A diferencia de otros enfoques, el TPM **integra al operario como protagonista activo del mantenimiento diario**, rompiendo la barrera tradicional entre producción y mantenimiento, y fomentando una cultura de corresponsabilidad y mejora continua.

Este subapartado tiene como finalidad **desarrollar el concepto teórico del TPM**, explicar sus principios, su evolución histórica, sus componentes estructurales y su relevancia dentro de los modelos contemporáneos de excelencia operativa. A partir de ello, se establecerán las bases necesarias para su aplicación adaptada en la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU*, en función de sus particularidades técnicas, organizativas y estratégicas.

En realidad, el TPM es una evolución de la Manufactura de Calidad Total, derivada de los conceptos de calidad. El Dr. Deming inició sus trabajos en Japón a poco de terminar la Segunda Guerra Mundial.

Como experto en estadística, Deming comenzó por mostrar a los japoneses cómo podían controlar la calidad de sus productos durante la manufactura mediante análisis estadísticos. Al combinarse los procesos estadísticos y sus resultados directos en la calidad con la ética de trabajo propia del pueblo japonés, se creó toda una cultura de la calidad, una nueva forma de vivir. De ahí surgió TQM, "Total Quality Management" un nuevo estilo de manejar la industria.

En los años recientes se le ha denominado más comúnmente como "Total Quality Manufacturing" o sea Manufactura de Calidad Total. Cuando la problemática

del mantenimiento fue analizada como una parte del programa de TQM, algunos de sus conceptos generales no parecían encajar en el proceso. Usando las técnicas de Mantenimiento Preventivo (PM), se desarrollaron horarios especiales para mantener el equipo en operación. Sin embargo, esta forma de mantenimiento resultó costosa y a menudo se daba a los equipos un mantenimiento excesivo en el intento de mejorar la producción. Se aplicaba la idea errónea de que "si un poco de aceite es bueno, más aceite debe ser mejor". Se obedecía más al calendario de PM que a las necesidades reales del equipo y no existía o era mínimo el involucramiento de los operadores de producción. Con frecuencia el entrenamiento de quienes lo hacían se limitaba a la información (a veces incompleta y otras equivocada), contenida en los manuales.

La necesidad de ir más allá que sólo programar el mantenimiento de conformidad a las instrucciones o recomendaciones del fabricante como método de mejoramiento de la productividad y la calidad del producto, se puso pronto de manifiesto, especialmente entre aquellas empresas que estaban comprometiéndose en los programas de Calidad Total. Para resolver esta discrepancia y aún mantener congruencia con los conceptos de TQM, se le hicieron ciertas modificaciones a esta disciplina. Estas modificaciones elevaron el mantenimiento al estatus actual en que es considerado como una parte integral del programa de Calidad Total.

El origen del término TPM se ha discutido en diversos escenarios. Mientras algunos afirman que fue iniciado por los manufactureros americanos hace más de cuarenta años, otros lo asocian al plan que se usaba en la planta Nippodenso, una manufacturera de partes eléctricas automotrices de Japón a fines de los 1960's. Seiichi Nakajima un alto funcionario del Instituto Japonés de Mantenimiento de la Planta, (JIPM), recibe el crédito de haber definido los conceptos de TPM y de ver por su implementación en cientos de plantas en Japón.

Los libros y artículos de Nakajima así como otros autores japoneses y americanos comenzaron a aparecer a fines de los 1980's. En 1990 se llevó a cabo la primera conferencia en la materia en los EEUU. Hoy día, varias empresas de consultoría están ofreciendo servicios para asesorar y coordinar los esfuerzos de empresas que desean iniciar sus plantas en el promisorio sistema de TPM.

TPM

TPM es el sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de "mantenimiento preventivo" creado en la industria de los Estados Unidos.

Es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas productivos.

Permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.



FIGURA 1.- Departamentos que interactúan en la implementación del TPM

Las metas del mantenimiento TPM

- Maximizar la eficacia de los equipos.
- Involucrar en el mismo a todas las personas y equipos que diseñan, usan o mantienen los equipos.

- Obtener un sistema de Mantenimiento Productivo para toda la vida del equipo.
- Involucrar a todos los empleados, desde los trabajadores a los directivos.
- Promover el TPM mediante motivación de grupos activos en la empresa.

Objetivos del mantenimiento productivo total

- Los objetivos que busca este mantenimiento son:
- Cero averías en los equipos.
- Cero defectos en la producción.
- Cero accidentes laborales.
- Mejorar la producción.
- Minimizar los costos.

Estas acciones deben conducir a la obtención de productos y servicios de alta calidad, mínimos costes de producción, alta moral en el trabajo y una imagen de empresa excelente. No solo debe participar las áreas productivas, se debe buscar la eficiencia global con la participación de todas las personas de todos los departamentos de la empresa. La obtención de las "cero pérdidas" se debe lograr a través de la promoción de trabajo en grupos pequeños, comprometidos y entrenados para lograr los objetivos personales y de la empresa.

Objetivos de la implantación del TPM

Los objetivos que puede proporcionar a una organización la implantación el TPM se desglosan en los siguientes apartados:

Estratégicos

Ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costos operativos y conservación del "conocimiento" industrial.

Operativos

Tiene como propósito en las acciones cotidianas que los equipos operen sin averías y fallos, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad industrial instalada.

Organizativos

Busca fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral del trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, todo esto, con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.

Características principales del TPM

Entre las características más significativas se encuentran las siguientes:

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Participación amplia de todas las personas de la organización.
- Es observado como una estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener equipos.
- Orientado a la mejora de la Efectividad Global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener los equipos funcionando.
- Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos.
- Procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

El TPM se orienta a la mejora de dos tipos de actividades directivas:

- Dirección de operaciones de mantenimiento y
- Dirección de tecnologías de mantenimiento.

Beneficios del TPM

Organizativos	Seguridad	Productividad
- Mejora de calidad del ambiente de trabajo - Mejor control de las operaciones - Incremento de la moral del empleado - Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas - Aprendizaje permanente - Creación de un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad sea una realidad. - Dimensionamiento adecuado de las plantillas de personal. - Redes de comunicación eficaces.	- Mejora las condiciones ambientales - Cultura de prevención de eventos negativos para la salud. - Incremento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas - Entender el porqué de ciertas normas, en lugar de cómo hacerlo. - Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes. - Eliminar radicalmente las fuentes de contaminación y polución.	- Elimina pérdidas que afectan la productividad de las plantas. - Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos - Reducción de los costes de mantenimiento - Mejora de la calidad del producto final. - Menor coste financiero por recambios. - Mejora de la tecnología de la empresa - Aumento de la capacidad de respuesta a los movimientos del mercado - Crear capacidades competitivas desde la fábrica

TABLA 1.- Beneficios del TPM

Pilares principales del TPM

Los procesos fundamentales han sido llamados por el JIPM como "pilares". Estos pilares sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva. Los pilares considerados por el JIPM como necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son:

1. Mejora en la eficacia del Equipo

La eficacia del equipo es una medida de valor agregado de la producción a través del equipo. PM maximiza la eficiencia del equipo por medio de dos tipos de actividad.

Cuantitativa. Incrementa la disponibilidad total del equipo y mejora su productividad en un periodo de tiempo.

Cualitativa. Estabiliza la calidad.

Una meta de TPM es incrementar la eficacia del equipo para que cada parte pueda ser operada en todo su potencial y mantenida a ese nivel. El creer que las cero descomposturas pueden ser alcanzadas es un prerequisite para el logro del TPM.

2. Mantenimiento Autónomo

Idealmente quien opera el equipo debería darle mantenimiento, y originalmente, esas dos funciones fueron combinadas.

Hoy muchos gerentes comprenden que un factor decisivo en la competitividad, es un equipo más eficiente. En el fondo, el mantenimiento autónomo es prevención del deterioro.

El mantenimiento desempeñado por los operadores del equipo o mantenimiento autónomo, pueden contribuir significativamente a la eficacia del equipo.

3. Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo consiste en dos actividades básicas; inspección periódica y restauración planeada del deterioro basadas en los resultados de inspecciones. La rutina de mantenimiento diario se considera como mantenimiento preventivo.

Aquí se analiza las actividades planeadas de plazo intermedio y largo conducidas por el departamento de mantenimiento: seleccionando estándares de mantenimiento, preparando y ejecutando planes de mantenimiento, manteniendo los registros de

mantenimiento, actividades de restauración. Cubre los subsistemas como control de partes, control de lubricación y control del presupuesto de mantenimiento.

4. Prevención del Mantenimiento

La administración del equipo o maquinaria puede ser dividida en ingeniería del proyecto e Ingeniería de mantenimiento.

La prevención del mantenimiento (PM) es un aspecto significativo de Ingeniería de Proyectos y sirve como interfase entre ésta y la Ingeniería de mantenimiento.

La meta de actividades de prevención del mantenimiento es reducir los costos de mantenimiento y pérdidas por deterioro en el equipo nuevo, considerando los datos de mantenimiento, operatividad, seguridad y otros requerimientos.

En otras palabras, significa diseñar e instalar equipo que será fácil de mantener y operar.

5. Entrenamiento en Mantenimiento

Para llevar a cabo las actividades de TPM, la compañía requiere de personal con fuerte destreza en mantenimiento.

Los operadores deben ser instruidos con su propio equipo y desarrollar experiencia práctica y destreza necesaria para mantener operando bien el equipo. Los operadores deben entender la estructura y funciones de su equipo para operarlo apropiadamente.

El personal de mantenimiento debe tener destreza y conocimiento para que los operadores confíen en ellos.

La relación entre los dos grupos es alta puesto que el personal de mantenimiento apoya la capacitación, entrenamiento y guía del personal de producción y por otro lado el personal de producción apoya detectando a tiempo las fallas y, operando y conservando adecuadamente su unidad con labores de limpieza, lubricación y ajustes.

El operario de producción como protagonista fundamental del TPM

¿Por qué es importante la formación y adiestramiento del operario de producción en un proyecto TPM?

Es importante que al implantarse el TPM se tenga una clara conciencia de por qué se hace; es por ello que se cree interesante encontrar una serie de justificaciones a la misma. Existen diferentes motivos (desde la óptica del operario de producción) los cuales se clasificaría en negativos y positivos, los cuales serían los siguientes:

- Hay una resistencia generalizada a asumir nuevas funciones.
- Existe escepticismo ante proyectos de cambio.
- Existe desconfianza ante planteamientos de la empresa.
- Existe temor a la propia incapacidad y a la toma de decisiones.
- Predominan los hábitos de trabajo reactivos.
- Existe la creencia de que a partir de determinada época de la vida: "ya no tengo nada que aprender".
- Existe una falta de capacitación técnica generalizada.
- No hay un conocimiento profundo de las propias máquinas y equipos.
- Falta información sobre resultados y cuando se tiene no se sabe interpretar.
- No existen hábitos de trabajar en equipo.
- Falta flexibilidad y polivalencia.
- Predomina la creencia de que la limpieza: "no es mi trabajo".
- Existe desconocimiento sobre estándares, defectos y parámetros de calidad del producto.
- Predomina el: "yo fabrico, tú (mantenimiento) arreglas".

Sin embargo, también ocurre que:

- Puede existir exceso de entusiasmo y grandes expectativas ante la posibilidad de asumir nuevas funciones.
- Pueden existir exceso de recursos preparados.

- Todas las personas sienten curiosidad por naturaleza.
- Todas las personas reaccionan positivamente cuando se facilita el contexto para ello.
- Todos "limpiamos nuestra propia casa".
- Y, en definitiva, todos los puntos negativos anteriores pueden ser tratados y mejorados.

Entrenando a los operarios a entender su equipo

El mantenimiento autónomo requiere que los operarios conozcan su equipo. La experiencia en el trabajo, no sólo debe estar relacionada con hacer funcionar el equipo, también debe incluir muchas tareas que son vistas como trabajo del departamento de mantenimiento. La necesidad de este planteamiento se está convirtiendo en obvia a medida que las empresas introducen rebote y sistemas automatizados. Por encima de todo, los operarios necesitan aprender a detectar anomalías. Esto significa desarrollar la habilidad de mirar la calidad de los productos y el funcionamiento del equipo y darse cuenta cuando ocurre algo anormal. Para ello se requieren las siguientes aptitudes:

1. Entender claramente los criterios y ser capaz de juzgar si algo está normal o anormal (capacidad para determinar las condiciones en las que trabaja el del equipo).
2. Cumplimiento estricto de las reglas de funcionamiento (capacidad de mantener el equipo en condiciones).
3. Una respuesta rápida a las anomalías (capacidad de reparar y restablecer las condiciones del equipo).

Cuando un operario ha dominado las tres aptitudes, conocerá el equipo lo suficientemente bien como para reconocer las causas de futuros problemas y darse cuenta de que "esta máquina va a producir defectos", o "esta máquina está a punto de averiarse".

Desarrollando nuevas habilidades:

1. Capacidad de detectar anomalías y realizar mejoras.
2. Capacidad de entender las funciones del equipo y sus mecanismos, así como habilidad para detectar las causas de las anomalías.
3. Capacidad para entender las relaciones entre el equipo y la calidad, y capacidad para predecir problemas de calidad y detectar sus causas.
4. Habilidad para realizar reparaciones.

Obviamente, nadie que domine todos estos conocimientos lo hace a un alto nivel, y no se espera que nadie lo haga rápidamente. En realidad, cada conocimiento debe estudiarse y practicarse durante todo el tiempo que sea necesario para conseguir maestría

Clasificación y asignación de tareas de mantenimiento

Las actividades pensadas para lograr las condiciones óptimas en el equipo y maximizar su eficacia global se refieren bien a mantener el equipo o a mejorarlo. Las actividades de mantenimiento se dirigen a mantener el equipo en un estado deseado, evitando y corrigiendo fallos. Algunas técnicas y actividades de mantenimiento son:

- Operación normal: Operación, ajustes y montajes correctos (prevención de errores humanos)
- Mantenimiento preventivo: Mantenimiento diario (condiciones básicas del equipo, revisiones, pequeño servicio). Mantenimiento periódico (revisiones periódicas, y revisión general periódicas, servicio periódico).
- Mantenimiento predictivo: Verificación de condiciones, servicio a intervalos medios largos.
- Mantenimiento de averías: Detección pronta de anomalías, reparaciones de emergencia.
- Prevención de repeticiones (reparación de averías).

Actividades del Departamento de Producción

El departamento de producción debe centrarse en la prevención del deterioro. Debe construir su programa de mantenimiento autónomo alrededor de las siguientes tres clases de actividades:

1. Evitar el deterioro
2. Medir el deterioro
3. Predecir y restaurar el deterioro

Todas estas actividades son importantes, pero es esencial establecer las condiciones básicas del equipo (limpiar, lubricar y apretar pernos) para evitar el deterioro acelerado. Conjuntamente con la revisión diaria hecha con los cinco sentidos, esta es una de las responsabilidades más básicas del departamento de producción.

Actividades del Departamento de mantenimiento

El departamento de mantenimiento es el jugador clave en el mantenimiento del equipo. Principalmente, debe poner sus esfuerzos en el mantenimiento planificado, en el predictivo y en el correctivo, concentrándose en medir y restaurar el deterioro. Debe reconocer que no es un taller de reparaciones, restaurando el equipo averiado dejándolo en su condición previa a la avería. Como organización de especialistas, su verdadera tarea es elevar la mantenibilidad, operabilidad y seguridad a través de actividades perfiladas para identificar y lograr condiciones óptimas en el equipo. Esto requiere avanzadas capacidades de mantenimiento y tecnología, de modo que los departamentos de mantenimiento deben esforzarse constantemente en aumentar su acervo técnico.

Implementación del TPM

Para iniciar la aplicación de los conceptos de TPM en actividades de mantenimiento de una planta, es necesario que los trabajadores se enteren de que la gerencia del más alto nivel tiene un serio compromiso con el programa. El primer paso en este esfuerzo es designar o contratar un coordinador de TPM de tiempo completo. Será la labor de ese coordinador el "vender" los conceptos y bondades del TPM a la fuerza laboral a base de un programa educacional. Se debe convencer al personal de que

no se trata simplemente del nuevo "programa del mes", simplemente esa culturización puede tomar hasta más de un año.

Una vez que el coordinador está seguro de que toda la fuerza laboral ha "comprado" el programa de TPM y que entienden su filosofía e implicaciones, se forman los primeros equipos de acción.

Los equipos de acción tienen la responsabilidad de determinar las discrepancias u oportunidades de mejoramiento, la forma más adecuada de corregirlas o implementarlas e iniciar el proceso de corrección o de mejoramiento. Posiblemente no resulte fácil para todos los miembros del equipo el reconocer las oportunidades e iniciar las acciones, sin embargo, otros tal vez tengan experiencia de otras plantas o casos previos en la misma y gracias a lo que hayan observado en el pasado y las comparaciones que puedan establecer, se logrará un importante avance. El establecimiento de estas comparaciones, que a veces pueden implicar visitar otras plantas, se denomina "benchmarking" o sea "comparación sobre la mesa" como cuando tenemos dos aparatos de las mismas características y los ponemos sobre la mesa para comparar cada parte en su proceso de funcionamiento. Esta es una de las grandes ventajas del TPM.

A los equipos se les anima a iniciar atacando discrepancias y mejoras menores y a llevar un registro de sus avances. A medida que alcanzan logros, se les da reconocimiento de parte de la gerencia. A fin de que crezca la confianza y el prestigio del proceso, se le da la mayor publicidad que sea posible a sus alcances. A medida que la gente se va familiarizando con TPM, los retos se van haciendo mayores ya que se emprenden proyectos de más importancia.

Estructura de fases y pasos para la implementación del TPM

Fase de preparación

Paso 1: Anuncio de la alta dirección de la decisión de introducir el TPM

La alta dirección debe anunciar su decisión de implantar el TPM e infundir entusiasmo por el proyecto.

Es esencial el compromiso de la alta dirección con el TPM, pues esto no está necesariamente asegurado con el paso anterior.

Aunque la implantación del TPM dependa de la participación total de los empleados, requiere del persistente apoyo y firme liderazgo de la alta dirección.

La alta dirección debe entender y creer en el concepto TPM antes de su implantación.

Paso 2: Lanzamiento de la campaña educativa

El entrenamiento y promoción del TPM debe empezar lo antes posible.

El objetivo es, no solamente explicar el TPM, sino elevar la moral y romper la resistencia al cambio.

Paso 3: Crear una organización para promover el TPM

Nombrar comités y equipos de trabajo:

Comité de Dirección. Debe estar integrada por los Responsables de Gerencia, Producción, Servicios Técnicos, RRHH y entre sus funciones están:

- Selección de las áreas piloto.
- Constitución de los grupos de trabajo.
- Desarrollar la Ingeniería de Mantenimiento.
- Constitución del comité de control.
- Promover los conceptos del TPM.
- Verificar estado de avance del proyecto.

Comité de control. Está conformada por Responsables de Producción, Líderes de equipo, Jefe de Mantenimiento, Responsable de Ingeniería y entre sus funciones están:

- Verificar estado de implantación del proyecto.

- Analizar los posibles problemas que se pueden presentar en el desarrollo del proyecto y actuar sobre las causas que lo generaron.
- Reportar periódicamente al Comité de dirección.

Equipos de trabajo Interfuncional (Área). Entre sus funciones están:

- Mantenimiento Autónomo y de segundo nivel (participación)
- Fuentes principales de las ideas de mejoramiento continuo.
- Deben desarrollar gestión a la vista.
- Interpretar señales débiles.

Este equipo debe ser uno por área y estarán constituidos por personal de operación y mantenimiento del área en cuestión.

Ingeniería de Mantenimiento. Para el desarrollo del TPM es necesario contar con una unidad de Ingeniería de Mantenimiento, fuerte e integrada con el resto de la organización.

- La Ingeniería de Mantenimiento debe ser la referencia cultural de toda la organización de Mantenimiento y promover el mantenimiento y promover el mejoramiento continuo.

Entre los objetivos de Ingeniería de Mantenimiento están:

- Definir y promover políticas de Mantenimiento orientadas a la disminución continua de los costos globales.
- Estandarizar, difundir los sistemas de gestión e informáticos.
- Motivar, evaluar y controlar el desarrollo de los proyectos de mejoramiento continuo.
- Participación directa en decisiones de inversión destinadas a la renovación de equipos.
- Contribuir con la seguridad del trabajo y la protección ambiental.
- Ser el nicho del conocimiento actualizado del mantenimiento y de nuevas tecnologías.
- Mantener actualizado el análisis de gestión global de Mantenimiento.

Paso 4: Establecer políticas y metas para el TPM

- La primera política básica es el compromiso con el TPM e incorporar procedimientos concretos de desarrollo del TPM en el plan de dirección general a mediano y largo plazo.
- Establecer metas anuales cuantitativas y precisas que deben traducirse, en cada departamento y nivel, en acciones para cumplirla.
- Crear una misión de la organización para mejorar la eficacia de los equipos.
- Usar un enfoque centrado en productividad y Mantenimiento Autónomo por los operadores.

Paso 5: Formular un plan maestro para el desarrollo del TPM

- Este plan debe incluir un programa diario de promoción del TPM empezando por la fase previa a la implementación.
- Se debe buscar implementar los 5 objetivos de desarrollo del TPM en la medida de las necesidades de cada área.
- Para esto se debe realizar un análisis previo.

Paso 6: El disparo de salida del TPM

- El disparo de salida es una reunión de todos los empleados en donde los directores de alto nivel informan sobre los planes preparados y el trabajo cumplido, así como la estructura de promoción, metas y políticas básicas del TPM.
- También se presenta el plan maestro para el desarrollo del TPM.
- Se busca el consenso y apoyo de todo para estos logros.

Fase de ejecución

Paso 7: Programa de mejora de la efectividad de equipos.

- Se organizan los equipos multidisciplinarios para eliminar las pérdidas.

- Atacar inicialmente los equipos con pérdidas crónicas durante la operación.
- Establecer los equipos críticos y medir la efectividad global de los mismos para establecer las pérdidas que conllevan.
- Se puede aplicar el análisis PM como técnica para eliminar pérdidas crónicas.
- También se pueden aplicar otras técnicas de ingeniería industrial o de Calidad Total para eliminar las pérdidas y/o resolver problemas.
- La mejora de la Efectividad de equipos sirve para mejorar las grandes pérdidas como son:

Tiempo muerto

1. Averías debido a fallas de equipo

Esporádicos. Fallos repentinos, drásticos o inesperados de equipo. Normalmente son obvias y fáciles de corregir.

Menores Crónicas. Son ignoradas a menudo o descuidadas después de intentar corregirlas. Causan un alto % de pérdidas totales y se invierte mucho tiempo y esfuerzo en evitarlas, pero es extremadamente difícil eliminarlas.

2. Preparación y ajustes

Se producen cuando se ha culminado la producción de un lote y se desea producir otro con variación de las especificaciones (cambio de formato). Esto origina tiempos muertos y productos defectuosos.

La idea es reducir al mínimo los:

Tiempo de Preparación interna: Operaciones que se llevan a cabo mientras la máquina esta parada.

Tiempo de Preparación Externa: Operaciones que se llevan a cabo mientras la máquina está funcionando.

Perdidas de velocidad

3. Tiempos en vacío y paradas cortas

Una parada menor surge por mal funcionamiento temporal o cuando la máquina está inactiva.

No son producidas por averías.

Muchas veces son atoros en líneas la producción es restituida moviendo la pieza o el producto que obstaculiza la marcha y reajustando el equipo.

Causan un efecto drástico en la efectividad de equipo.

Las paradas menores y la inactividad muchas veces se pasan por alto, son difíciles de cuantificar, por ello no se mide generalmente el grado que afectan la productividad.

4. Velocidad reducida

Se refieren a la diferencia entre la velocidad ideal diseñada para el equipo y la velocidad real operativa.

Es típico que en la operación del equipo la pérdida de velocidad sea pasada por alto.

El equipo puede operar a una velocidad diferente a la ideal, por problemas mecánicos y calidad defectuosa, problemas antecedentes o temor de abusar del equipo por desconocimiento de la velocidad óptima.

Defectos

5. Defectos en proceso y repetición de trabajos.

Los defectos de calidad en los procesos y el reprocesamiento de trabajos son pérdidas de calidad causadas por el mal funcionamiento del equipo de producción.

Los defectos esporádicos se corrigen fácil y rápidamente al normalizarse las condiciones de trabajo de los equipos.

Las causas de los defectos crónicos son difíciles de identificar.

También se consideran pérdidas crónicas los defectos que requieren repetición de los trabajos.

La reducción de los defectos y averías crónicas requiere de una investigación cuidadosa y acciones innovadoras para remediarlos.

6. Menor rendimiento entre la puesta en marcha de las máquinas y la producción estable

Son pérdidas de rendimiento que suceden durante las fases iniciales de producción. Es decir, desde la puesta en marcha hasta la estabilidad de producción.

Este tipo de pérdida está latente y la posibilidad de eliminarla es a menudo obstaculizada por la falta de sentido crítico que las considera inevitables.

Efectividad de equipo

Esto es un indicador que permite conocer, no sólo la eficacia del equipo, sino que además proporciona una pauta acerca de las fuentes de su ineficacia (identificar las 6 grandes pérdidas)

Medición de la efectividad del equipo

Efectividad global del equipo = disponibilidad x tasa de rendimiento x tasa de calidad.

Disponibilidad (Pérdidas por averías, pérdidas en la preparación y otras)

Tasa de rendimiento (Pérdidas por tiempos muertos y paradas menores y pérdidas por disminución de velocidad)

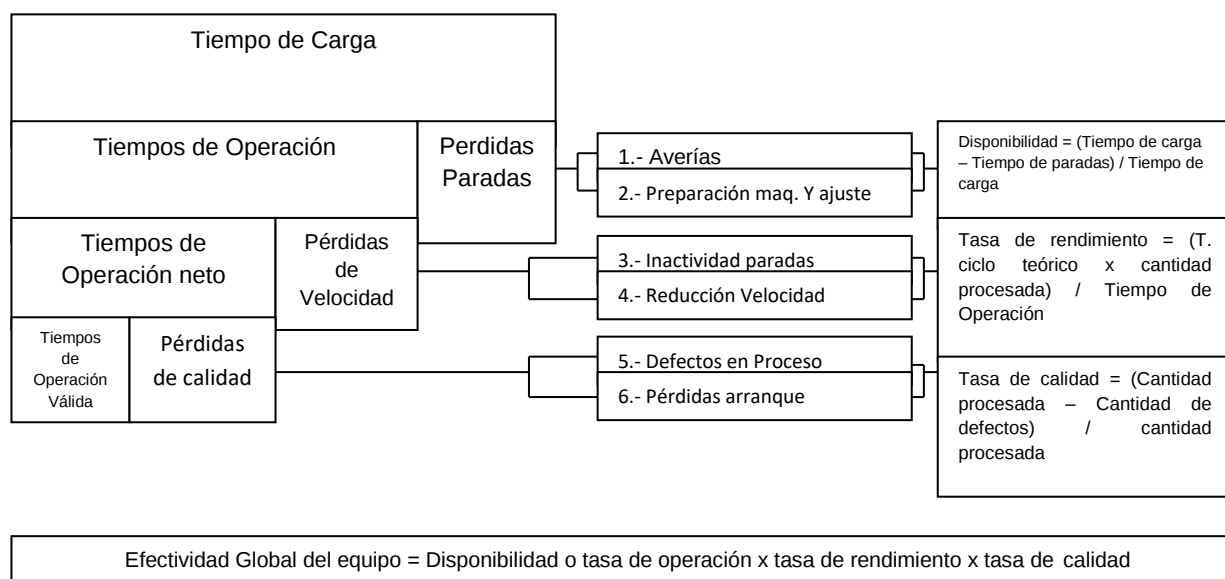


FIGURA 2.- Efectividad de equipo

PASO 8: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO (AM).

El mantenimiento autónomo es una de las etapas de la preparación de las condiciones de implantación del TPM y es la acción más difícil y que más tiempo lleva en realizar, por lo difícil de dejar la forma habitual de trabajo.

El mantenimiento autónomo es una de las etapas de la preparación de las condiciones de implantación del TPM por parte del comité de implantación. Posteriormente en la etapa de implantación, en la formación del personal en la metodología del TPM es una actividad importante. Esto nos indica que se fija en el principio y se corrige más tarde.

Estas actividades comprenden: Metodología de las Cinco S, y el Mantenimiento Autónomo, Promoción y soporte total de los siete pasos del mantenimiento autónomo y Establecimiento de diagnóstico de habilidades (Capacitación y adiestramiento en Multi-habilidades) y Procedimientos de trabajo.

La etapa de preparación incluye la educación a todos los medios administrativos y el sindicato.

La etapa de formación del personal en la metodología incluye el personal de mando intermedio y personal base.

El mantenimiento autónomo por los operadores es una característica única del TPM; y es vital la mejora de la producción en la empresa.

Ésta acción es la más difícil y la que se lleva más tiempo en realizar, porque a los operadores y operarios de mantenimiento se les dificulta dejar su forma habitual de trabajo. Los operadores trabajan a tiempo completo en la producción y el personal de mantenimiento asume por completo las responsabilidades de las reparaciones.

Cambiar tales actitudes son las razones por las que se requiere de mucho tiempo para progresar eficientemente en la implementación completa del TPM. Cambiar el ambiente en una compañía lleva mucho tiempo.

Al fomentar el TPM en su compañía, usted debe creer en la factibilidad de que, cada uno de sus colaboradores pueden adoptar la autonomía en su trabajo.

En adición cada elemento tiene que ser entrenado en la destreza de hacer el mantenimiento autónomo, actividades básicas como inspección, limpieza y lubricación de su propio equipo. (Mantenimiento Autónomo básico, el TPM es mucho más).

La falta de las tareas de inspección del equipo productivo, reaprietes, limpieza, remoción de rebaba, polvo, contaminantes y lubricación promueven las de causas de corrosión, tiempos perdidos y defectos de calidad.

Sin embargo, la capacitación y el adiestramiento no terminan con el mantenimiento básico del equipo por el operador.

Nakajima indica, incrementar las habilidades de los operadores de producción y operarios de mantenimiento, capacitándolos y dándoles adiestramiento en tuercas y tornillos. ¿A qué se refiere?

La capacitación debe enfocarse a cursos como análisis de causa raíz, lógica secuencial, cursos básicos de electricidad, mecánica, neumática, hidráulica, líneas de fuerza, ergonomía, ecología, etc., todos ellos dependiendo de las necesidades de cada

planta. Pero nunca esperar a que los operadores sean técnicos especializados, en cada una de estas técnicas, pero si especialistas de su propia máquina o equipo.

Una vez cumplida la capacitación que le permita al operador incrementar sus habilidades, propone entonces las cinco medidas para cero paros. Es entonces que surge la necesidad de una oficina técnica (Ingeniería de la planta o ingeniería de métodos), con una estructura tal, que soporte el total de las necesidades del nuevo mantenimiento.

Es por eso que el TPM lleve mucho tiempo en implementarse y de que exija de asesoría en su implementación.

Mantenimiento autónomo en siete pasos

A. PASO 1. Limpieza inicial

Desarrollo del interés de los operadores y operarios por mantener limpias sus máquinas.

La limpieza es un proceso educativo que provoca resistencia al cambio, esto es debido a que no se está acostumbrado a trabajar de manera ordenada y limpia, y se cree que el trabajo de limpieza no corresponde, más aun si existen personas que realicen este trabajo, este hecho hace preguntar: ¿Por qué limpiar si la basura se acumula rápidamente? Una manera de comprender esta necesidad es la respuesta. (No existe vibración cuando este perno esta apropiadamente asegurado).

B. PASO 2. Proponga medidas y señale las causas y efectos de la basura y el polvo.

Lo más difícil para el individuo es hacer la limpieza inicial. La firmeza debe ser individual para desear mantener el equipo limpio, y así reducir el tiempo de limpieza.

El operador de la maquinaria, cuando ha aceptado hacer la limpieza, debe de proponer medidas para combatir las causas de la generación de desorden, suciedad, desajustes, etc. Este paso se cumplirá como brotes de un plantío de rosas, es decir, una flor por aquí y otra por allá.

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

En los pasos 1 y 2, los operarios y operadores identifican las condiciones básicas que tienen sus equipos. Cuando esto ha sido terminado, los grupos de trabajo del TPM pueden poner los estándares para un rápido y eficaz trabajo de mantenimiento básico, para prevenir el deterioro. Limpieza, lubricación y reapriete para cada pieza del equipo.

Más adelante en el paso 5 se revalúan los estándares de mantenimiento autónomo, se inician los mantenimientos preventivos básicos, verificándolos con los procedimientos de inspección autónoma.

El método de trabajo de las 5'S se refiere al mejoramiento continuo 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.

Es la herramienta que se utiliza para romper la resistencia que generalmente surge de los mandos medios, método de trabajo que no lesiona ni castiga a nadie, sin embargo involucra a toda la planta en la mejora continua y prepara las condiciones propicias para el cambio.

Pero es necesario hacer una excelente implementación de las Cinco S, no solo una campaña ni un método simple de limpieza.

Lamentablemente si no se implementa en total de la misma o solo se realiza en forma de campaña, el TPM, fracasará indefectiblemente.

El Dr. Nakajima afirma que "... no es conveniente implementar el Mantenimiento Autónomo, sin haber obtenido los logros tempranos que proporcionan las Cinco S. De aquí que ambas metodologías están íntimamente relacionadas".

Los tres primeros pasos del mantenimiento autónomo se enfocan a la reunión de requisitos, por lo tanto, los esfuerzos en esta etapa temprana no siempre presentarán resultados impactantes. Menos aún si previamente no se implementaron las Cinco S.

D.- PASO 4.- Inspección general.

Los pasos 1, 2 y 3 son las acciones de mantenimiento autónomo para la prevención, detección y control de las condiciones fundamentales de los equipos, manteniendo limpiezas, lubricación y reaprietes.

En este cuarto paso se ensaya la detección de los modos de falla con una inspección general del equipo.

Es también vital haber iniciado ya las capacitaciones relacionadas a incrementar las habilidades de todo el personal, para que puedan realizar la inspección general.

El entrenamiento general de inspección, debe cumplirse por categoría a la vez, empezando con el desarrollo de destrezas. En este punto se debe intensificar la capacitación técnica para los trabajadores.

Este cuarto paso lleva mucho tiempo complementarlo, porque todos los operarios y operadores tienen que desarrollar su habilidad y destreza para detectar anomalías.

E.- PASO 5.- Inspección autónoma.

En el paso 5, los estándares de limpieza y lubricación establecidos en las etapas 1,2 y 3 y el estándar de referencia de la inspección de arranque, son comparados y evaluados para eliminar cualquier inconsistencia y asegurar las actividades del mantenimiento autónomo. El tiempo y la buena técnica proporcionarán el arribo a la meta.

En este paso 5 hacer el manual de inspección autónoma. Aquí se complementan las inspecciones de grupos de trabajo de operadores y personal técnico, estas inspecciones se harán con equipo en paro, equipo en marcha y condiciones de operación.

Cuando los operadores de producción y operarios de mantenimiento son completamente entrenados para conducir 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, además de procedimientos que contengan un ciclo completo de inspección, puesto que son varias las instancias que participan. Es muy importante culminar con la elaboración del manual de acción correctiva.

F.- PASO 6.- Organización y ordenamiento.

(Seiri), o la organización, es el medio para identificar los aspectos a ser manejados en el centro de trabajo, haciendo procedimientos y estándares. Esto es un trabajo para el nivel de dirección y mandos intermedios (No despreciar y simplificar los objetivos a condiciones manejables)

Recuerde que el método de las 5'S, cuando se implementa en el área de trabajo (Seiri) cambia por Clasificación y/o Selección.

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

(Seiri y Seiton). Organización y ordenamiento, son así las actividades de mejoramiento para fomentar, simplificar y organizar el mantenimiento autónomo, y la adhesión a los estándares y procedimientos. Siendo los caminos del aseguramiento de la estandarización. Usar controles visuales en todo el centro de trabajo.

Los pasos 1 al 5 acentúan las actividades de inspección y mantenimiento de las condiciones básicas de los equipos. (Limpieza, lubricación, y reapriete). El papel del operario y operador es mucho más amplio sin embargo, tome en cuenta que solo es el principio.

En el paso 6, líderes, mandos medios, y directores toman el papel principal en complementar la implantación del mantenimiento autónomo por evaluación del papel de los operarios y clarificar sus responsabilidades.

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

Habiendo terminado las actividades de los grupos de trabajo, conducidas por los supervisores (terminado el paso 6) los trabajadores serán más profesionales y con una moral alta.

Por último, ellos se hacen independientes, especialistas, y confiados trabajadores, quiénes pueden buscar o generar su propio trabajo y el mejoramiento del equipo, proceso y herramientas con autonomía

Esto representa, que las actividades de los grupos de trabajo tuvieron el enfoque de eliminar las seis grandes pérdidas e implantar en cada centro de trabajo el mejoramiento de habilidades como lo recomiendan las Cinco Medidas Para Cero Paros.

CINCO MEDIDAS PARA CERO PAROS. (TIEMPOS PERDIDOS)

Idealmente, los paros pueden ser eliminados completamente a través del mantenimiento preventivo, o la adopción del diseño del mantenimiento-libre. Sin embargo. La condición de la mayoría de los equipos, está lejana de este ideal.

El primer paso hacia el mejoramiento, es eliminar las fallas en los equipos por quienes los operan.

Las experiencias que se obtienen en este esfuerzo, son la retroalimentación para mejorar el diseño de los equipos que gradualmente se aproximarán al ideal.

Una falla resulta de la pérdida del funcionamiento normal de cierta componente de un equipo, (deterioro). Por ejemplo, mal operación de un sistema, ensamble, sub - ensamble e incluso una parte.

Esta pérdida de funcionamiento normal, indica que las fallas de los equipos no están limitadas a un inesperado paro que conduzca a una suspensión total. Aún cuando el equipo siga trabajando, el deterioro puede causar varias pérdidas pequeñas, como;

bajo rendimiento, pérdida de velocidad, tiempos ciclos mayores, más largos y difíciles puesta a punto, ajustes, tiempo ocioso y paros bajos.

Tales pérdidas tienen que ser tratadas como fallas inesperadas. Los paros inesperados con suspensión completa son llamados fallas de funcionamiento-pérdida, mientras aquellos que implican deterioros paulatinos del equipo y a pesar de ello continua mal operando, son llamados fallas de reducción de funcionamiento.

Se entiende entonces, que aquellos que conciernen a paros y defectos serios, son así de evidentes y son sin duda los casos en que las causas solas provocan un defecto de calidad o un tiempo perdido. Estos paros representan la punta del “iceberg”.

Sin embargo, los pequeños defectos, tales como la basura, el polvo, la fricción, aflojamientos, desgastes y la vibración, [que pueden parecer insignificantes] son el verdadero problema. Estos pequeños problemas suelen repentinamente convertirse en grandes.

A veces estos pequeños desperfectos pueden crear un efecto más fuerte. “Como una pequeña chispa puede causar un fuego”, 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.

Por lo tanto se tendrán que exponer los defectos ocultos y restaurar las condiciones óptimas del equipo antes de su deterioro. Las siguientes cinco medidas ayudan a eliminar los desperfectos.

1. Regularice las condiciones básicas de: Limpieza, lubricación y reapriete.
2. Apegarse a los procedimientos de operación.
3. Elimine el desperfecto.
4. Mejore las debilidades del diseño.

5. Mejore las habilidades y destrezas de los operadores y operarios de mantenimiento.

Se recuerda que muchas veces los paros ocurren por que las personas fallan en la implementación de medidas sencillas. Así entonces; los paros pueden ser eliminados si se cumplen los procedimientos, los que deben ser sencillos para hacerse de una manera sencilla.

Si estos procedimientos son elaborados por ambos departamentos, producción y mantenimiento, ellos deberán comprender, el uno y el otro, su papel y cooperar entre sí para el cumplimiento de cada punto, observando su conducta y deberes respectivos. Así cada uno de ellos involucrados en la operación del equipo y/o el mantenimiento, trabajarán para eliminar las fallas.

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.

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.



FIGURA 3.- Diseño esquemático del mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo va de la mano con las 5S, práctica que al final a manera de premiación debe de ser reconocida para que motive más al personal.

La implantación/revisión del mantenimiento planificado

La implantación del Mantenimiento Planificado se da por la elaboración de un plan de implantación a través de la metodología del PDCA que tiene inicio en la clasificación de los equipos por criticidad, ya vista anteriormente. Después de elaborado, ejecutado y revisado, con relación a su eficacia en la prevención de las fallas, los nuevos procedimientos de prevención serán puestos en práctica de forma rutinera y continuamente verificados (SDCA). En ese momento, se espera que la tasa de fallas se estabilice, como se puede observar en el siguiente gráfico.

Para reducir las fallas al límite mínimo impuesto por la tecnología de la máquina será necesario repetir el ciclo PDCA/SDCA para mejorar los procedimientos.

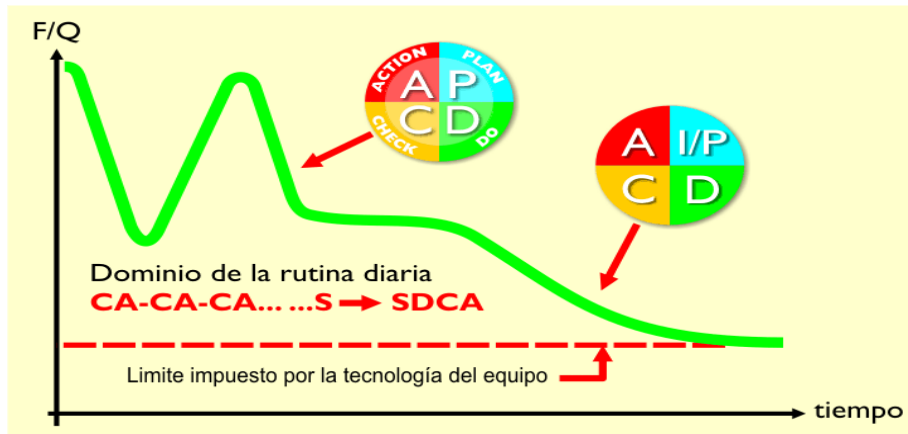


FIGURA 4.- PDCA

PASO 9: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO (PM).

- Este paso busca establecer un programa de mantenimiento periódico para el Departamento de mantenimiento.
- El mantenimiento programado o preventivo (PM) del Departamento de mantenimiento, deben coordinarse con la actividades de AM del Departamento de operaciones.
- Hasta que la inspección general forme parte de los operarios se requerirá de la asistencia del Departamento de mantenimiento en forma continua.
- Se deben desarrollar 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.

PASO 10: ADMINISTRACIÓN TEMPRANA DE EQUIPOS

- La Administración temprana o anticipada busca asegurar la fiabilidad y mantenibilidad de los equipos.
- Implica un enfoque comprensivo de prevención del mantenimiento (MP) y de diseño libre de mantenimiento a través de la experiencia y

esfuerzos concertados de las áreas de staff de ingeniería, diseño y Mantenimiento tanto en la planificación, diseño, fabricación o compra, instalación y pruebas hasta llegar a la operación normal.

- Se busca minimizar el costo económico del ciclo de vida (LCC).

Para mejorar la administración temprana de equipos se buscará asegurar la confiabilidad y mantenibilidad de los equipos.

La confiabilidad de un componente /equipo es la capacidad de un ítem para realizar su función específica en determinadas condiciones, durante un período de tiempo determinado. Parece complicado, pero se entiende cuando alguien dice que un equipo es más confiable que otro, o sea que el más confiable tiene menos posibilidad de romperse durante su uso.

Los equipos se comportan como los seres humanos. En la infancia, que corresponde a la fase inicial del equipo, los seres humanos presentan más problemas de salud o “fallas”.

En la edad adulta, si se tiene cuidado con la salud, se tendrá menos problemas de la misma manera que los equipos sometidos a un buen mantenimiento. Durante la vejez, se presenta más problemas, como los equipos y, en ese momento, debemos restaurarlos haciendo una reforma cambiando sus partes muy gastadas (todo que lo que no es posible hacer en el mantenimiento del día a día).

La confiabilidad de un proceso, equipo o pieza puede ser medida por la cantidad de fallas a lo largo de un determinado período de tiempo (Tasa de Fallas). Observe el siguiente gráfico. Este gráfico posee una curva que es llamada de “Curva de la Bañera” en función de su formato parecido con el de una bañera. El gráfico de la curva de la bañera tiene, en su eje vertical, la tasa de fallas y, en el horizontal, el tiempo de uso del equipo.

La parte amarilla del gráfico muestra el inicio del funcionamiento de la máquina, cuando ocurren más problemas. Tomando como ejemplo el automóvil, es la fase de

pruebas del automóvil en el campo de pruebas de la empresa cuando aparecen algunos problemas que serán corregidos en la fábrica.

Después de algún tiempo del inicio del funcionamiento de la máquina se accede a la parte verde del gráfico, cuando comienzan a ser realizadas las actividades de Mantenimiento Planificado. En el automóvil corresponde a los primeros años de uso cuando presenta pocos problemas de mantenimiento, principalmente si realizamos las revisiones en las fechas programadas.

La parte roja del gráfico muestra el momento en el cual el equipo debe ser restaurado. La máquina se rompe con más frecuencia y, en este momento, el Mantenimiento Planificado ya no consigue actuar adecuadamente, por lo tanto, es hora de realizar una “Reforma”, esto sucede debido a los desgastes que no pudieron ser resueltos dentro del proceso de mantenimiento planificado en la rutina del día a día.



FIGURA 5.- La curva de la bañera

El enfoque comprensivo de prevención del mantenimiento y de diseño de mantenimiento es muy importante, para esto es necesario clasificar los equipos de acuerdo a su criticidad.

Para contar con una línea de actuación forzada, buscando resultados positivos, es necesario aplicar criterios apropiados, que nos muestren las prioridades en la acción, permitiendo el uso correcto y adecuado de las modalidades y técnicas de mantenimiento, en nuestros equipos. A continuación, son presentados los criterios adoptados:

Los siguientes son los objetivos de la clasificación de los equipos con relación a la criticidad:

- Indicar el grado de importancia de cada equipo dentro del proceso productivo
- Subsidiar la elaboración del Plan de Mantenimiento
- Auxiliar en la selección de los métodos de mantenimiento
- Priorizar análisis de fallas
- Justificar inversiones

Criterios a evaluar en los equipos

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

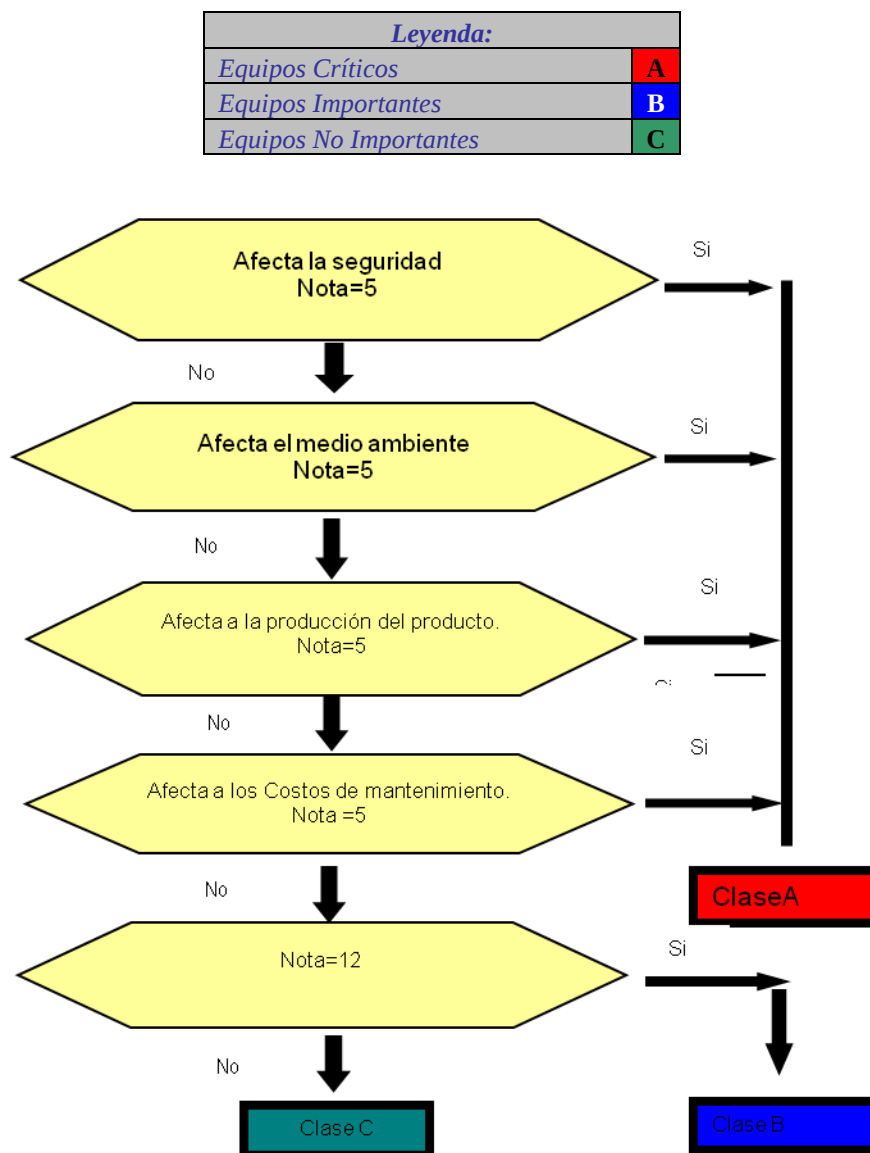


TABLA 2.- Esquema de evaluación de criticidad de equipos

Organigrama para definir la clasificación de un equipo

Otra forma de administración temprana de equipo es la compra oportuna de los repuestos para los equipos.

El sistema de materiales tiene como objetivo garantizar que las piezas de reserva sean en cantidad y calidad tales que, siempre que sea necesario, aseguren una rápida atención. Los niveles de existencias se definen por los parámetros que siguen la política de existencias de la empresa.

La definición de los ítems de existencia debe ser realizada a partir de la política de mantenimiento de los equipos considerando el potencial de pérdida en el caso de rotura del componente. Entretanto, debemos comparar el costo financiero de mantener el material en el depósito con el potencial de pérdida en el proceso debido a falla del componente.

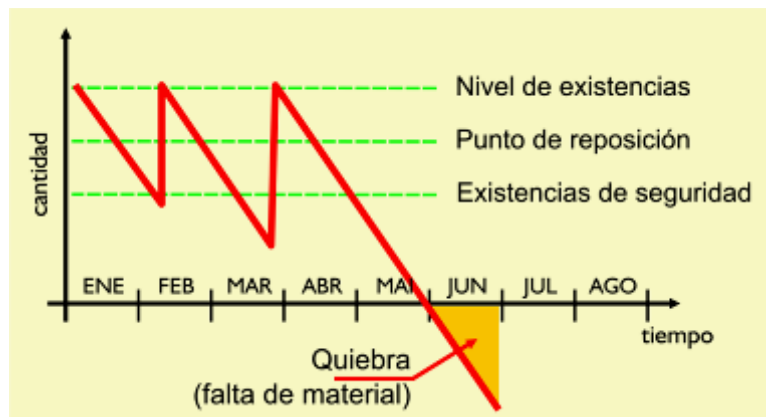


FIGURA 6.- Clasificación de equipo

Los materiales deben estar bien acondicionados en un ambiente adecuado, garantizando que se encuentren siempre en perfectas condiciones de uso. Para garantizar esta condición es necesario que los equipos de existencias y mantenimiento se encuentren involucrados. Para algunos ítems es necesario que existan rutinas de inspección / intervención a ser realizadas por los equipos de mantenimiento (por ejemplo: Giro del eje de motores / bombas, mediciones de aislamientos, análisis de aceite de transformadores reservas, inspección de calentamientos de motores reserva, etc...)

Los inventarios deben ser realizados sistemáticamente y los desvíos identificados y corregidos rápidamente.

Es muy importante la integración entre los equipos de mantenimiento y suministros, para garantizar un buen equilibrio calidad x costos. Para cumplir este objetivo el mantenimiento debe detallar las especificaciones técnicas para que el sector de suministros pueda optimizar los aspectos relacionados con los costos sin comprometer la calidad.

Con relación a las compras de materiales y servicios, se deben realizar reuniones periódicas (por lo menos bimestrales) para evaluar la atención cualitativa y cuantitativa. En estas reuniones deben participar Mantenimiento, Suministros y Existencias.

Debe existir un proceso sistemático en el cual sean evaluadas las necesidades de repuestos de los componentes críticos de todos los nuevos equipos.

A lo largo de los ciclos de vida de los diversos equipos, la situación de necesidades de piezas de reserva puede ser modificadas (por cambios en el proceso productivo, sub dimensionamientos iniciales, edad de los equipos y otros). EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO a través de la Gerencia de Datos, de los Análisis de Fallas, de los Registros de Anomalías, de los Informes de Gestión de Existencias del Sistema de Materiales, etc... debe identificar las necesidades de corrección permitiendo los ajustes necesarios.

PASO 11: PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO Y CAPACITACIÓN EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La mejora de las capacidades de operación y mantenimiento son inversiones en el personal que rinden múltiples beneficios.

Para que se garantice la continua mejoría de la práctica del mantenimiento en los equipos, es necesario que los equipos de trabajo involucrados tengan conocimientos y habilidades relativos al proceso de mantenimiento, en técnicas intrínsecas de mantenimiento y también de los estándares existentes.

Estos conocimientos y habilidades se dividirán en:

Conocimientos generales y de gestión:

Serán los conocimientos relacionados a los procesos básicos de Mantenimiento Autónomo (Por ejemplo, este módulo de Visión General de Mantenimiento, Mantenimiento Autónomo, Lección punto a punto – Q1, Análisis de Fallas, etc...)

Coocimientos dedicados a la ejecución de las tareas críticas de los procesos, subdivididos en:

Especializado de acuerdo con la función: Serán conocimientos intrínsecos relativos a la función desempeñada por el mantenedor y que no tienen relación directa con las tareas críticas de cada proceso. Algunos ejemplos de estos conocimientos son: Conocimientos, entre otros, en hidráulica, alineamiento, motores eléctricos y sistema de alta tensión.

Específico de acuerdo con la función:

Serán conocimientos intrínsecos relativos a la función desempeñada por el mantenedor y que tienen relación directa con las tareas críticas de cada proceso.

FASE DE ESTABILIZACIÓN

PASO 12: IMPLANTACIÓN PLENA DEL TPM Y ESTABLECER METAS ELEVADAS.

- El paso final en el programa de desarrollo del TPM es perfeccionar la implantación del TPM y fijar metas futuras aún más elevadas.
- Durante la fase de estabilización cada persona trabaja para mejorar los resultados TPM, de forma que dure algún tiempo.
- En este punto se puede evaluar participar en un premio PM que no es un fin en sí, sino la reafirmación de la continuidad de la mejora.

2.4. Marco conceptual

Empowerment

Empowerment significa potenciación o empoderamiento que es el hecho de delegar poder y autoridad a los subordinados y de conferirles el sentimiento de que son dueños de su propio trabajo.

En inglés "empowerment" y sus derivados se utilizan en diversas acepciones y contextos, pero en español la palabra se encuentra en pugna con una serie de

expresiones que se aproximan sin lograr la plenitud del sustantivo. Se homologan "empowerment" con "potenciación" y "to empower" con "potenciar", mientras que caen en desuso expresiones más antiguas como "facultar" y "habilitar".

Indicadores TPM

Cuando las personas no ven cómo puede ayudar al TPM a su empresa, su implantación pierde fuerza y orientación, por tanto, es esencial monitorear permanentemente su eficacia para mantener los esfuerzos en la ruta debida. Hay que medirlo periódicamente durante el desarrollo del programa TPM y, en función de los resultados, ir perfilando nuevas estrategias para satisfacer los objetivos deseados.

El TPM, no es algo paralelo a la gestión económica y productiva normal de la organización. Debe quedar clara su contribución actual y posterior a los objetivos de la empresa. Hay que coordinar sistemáticamente los objetivos del TPM con los objetivos globales de la empresa y revisar regularmente las relaciones entre ellos. Para establecer prioridades en las actividades TPM, hay que descomponer los principales objetivos en objetivos secundarios, por otra parte, además de medir resultados cuantitativos y tangibles, hay que evaluar también los beneficios intangibles tales como la mejora en capacidades y actitudes y la creación de lugares de trabajo productivo y grato.

Los indicadores para medir la evolución del TPM son:

a. Indicadores de gestión

Los indicadores de gestión sintetizan muchas actividades individuales. Es esencial reflejar los resultados de las actividades TPM en los indicadores de gestión y mostrar cómo esta metodología ayuda a mejorar el rendimiento de la organización. Para lograr esto, se define una política TPM basada en la política general de la empresa, y se establecen objetivos TPM de acuerdo con los objetivos generales de la organización. Se debe asegurar que cada departamento comprenda claramente sus responsabilidades particulares y se deben establecer metas que las reflejen.

Evaluar los resultados y supervisar las actividades en intervalos de seis meses, es la clave para asegurar que el programa TPM contribuya a los rendimientos de la planta.

Por otro lado, aunque se hayan definido objetivos sumamente ambiciosos, será demasiado tarde para hacer algo si el progreso se evalúa cada año o cada tres años y se descubre entonces que no se ha logrado lo esperado.

INDICADOR	FÓRMULA
Productividad del personal	$\frac{\text{(Volumen o cantidad de producción)}}{\text{(Nro. de trabajadores o total horas trabajadas)}}$
Reducción de costos	Reducción de costos absolutos o porcentuales
Reducción del personal	Reducción absoluta o porcentual del número de trabajadores
Reducción del valor de los stocks de producto	Reducción absoluta o porcentual del valor de los stocks de producto
Eficiencia de inversiones de equipo	$\frac{\text{Producción por período}}{\text{Valor de activos fijos al final del período}}$
Proporción planta / personal	$\frac{\text{Activos Fijos de planta al final del período (\$)}}{\text{Nro. de empleador (al final del periodo)}}$

TABLA 3.- Indicadores de gestión

b. Indicadores de eficacia de la planta

El macro – indicador de la eficacia de la planta se compone de tres sub – indicadores (disponibilidad, tasa de rendimiento y tasa de calidad)

INDICADOR	FÓRMULA
Disponibilidad	$\frac{\text{(Volumen o cantidad de producción)}}{\text{(Nro. de trabajadores o total horas trabajadas)}}$
Tasa de Rendimiento	Reducción de costos absolutos o porcentuales
Tasa de calidad	$\frac{\text{(Volumen de producción - defectos por reprocesos)} \times 100}{\text{Volumen de producción}}$
Eficiencia global de la planta	Disponibilidad x tasa de rendimiento x tasa de calidad
Tasa media de producción actual	$\frac{\text{Volumen de producción actual}}{\text{Tiempo de operación}}$

Número de fallos de equipos	Valores actuales para cada clase de equipos
Número de fallos de proceso	Número de fugas, incidentes de contaminación y fenómenos similares

TABLA 4.- Indicadores de eficacia de la planta

c. Indicadores de calidad y ahorro de energía

En las industrias de proceso, hay que considerarlos como indicadores claves, ya que están directamente relacionados con los costos de producción.

INDICADOR	FÓRMULA
Costo de defectos de proceso	Costo total de pérdidas generadas por cada tipo de producto
Número de defectos pasados sin detectar	Número de defectos pasados al proceso siguiente
Consumo de electricidad	Tendencia de consumo de electricidad (KWH)
Consumo de vapor	Tendencia de consumo de vapor
Consumo de combustible	consumo de petróleo, gas natural, etc.
Consumo de agua	Tendencia de consumo de agua
Consumo de lubricantes y fluidos	Consumo de lubricantes y fluidos hidráulicos
Consumo de materiales auxiliares	Consumo de disolventes, pintura, etc.

TABLA 5.- Indicadores de calidad y ahorro de energía

d. Indicadores de mantenimiento

De forma general, se deben evaluar dos aspectos del mantenimiento. Primero, se evalúan las mejoras en la fiabilidad y conservación del equipo y se comprueba cómo ayudan a elevar la eficacia de la planta y la calidad del producto. En segundo lugar, se evalúa la eficiencia del trabajo de mantenimiento. En las industrias de proceso, es importante sistematizar y acelerar el mantenimiento con parada y lograr un arranque suave y rápido eliminando los problemas de éste. Para valorar la eficacia en la utilización de los mejores y más económicos métodos.

INDICADOR	FÓRMULA
Frecuencia de fallos	$\frac{\text{Número total de paradas debidas a fallos}}{\text{Tiempo de carga}}$
Tasa de gravedad de fallos	$\frac{\text{Tiempo total de paradas debido a fallos} \times 100}{\text{Tiempo de carga}}$
Tasa de mantenimiento de emergencia	$\frac{\text{Número de trabajos de EM} \times 100}{\text{Número total de trabajos PM y EM}}$
Costo de paradas debidas a fallos	Tiempo de paradas x costo por unidad de tiempo
Número de pequeñas paradas y tiempos muertos	Tendencia en el número de pequeñas paradas y tiempos muertos
MTTR	$\frac{\text{Tiempo total de parada}}{\text{Número de paradas}}$
Reducción en el número de paradas para mantenimiento	$\frac{\text{SMD previo}}{\text{SMD actual}}$
Tasa de logros de PM	$\frac{\text{Tareas de PM terminadas} \times 100}{\text{Tareas PM planificadas}}$
Tasa de reducción de personal de mantenimiento	Tendencia en la reducción del número de personas de mantenimiento
Tasa de costos de mantenimiento	$\frac{\text{Costo Total de mantenimiento} \times 100}{\text{Costos totales de producción}}$
Tasa de reducción de costos de mantenimiento	Tendencia en la reducción de costos de mantenimiento
Reducción de Stocks de repuestos	Tendencia en el valor de los stocks de repuestos
Tasa de costos globales de mantenimiento	$\frac{(\text{Costos totales de mantenimiento} + \text{Perdidas por paradas}) \times 100}{\text{Costos totales de producción}}$

TABLA 6.- Indicadores de mantenimiento

e. Indicadores de salud, seguridad y entorno

En cada planta, los directivos y supervisores asumen la responsabilidad de la salud, la seguridad y el entorno. Generalmente, el “Comité de Seguridad” organiza equipos que recorren las instalaciones para descubrir posibles problemas o causas de accidentes.

INDICADOR	FÓRMULA
Frecuencia de accidentes	$\frac{\text{Número de accidentes}}{\text{Horas de trabajo totales}}$
Tasa de gravedad de accidentes	$\frac{\text{Días perdidos por accidentes}}{\text{Horas totales de trabajo}}$
Número de accidentes con pérdidas de días trabajados	Número actual
Número de incidentes	Número actual

TABLA 7.- Indicadores de salud, seguridad y entorno

f. Indicadores de formación y clima laboral (motivación)

A través de la formación y la práctica directa, el TPM intenta revolucionar al personal y desarrollar empleados altamente motivados, capacitados, y con seguridad en sí mismos, que conocen íntimamente sus equipos y procesos. Esto hace particularmente importante la evaluación de la formación y el clima laboral.

INDICADOR	FÓRMULA
Nro. de reuniones o tiempo invertido en actividades de pequeños grupos	Números actuales
Nro. de temas registrados de mejoras focalizadas	Número registrado para cada tipo de pérdida
Costos ahorrados por mejoras focalizadas	Costos totales ahorrados con mejoras enfocadas
Nro. de sugerencias de mejora	Número actual
Nro. de personas educadas en PM	Número actual

TABLA 8.- Indicadores de formación y clima laboral

SMED (Single Minute Exchange of Die – Cambio de herramienta en pocos minutos)

En gestión de la producción, SMED es el acrónimo de Single-Minute Exchange of Die: cambio de herramienta en (pocos) minutos. Este concepto introduce la idea de que en general cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más de 10 minutos, de ahí la frase single minute (expresar los minutos en un solo dígito). Se entiende por cambio de utillaje el tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida de una serie hasta la obtención de la primera pieza correcta de la serie siguiente; no únicamente el tiempo del cambio y ajustes físicos de la maquinaria.

Los cuatro pasos del SMED:

1. Suprimir operaciones inútiles, convirtiendo las operaciones internas en externas.
2. Simplificación de útiles y herramientas.
3. La necesidad de trabajar en equipo.
4. La supresión de ajustes y pruebas

Coaching. (Entrenar)

Coaching (que procede del verbo inglés to coach, entrenar) es un método que consiste en dirigir, instruir y entrenar a una persona o a un grupo de ellas, con el objetivo de conseguir alguna meta o de desarrollar habilidades específicas. Hay muchos métodos, aplicaciones y tipos de coaching. El Coach decidirá que utilizar según la característica y necesidades del coachee. Entre sus técnicas puede incluir el uso de la Mayéutica, Dialéctica, Ironía, PNL y aplicarlas individualmente o a grupos a través de charlas motivacionales, seminarios, talleres y prácticas supervisadas.

Costos

El Costo es el gasto económico que representa la fabricación de un producto o la prestación de un servicio. Dicho en otras palabras, el costo 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. Cuando no se alcanza el objetivo deseado, se dice que una empresa tiene pérdidas.

Lean manufacturing (Manufactura esbelta)

Lean Manufacturing o simplemente "Lean" traduce manufactura esbelta. La palabra esbelta se refiere a la descripción de una empresa o proceso libre de desperdicios o ineficiencias y que se realiza con el mínimo de recursos necesarios. 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. De esta forma, se alcanzan resultados inmediatos en la productividad, competitividad y rentabilidad del negocio.

GFO (Gestión con foco en el operador).-

Objetivos

Recuperar los conceptos originales de GFO.

Aumentar el involucramiento de los responsables de los sistemas.

Aumentar el conocimiento y compromiso del liderazgo con la metodología.

Garantizar estabilización de procesos en las células y el tiempo para mejoras en el liderazgo.

Analizar las diferencias que tenemos con las mejores prácticas Gerdau, para definir acciones de corto, mediano y largo plazo y tener una gestión ejemplar.



FIGURA 7.- Objetivos del GFO

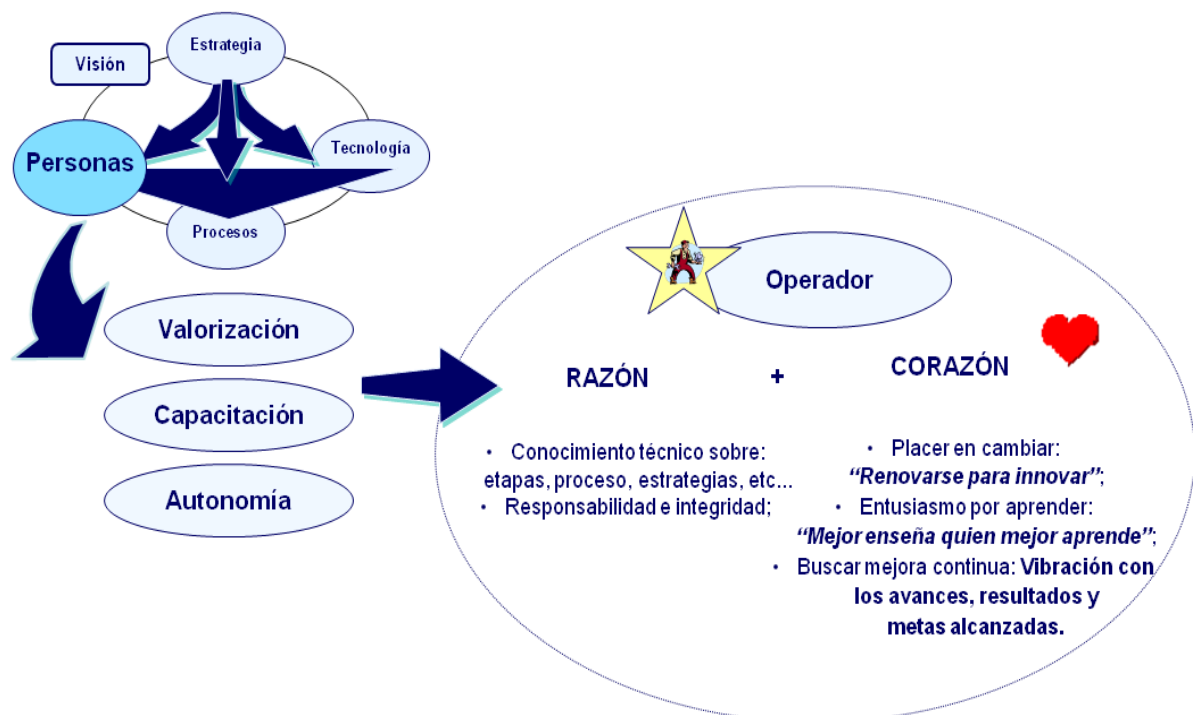


FIGURA 8.- Objetivos del GFO

Células operacionales

Recordando el concepto de célula:

Menor unidad de resultado del Grupo Gerdau

Incluye el proceso básico del negocio

Es autónoma y, para esto, sus miembros deben funcionar como un equipo y capacitarse para tomar decisiones con calidad, rapidez y visión de costo.

La rutina debe estar estabilizada de tal forma que los líderes deleguen al equipo la rutina, apoyando si fuese necesario (el líder facilita el proceso). El equipo se autogestiona.

Características:

Foco en el operador, Organizadas por proceso/producto/equipo

Célula como unidad de resultados: Metas/Ics Definidos

Productos/Clientes identificados

Son responsables por: Operación, Calidad, Mantenimiento, Seguridad, Proceso y Costos, Simplicidad, Autocontrol a través de estándares e ítems de ajuste

Reciben empowerment, Autogestión

Ventajas de organización por células

Es la valorización del operador y de sus tareas: operador como núcleo de la célula – punto del proceso donde se agrega valor a los productos.

Las metas de la empresa se desdobl原因 hasta el nivel del operador.

Mejora la comunicación entre la empresa y los operadores, ya que se eliminan niveles intermedios.

Aumenta la participación de los operadores en la búsqueda de los resultados de la empresa.

Cambia el sentimiento de las personas – los operadores pasan de pasivos a proactivos.

La compañía se vuelve más versátil para adaptarse a los cambios del mercado, aumentando la probabilidad de supervivencia.

Simplifica la gestión.

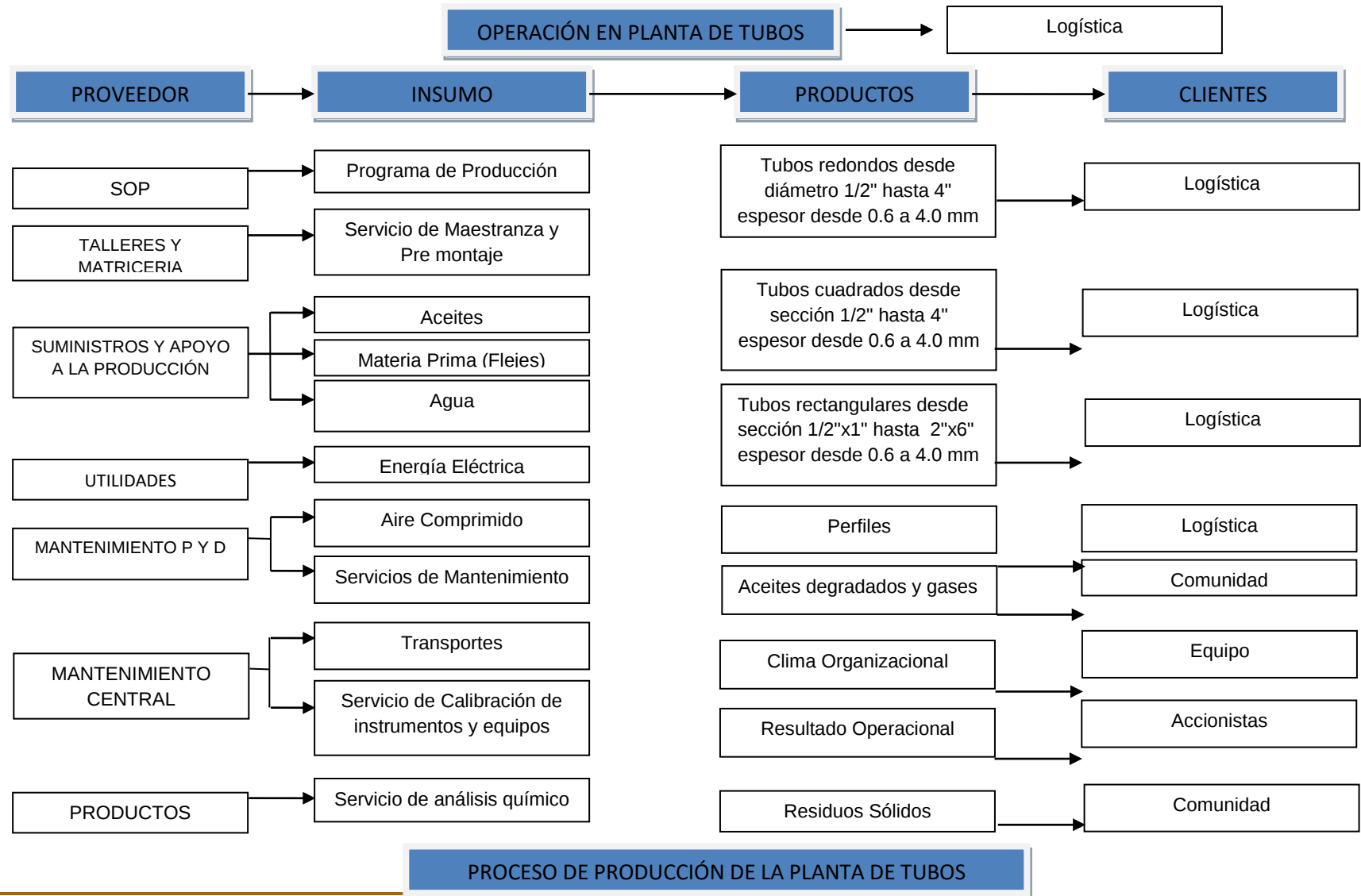
Mejora la velocidad en la toma de decisiones y la calidad de los resultados.

►Evolución de la autogestión



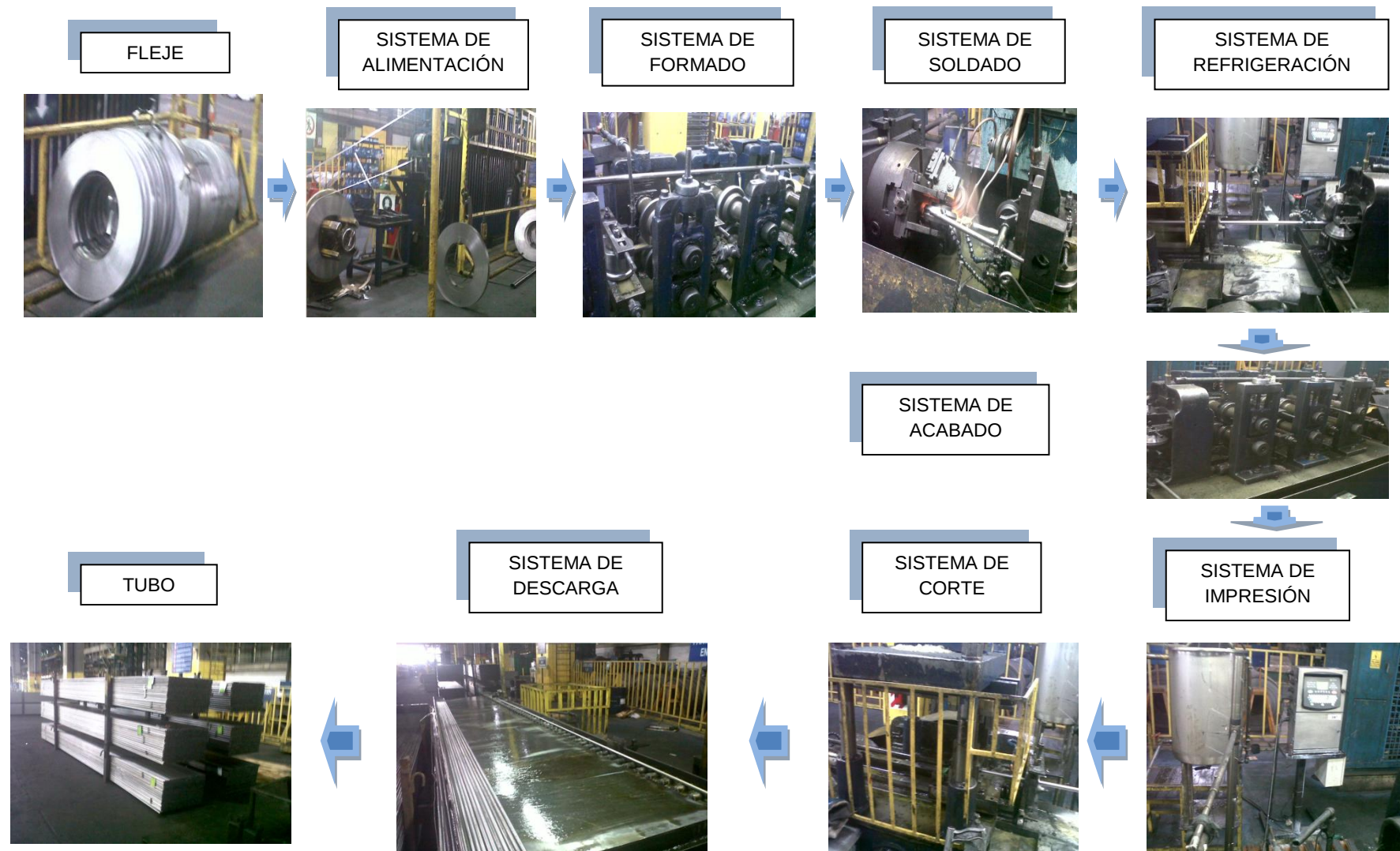
FIGURA 9.- Evolución de la Autogestión

2.5. Proceso de operación y producción en la planta de tubos



TPM en Acción

Eficiencia Total en la Industria del Acero



2.6. Implantación del TPM en la planta de tubos

PASO 1: ANUNCIO DE LA ALTA DIRECCIÓN DE LA DECISIÓN DE INTRODUCIR EL TPM

ANUNCIO DE LA ALTA DIRECCIÓN:

(GERENTE DE PLANTA)

Estimados colaboradores.

En esta oportunidad queremos anunciarles la implementación de un sistema integral de mejora llamado TPM. Y ¿Que es el TPM? 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.

PASO 2: LANZAMIENTO DE LA CAMPAÑA EDUCACIONAL

ACTIVIDADES, TIEMPOS, GRUPOS OBJETIVOS, RESPONSABLES:

Se harán afiches puestos en planta explicando este nuevo sistema de mejora integral.

Se colocaran protectores de pantalla en las PCs para el personal de oficina y ellos puedan estar motivados y al tanto con el tema.

Se elaboraran cuadros de capacitación donde se dividirán por áreas, donde el jefe de cada área será el líder quien capacite a su personal, para ello los jefes serán capacitados por un experto asesor de TPM.

El tiempo que demoraría el asesor en capacitar en todo lo relacionado con el proyecto al jefe será de aproximadamente 30 días y el jefe dará capacitaciones a sus dirigidos 30 minutos en 2 semanas ínter diario al final de cada turno.

PASO 3: CREAR UNA ORGANIZACIÓN PARA PROMOVER EL TPM

ORGANIZACIÓN PARA PROMOVER EL TPM:

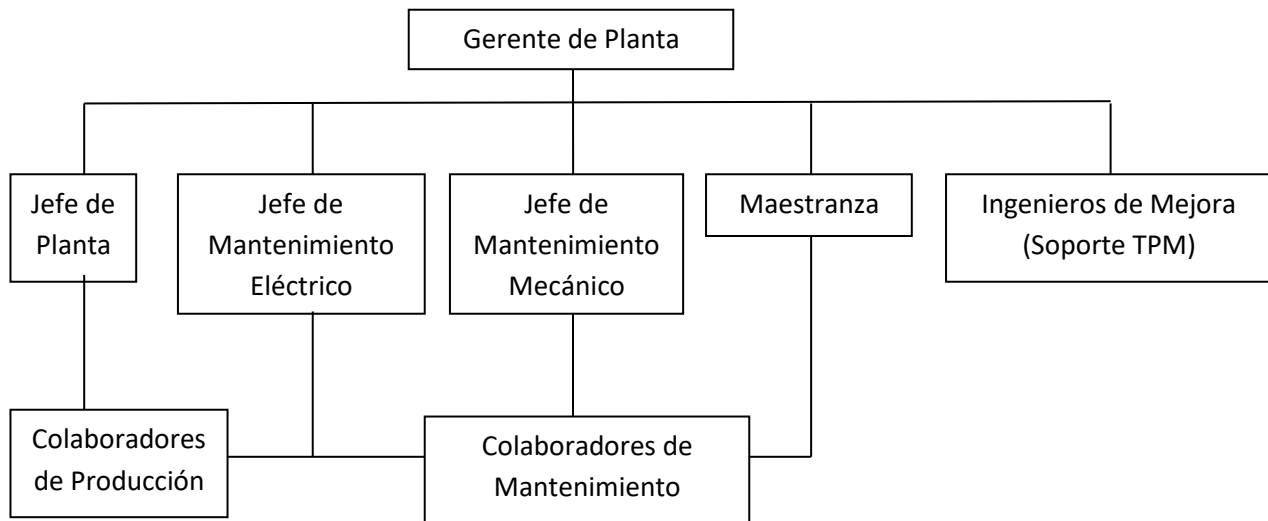


FIGURA 10.- Organización para promover el TPM

La alta dirección deberá estar comprometida en la implantación del proyecto

Experto asesor en TPM, quien será capaz de introducir el nuevo sistema integral

Jefe de cada área, quien será el responsable de la ejecución en cada área del proyecto.

Los ingenieros de mejora se encargarán de brindar soporte para la implantación del TPM, fijando metas y midiendo el avance del mismo.

PASO 4: ESTABLECER POLITICAS Y METAS PARA EL TPM



METAS	2010	2012
1.- Reducir fallos	100%	Menos del 80%
2.- Incrementar productividad	100%	Más del 117%
3.- Reducir defectos en proceso	3 x mes	1 x mes
4.- Reducir el consumo de Energía	100%	80%
5.- Reducir Incidentes SPT	240 x año	100 x año
6.- Reducir accidentes CPT	3 x año	Menos 1 x año
7.- Mejorar los costos operativos	100%	Menos del 90%
8.- Mejorar las paradas por impresión eléctrica	100%	Menos del 50%
9.- Mejorar las paradas por sistema de soldado	100%	Menos del 50%
10.- Mejorar las paradas por Sistema de Corte	100%	Menos del 80%
11.- Mejorar paradas por Cambio de Proceso	100%	Menos del 85%
12.- Mejorar las paradas por sistema de Refrigeración	100%	Menos del 60%
13.- Mejorar la cantidad de horas de capacitación a los colaboradores	20 horas x año	80 horas x año
14.- Incrementar la velocidad de la línea	27 mt / min	36 mt / min
15.- Mejorar la Utilización de máquina	100%	Más del 130%
16.- Mejorar la cantidad de chatarra	25 Kg / Ton	14 kg / Ton

FIGURA 11.- Políticas y metas del TPM

PASO 5: FORMULAR UN PLAN MAESTRO PARA EL DESARROLLO DEL TPM

Se elaborará un plan maestro, el cual servirá de guía a seguir para la implementación del TPM, centrándose en las 5 actividades de mejoras básicas.

1. Mejorar la efectividad del equipo a través de la eliminación de las seis grandes pérdidas.
2. Establecer un programa de mantenimiento autónomo por los operarios (siguiendo un método de siete pasos).
3. Aseguramiento de la calidad.
4. Establecer un programa de mantenimiento planificado por el departamento de mantenimiento.
5. Educación y entrenamiento para aumentar las capacidades personales.

Enero Hasta Mayo. del 2011												Junio hasta Setiembre del 2011												Octubre del 2011 Hasta Febrero del 2012												Marzo hasta Junio del 2012											
PREPARAR				INTRODUCIR				IMPLANTAR				COMPLETAR				ESTABILIZAR				MEJORAR MANTT																											
EFECTIVIDAD DE EQUIPO							Crear líneas modelo a través actividades grupo;																																								
	Pasos para evitar averías súbitas:																																														
						Mantenimiento Preventivo								Reducir tiempos de preparación / ajuste																																	
										Reducir Roturas de Piezas																																					
MANTENIMIENTO AUTONOMO	Creación de fundamentos para el mantenimiento autónomo																																														
	Promover mantenimiento autónomo																																														
	1.- Limpieza inicial								4.- Inspección general																																						
	2.- Resolver problemas difíciles								5.- Reevaluar paso 2 y 4																																						
	3.- Estándares limpieza / lubricación																																														
	6.- Auto auditoría																																														

Obtener niveles de ganadores
Reforzar posición compañía, crear un entorno de trabajo favorable

										7.- Organización / orden					
										8.- Metas dirección					
CONTROL DE CALIDAD		Trabajar para producir una cantidad razonable (incluyendo el mantenimiento predictivo del equipo de soldadura)													
		Asegurar calidad en arranque de fabricación													
MANTI PLANIFICAD	C		Mejora de la mantenibilidad de los sistemas de prevención del mantenimiento y sistemas completo de control												
CREAR DESTREZAS		Perfectas habilidades de mantenimiento						Marzo 2012		1era Reunión compañía					
								Abril 2012			2da Reunión compañía				
								Mayo del 2012		3era Reunión compañía					

FIGURA 12.- Plan Maestro

PASO 5-1: ROMPER MITOS Y ALINEAR EL

Bajo el contexto en el cual la empresa era hostil debido a temas sindicales, propios de una empresa que años atrás fue estatal; se trabajaba con ciertas restricciones, las cuales se fueron quebrando en base a criterios técnicos.

5.2.1. Formación de Líderes

Durante años, se trabajo con Supervisores, quienes fueron de alguna manera colaboradores experimentados que daban ciertas facilidades a la producción y en varios casos reportaban la producción.

Es en este contexto que se decide forman a los operadores principales como líderes, en dos frentes:

Calidad de Persona. Se tuvo que hacer un programa semanal para los líderes, sobre charlas de Recursos Humanos, los cuales sirvió para mejorar la calidad de persona que eran, basándonos en la premisa que es “Fácil ser operador, pero difícil es ser líder”. Estos fueron dando frutos con el tiempo, viendo cambios de comportamiento que luego de un proceso veremos los resultados.



FIGURA 13.- Capacitación de Líderes

Calidad Operativa. Hace más de 1 año que se había implantado el SAP, el cuál era muy complicado de manejar, para esto se tenía diversos problemas con comercial, debido a que la empresa había hecho una fuerte inversión, la cual no estaba dando resultados, si bien se dieron capacitaciones oportunamente, siendo muy ligeras.

Para esto se tuvo que hacer un programa de capacitación por 3 meses para poder capacitar a los líderes y así puedan apuntar en línea.

Como parte del mantenimiento se hizo partícipe a los líderes en los mantenimientos programados, esto serviría para que en un momento determinado el mantenimiento autónomo sea más fácil de aplicar.



FIGURA 14.- Calidad Operativa

5.1.2. Análisis de Proceso.-

Se busco romper los mitos los cuales nos decían que si no estamos completos en la línea no podían producir, vale decir que si en esa máquina operaban 2, en ningún momento podían relevarse.

Durante un periodo de tiempo se tuvo que intentar buscar “momentos manejados”, para que el operador principal y ahora líder, salga del proceso intencionalmente, para demostrar que si se podía trabajar en varios momentos con uno de los miembros de la celula menos.

Para poder sustentarlos se tuvo que hacer un Análisis de Proceso, en el cuál se pudo observar que tanto el operador como los auxiliares tienen en promedio 4 horas efectivas de trabajo. Este fue el sustento para poder seguir haciendo gestión. Luego de esto las máquinas ya no paraban por horario de comidas ni por relevos, la máquina operaba a full time.

PASO 6: EL DISPARO DE SALIDA DEL TPM

Se elaboraran tarjetas de invitación a todos los Gerentes y Facilitadores de las Plantas que conforman la organización.

Actividades

Brindis y palabras del Director Gerente de Planta sobre el lanzamiento en vivo del TPM en la empresa, resaltando los objetivos y las mejoras que se tendrían de lograrlo.

La reunión será con todos los trabajadores de la Planta sin excepción la cual concluirá con un almuerzo de camaradería.

Efectuaremos la implantación del TPM en 1 año y 6 meses.

PASO	FECHA/HORA INICIO	FECHA/HORA FIN
Anuncio de la alta dirección la introducción del TPM	01.01.11 / 09:00am	01.01.11 / 10:30am
Programas de educación y campañas para introducir el TPM	02.01.11	10.01.11
Crear organizaciones para promover el TPM	05.01.11	08.01.11
Establecer políticas básicas y metas del TPM	09.01.11	15.01.11
Formular un plan maestro para el desarrollo del TPM	15.01.11	31.01.11
Organizar un acto de inicialización del TPM	01.02.11 / 12:00 pm	01.02.11/ 13:00pm
Mejorar la efectividad de cada equipo	02.02.11	31.12.12
Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo	01.06.11	31.03.12
Desarrollar un programa de mantenimiento	01.10.11	31.03.12

para el departamento de mantenimiento		
Dirigir entrenamiento para mejorar operación y capacidades de mantenimiento	01.11.11	01.03.12
Desarrollar programas de gestión de equipos	01.01.12	15.04.12
Implantación perfecta del TPM	16.04.12	31.06.12

TABLA 9.- Secuencia detallada del TPM

PASO 7: PROGRAMA DE MEJORA DE LA EFECTIVIDAD DE EQUIPOS.

Se organizan los equipos multidisciplinarios para eliminar las perdidas existentes, para ello, se opta por reconocer las fallas existentes.

Se tendrá que analizar el Sistema de paradas de producción para poder evaluar que equipos tienen la mayor cantidad de paradas. Esto para poder evaluar mejoras en su efectividad.

Luego de recopilar la información del sistema, se procede a graficarlo en diagramas de pareto.

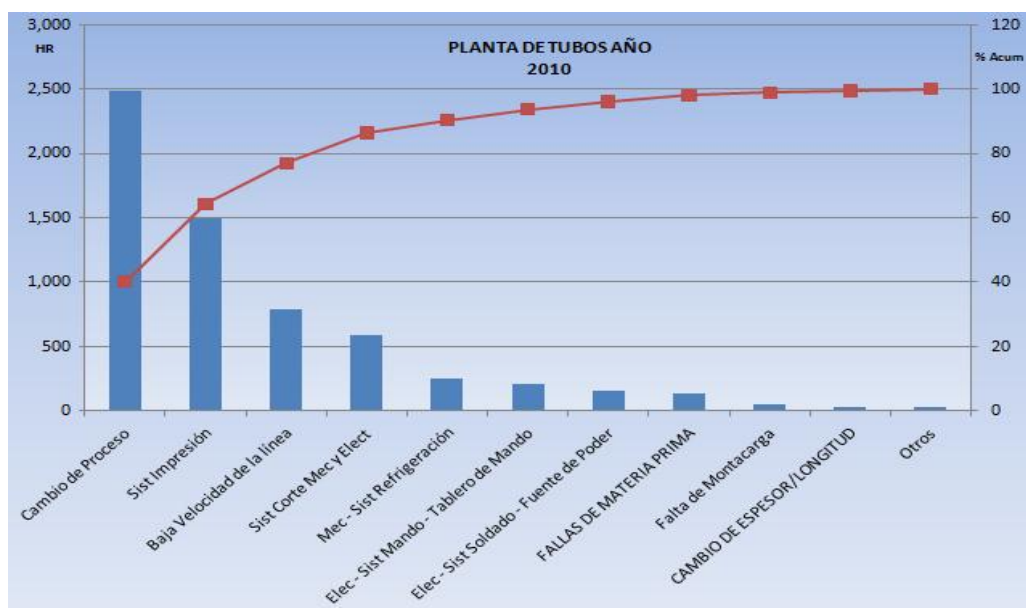


FIGURA 14.- Pareto planta de tubos 2010

Como se ve en los diagramas de Pareto, tenemos constantes paradas no programadas por diversos motivos tales como:

I.- CAMBIO DE PROCESO - SMED

En las máquinas Tuberas se fabrican diferentes productos tubulares por lo cual tienen que realizarse cambios de proceso totales y parciales (Set-up). Estos cambios abarcan tareas de desmontaje de rodillos, limpieza, montaje de rodillos, alineación y regulación.

El cambio Total comprende: FORMING, SIZING Y CORTADORA

El cambio Parcial comprende: SIZING Y CORTADORA

Si nosotros hacemos el cambio de proceso en el menor tiempo seremos más flexibles para atender la variedad de pedidos de nuestros clientes.

DESCRIPCION DEL PROBLEMA:

Elevado tiempo medio empleado para realizar los cambios de proceso total y parcial en la máquina. Estos cambios de proceso reducen la disponibilidad de la máquina para la producción de tubos, generan un incremento en los costos de producción y baja utilización.

Resultado indeseado:

Costo: Elevados costos de producción.

Entrega: Incumplimiento de producción por elevado tiempo en los cambios de proceso.

Moral: No cumplimiento de metas fijadas, desmotivación y baja autoestima de los colaboradores.

Seguridad: Contacto con aceites y exposición a lesiones por ergonomía, pueden perjudicar el estado físico de los colaboradores.

Medio ambiente: Derrames de grasas y aceites al piso.

IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

Pérdidas Actuales:

Se ha considerado un periodo base de 3 meses Mayo, Junio y Julio del 2010. El proyecto abarca el cambio de proceso Total y Parcial. El valor referencial del margen de contribución es 200 \$/t

Cambio Total

MVH	319 min
VB	328 min
Pérdida	3867 \$/año

Julio 2010

Cambio Parcial

MVH	227 min
VB	241 min
Pérdida	4972 \$/año

Julio 2010

$$\text{Pérdida} = (\text{VB} - \text{MVH}) \times \text{MC} \times \text{Producción} \times \text{N}^{\circ} \text{ de cambios promedio por mes} \times 12 \text{ meses} \times 1\text{h}/60\text{min}$$

P. Cambio Total = $(328 - 319) \text{ min} \times 200 \text{ $/t} \times 1.48 \text{ t/h} \times 7 \text{ veces/mes} \times 12 \text{ meses} \times 1\text{h}/60\text{min}$

P. Cambio Total = $3867 \text{ $/año} \times 6 = 23\,202 \text{ $/año}$

P. Cambio Parcial = $(241 - 227) \text{ min} \times 200 \text{ $/t} \times 1.48 \text{ t/h} \times 6 \text{ veces/mes} \times 12 \text{ meses} \times 1\text{h}/60\text{min}$

P. Cambio Parcial = $4972 \text{ $/año} \times 6 = 29\,832 \text{ $/año}$

$$\text{Pérdida Total} = \text{P. Cambio Total} + \text{P. Cambio Parcial} = 53\,034 \text{ $/año}$$

Ganancias:

Se ha considerado un periodo base de 3 meses Mayo, Junio y Julio del 2011. En este proyecto se ha considerado el cambio de proceso Total y Parcial. El valor referencial del margen de contribución es 200 \$/t.

Cambio Total

MVH	319 min
VB	328 min
VM	240 min
Ganancia	36596 \$/año

Julio 2010

Cambio Parcial

MVH	227 min
VB	241 min
VM	180 min
Ganancia	21662 \$/año

Julio 2010

Ganancia= (VB - VM) x MG x Producción x N°de cambios promedio por mes x 12 meses x 1h/60min

P. Cambio Total= (328 - 240) min x 200 \$/t x 1.48 t/h x 7 veces/mes x 12 meses x 1h/60min

P. Cambio Total= 36596 \$ /año x 6 = 219 576

P. Cambio Parcial= (241 - 180) min x 200 \$/t x 1.48 t/h x 6 veces/mes x 12 meses x 1h/60min

P. Cambio Parcial = 21662 \$/año x 6 = 129 972

Ganancia Total= G. Cambio Total + G. Cambio Parcial

Ganancia Total = 349 548 \$/año

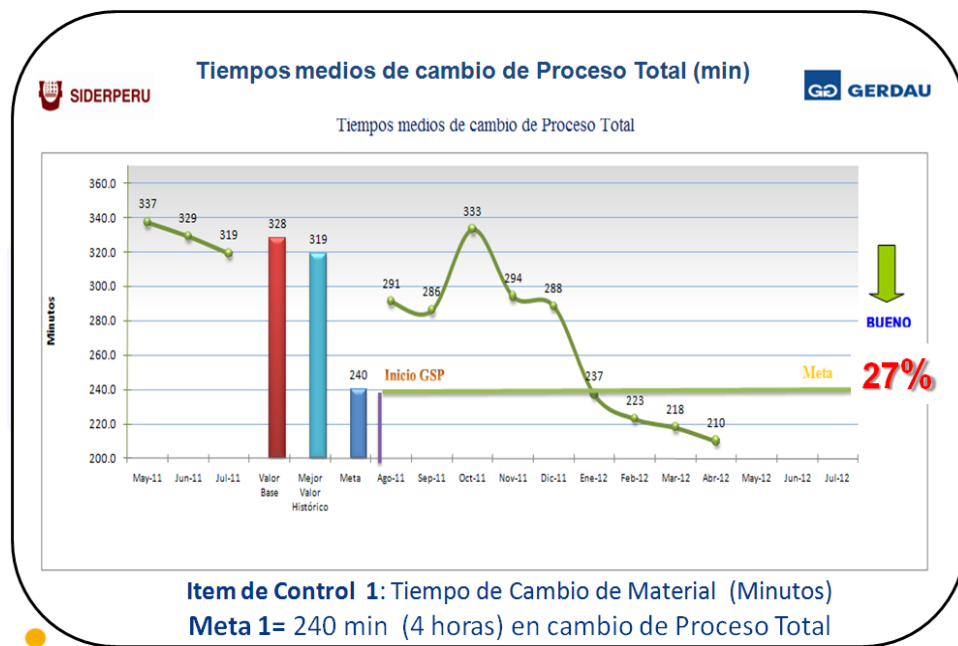


FIGURA 15.- Tiempos de Cambios de Proceso Total

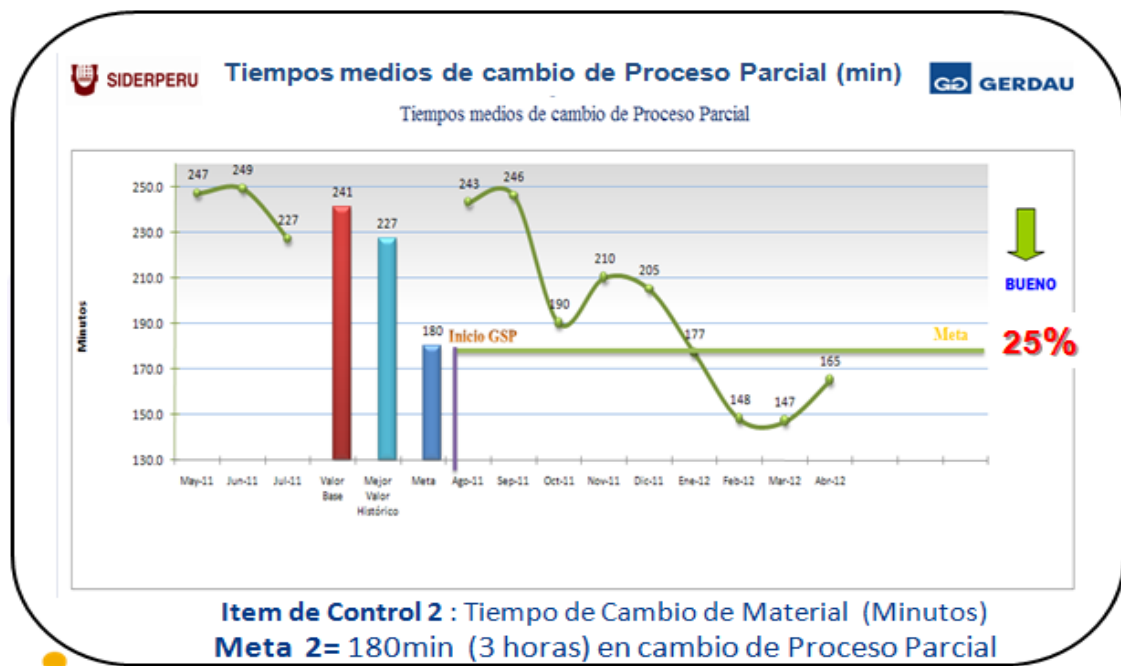


FIGURA 16.- Tiempos de Cambios de Proceso Parcial

CRONOGRAMA DE TRABAJO



FIGURA 17.- Cronograma de trabajo para cambios de procesos.

2. OBSERVACION

Nro.	¿Qué?	¿CUÁNDO?		¿QUIÉN?
		INICIO	FIN	
1	Observar en campo el cambio de proceso parcial y total en las líneas.	06/09/2011	23/09/2011	Hector Amaro
2	Filmar el cambio de proceso total y parcial Actual	06/09/2011	20/09/2011	Oscar Guidino
3	Observar del video las actividades repetidas veces y listar problemas que retrasen el cambio.	25/09/2011	27/09/2011	Todo el Equipo
4	Documentar las actividades que ocurren durante el cambio de proceso total y parcial	12/09/2011	28/09/2011	Amilcar Castro
5	Listar herramientas necesarias para el cambio de proceso	19/09/2011	27/09/2011	Julio Chuiz
6	Listar insumos necesarios para el cambio de proceso.	19/09/2011	27/09/2011	Wuil Vera

2.1. Observar en campo el cambio de proceso parcial y total en Identificar los problemas.

Se observó e identificó los problemas en el cambio de proceso, como descoordinación del personal para realizar sus labores y exceso de barro metálico, el cual origina pérdida de tiempo.

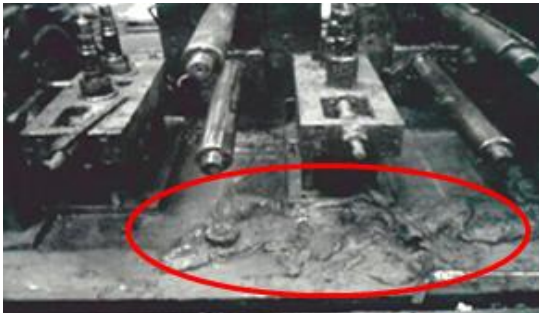


FIGURA 18.- Identificación de Problemas para los cambios de procesos.



FIGURA 19.- Mal armado de cabeza de chuck por falta de grasa y ajustes de tuercas



FIGURA 20.- Pernos de ajuste de la base de los postes no están estandarizados

2.3. Observar del video las actividades repetidas veces y listar problemas que retrasan el cambio de proceso total y parcial.

1	No identificación de postes de Forming y Sizing
2	Excesivo barro en la bancada de Forming y Sizing
3	No hay un estándar de operación para el cambio de proceso total y parcial
4	Endurecido del poste para retirarlo
5	Brazos vienen sin armar (por parte de premontaje)
6	Mal armado de cabeza de Chuck (tuercas flojas y sin grasa) por parte de premontaje
7	Se tiene un solo cilindro para evacuar el barro de parte forming y sizing
8	Tina de scrap dificulta el paso del carro portarrodillos
9	Buscan flejes del lote a producir durante el cambio de proceso.
10	Comienzan otras actividades sin haber terminado la que empezaron (multitarea).
11	Búsqueda de herramientas durante el cambio de proceso
12	Buscan insumos durante el cambio de proceso.(Cordel, trapo, lana, rodamientos)
13	Excesivo tiempo empleado en la tarea de limpieza de bancada de forming y sizing
14	No hay buena coordinación entre los colaboradores al realizar el cambio de proceso
15	Patrones para alinear ejes no se encuentran en carro porta rodillos
16	Tuerca de ejes de rodillo chuck flojos.

2.4. Documentar las actividades que ocurren durante el cambio de proceso total y parcial.

2.5. Listar insumos necesarios para el cambio de proceso



FIGURA 21.- Lista de Insumos para los cambios de Proceso

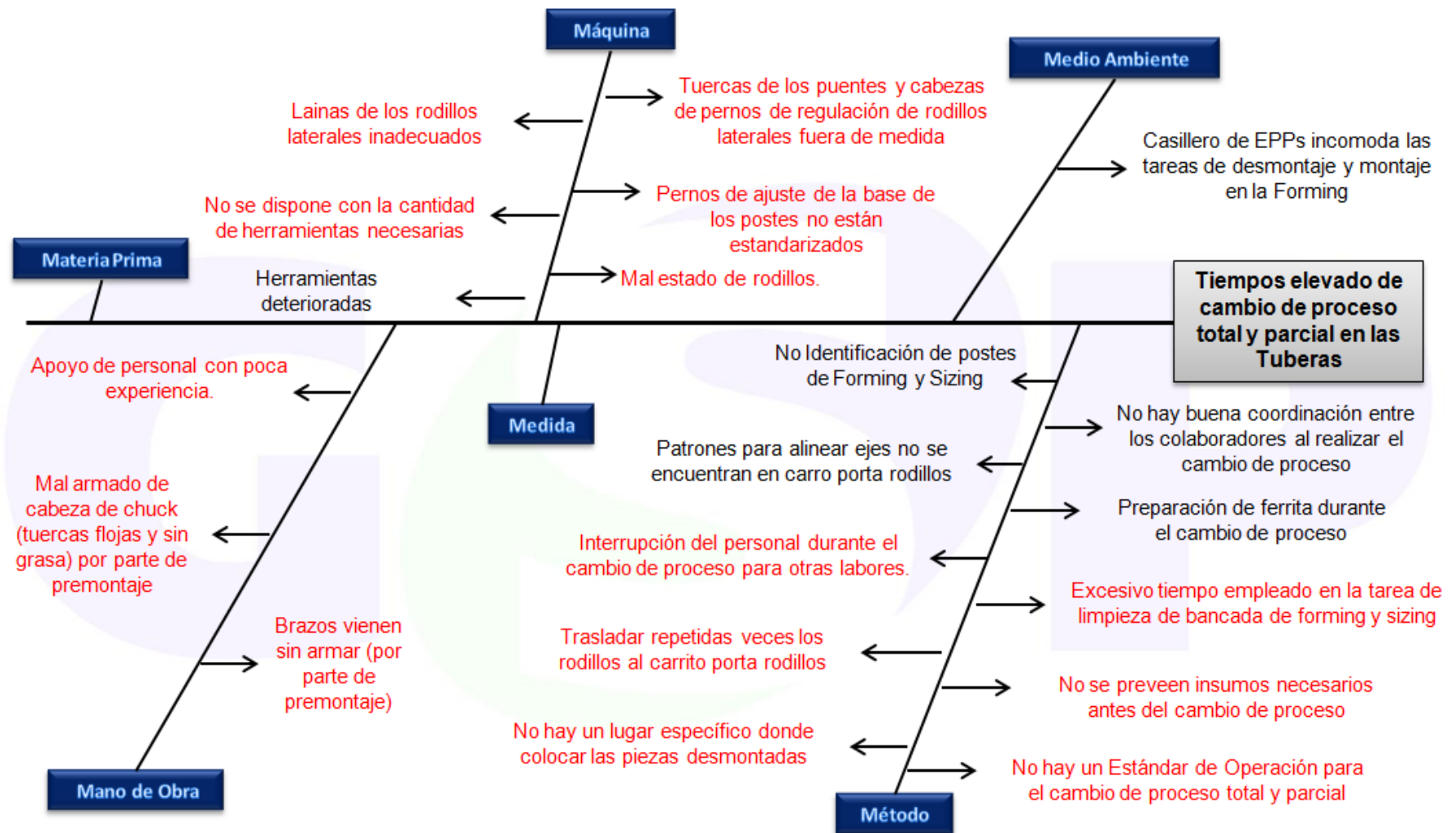
3. ANALISIS.-

Tormenta de Ideas:

Nº	PROBABLES CAUSAS
1	No Identificación de postes de Forming y Sizing
2	Brazos vienen sin armar (por parte de premontaje)
3	Mal armado de cabeza de chuck (tuercas flojas y sin grasa) por parte de premontaje
4	Interrupción del personal durante el cambio de proceso para otras labores
5	No se dispone con la cantidad de herramientas necesarias

6	Herramientas deterioradas
7	No se proveen insumos necesarios antes del cambio de proceso (Cordel, trapo, laines, rodamientos, etc)
8	Excesivo tiempo empleado en la tarea de limpieza de bancada de forming y sizing
9	No hay buena coordinación entre los colaboradores al realizar el cambio de proceso
10	Patrones para alinear ejes no se encuentran en carro porta rodillos
11	Preparación de ferrita durante el cambio de proceso
12	Pernos de ajuste de la base de los postes no están estandarizados
13	Mal estado de rodillos
14	No hay un lugar específico donde colocar las piezas desmontadas (tuercas, seguros, puentes, laines, etc)
15	Casillero de EPPs incomoda las tareas de desmontaje y montaje en la Forming
16	Apoyo de personal con poca experiencia.
17	Trasladar repetidas veces los rodillos al carrito porta rodillos
18	No hay un Estándar de Operación para el cambio de proceso total y parcial
19	Laines de los rodillos laterales inadecuados
20	Tuercas de los puentes y cabezas de pernos de regulación de rodillos laterales fuera de medida

• Diagrama Causa-Efecto:



VALORIZACION DE LAS CAUSAS MÁS PROBLEMATICAS

CAUSAS PROBABLES	Percy Zegarra	Hector Amaro	Wuill Vera	Oscar Guidino	Luis Alvarez	Amilcar Castro	Julio Chuiz	Puntaje
Interrupción del personal durante el cambio de proceso para otras labores	3	9	9	9	9	3	9	51
No hay un estándar de Operación para el cambio de proceso total y parcial	9	9	9	9	3	3	9	51
Brazos vienen sin armar (por parte de premontaje)	3	9	9	9	3	9	3	45
Excesivo tiempo empleado en la tarea de limpieza de bancada de forming y sizing	9	9	9	3	3	3	9	45
Mal armado de cabeza de chuck (tuercas flojas y sin grasa) por parte de premontaje	3	3	9	3	9	3	9	39
No se dispone con la cantidad de herramientas necesarias	3	9	9	3	3	3	9	39
Mal estado de rodillos	9	9	3	3	3	3	9	39
Apoyo de personal con poca experiencia	3	9	9	3	3	3	9	39
Tuercas de los puentes y cabezas de pernos de regulación de rodillos laterales fuera de medida	3	9	3	3	9	3	9	39
No se proveen insumos necesarios antes del cambio de proceso (Cordel, trapo, laines, rodamientos, etc)	3	3	9	9	3	3	3	33
Trasladar repetidas veces los rodillos al carrito porta rodillos	3	3	9	3	3	3	3	27
Laines de los rodillos laterales inadecuados	3	3	3	3	3	9	3	27
Herramientas deterioradas	1	3	3	3	1	1	3	15
No hay buena coordinación entre los colaboradores al realizar el cambio de proceso	3	1	3	3	1	1	3	15
Casillero de EPPs incomoda las tareas de desmontaje en la forming	3	3	1	1	1	3	3	15
Preparación de ferrita durante el cambio de proceso	3	1	1	1	3	1	3	13
No identificación de postes de forming y Sizing	1	3	3	1	1	1	1	11
Patrones para alinear ejes no se encuentran en carro porta rodillos	1	3	1	1	1	3	1	11

5W

Causa	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
No hay un Estándar de Operación para el cambio de proceso total y parcial	No se considero el Cambio de Proceso como una tarea crítica		
Brazos vienen sin armar (por parte de premontaje)	Falta de tiempo, personal no se abastece. Falta de brazos. Coordinación con maestranza		
Mal armado de cabeza de chuck (tuercas flojas y sin grasa) por parte de premontaje	Falta de separadores	Todavía no hay un estándar de separadores	No hay consenso entre los operadores de línea tuberías y personal de premontaje
Interrupción del personal durante el cambio de proceso para otras labores	No hay personal para realizar tareas que no son cotidianas (limpieza, levantar caballetes, etc)	No existe fecha definida para realizar tareas no cotidianas	
No se dispone con la cantidad de herramientas necesarias	Pérdida de herramientas	No hay un lugar específico, identificado por herramienta	
	Por mal uso, deterioro de herramientas.	Falta de conocimiento del uso adecuado de cada herramienta	
No se proveen insumos necesarios antes del cambio de proceso (Cordel, trapo, laines, rodamientos, etc)	Por mal hábito de la rutina	Falta de control e información	
	No hay insumos disponibles en el almacen		
Excesivo tiempo empleado en la tarea de limpieza de bancada de forming y sizing	Excesivo barro en la bancada de Forming y Sizing		
	Falta recipiente y herramientas adecuadas para evacuar el barro		
Pernos de ajuste de la base de los postes no están estandarizados	Por el desgaste del perno se reponían con diferentes medidas	Por falta de repuestos	
Tuercas de los puentes y cabezas de pernos de regulación de rodillos laterales fuera de medida	No hubo una especificación técnica para determinar la medida de cada tuerca y cada perno de regulación		
Mal estado de rodillos	Por falta de inspección de los rodillos con los patrones antes de iniciar el cambio de proceso		
Lainas de los rodillos laterales inadecuados	No hay una medida estandarizada		
No hay un lugar específico donde colocar las piezas desmontadas (tuercas, seguros, puentes, laines, etc)	Se piensa que no es necesario		
Apoyo de personal con poca experiencia	No hay personal capacitado para realizar tareas.	No hay suficientes relevos	
Trasladar repetidas veces los rodillos al carrito porta rodillos	Falta mejorar el método		

4. Plan de acción

Causas	¿Qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué ?	¿Cuánto?
Apoyo de personal con poca experiencia.	Apoyo de premontaje durante el cambio de proceso, cuando sea posible	AMILCAR SLIM CASTRO CABRERA	30/11/2011	Coordinando con el Jefe de Tubos para que designe apoyo de personal durante el cambio de proceso.	En Planos y Derivados.	Agilizar el trabajo.	0,00
Brazos vienen sin armar (por parte de premontaje)	Fabricar 1 juego de brazos.	AMILCAR SLIM CASTRO CABRERA	19/12/2011	Utilizando un plano, se cortarán las planchas y base procede a maquinar.	En Maestranza.	Porque actualmente no se cuenta con la cantidad de brazos necesarios para hacer 2 o más cambios.	0,00
	Realizar un programa de cambios de proceso para personal de premontaje.	PERCY ROBERT ZEGARRA MINAYA	30/11/2011	Elaborando un programa mensual con las fechas de los cambios programados.	En Planos y Derivados	Para que maestranza tenga conocimiento de los cambios a realizarse durante el mes.	0,00
Excesivo tiempo empleado en la tarea de limpieza de bancada de forming y sizing	Limpiar bancada externa para el deslizamiento de los postes durante la producción del lote anterior al cambio	JULIO CHUIZ SANTOS	30/11/2011	Limpiando durante las paradas imprevistas.	En la bancada de la tubera M 2.5 (forming y sizing)	Para que el tiempo de limpieza durante el cambio de proceso sea menor.	0,00
	Fabricar rasqueta de barro adecuado.	WUL YOEL VERA OBANDO	30/11/2011	Diseñando y fabricando el modelo de rasqueta adecuado para evacuar el barro.	En Planos y Derivados.	Para agilizar la limpieza durante el cambio de proceso.	0,00
	Fabricar bandejas para recepcionar barro.	WUL YOEL VERA OBANDO	30/11/2011	Diseñando y fabricando el modelo adecuado.	En Planos y Derivados.	Para que recepcione el barro que cae de los rodillos superiores e inferiores de la forming y sizing.	0,00

• Valorización de ideas:

Matriz GUT

Causa	Intensidad			Urgencia			Tendencia			Total
	Alto	Mediano	Bajo	Alto	Mediano	Bajo	Alto	Mediano	Bajo	
No hay un Procedimiento de Rutina para el cambio de proceso total y parcial	(X)			(X)			(X)			125
Tuercas de los puentes y cabezas de pernos de regulación de rodillos laterales fuera de medida	(X)			(X)				(X)		75
Mal armado de cabeza de chuck (tuercas flojas y sin grasa) por parte de premontaje	(X)				(X)			(X)		45
Mal estado de rodillos.	(X)				(X)			(X)		45
No hay un lugar específico donde colocar las piezas desmontadas	(X)				(X)			(X)		45
No se proveen insumos necesarios antes del cambio de proceso	(X)				(X)			(X)		45
Trasladar repetidas veces los rodillos al carrito porta rodillos	(X)				(X)			(X)		45
Brazos vienen sin armar (por parte de premontaje)		(X)			(X)			(X)		27
Excesivo tiempo empleado en la tarea de limpieza de bancada de forming y sizing		(X)			(X)			(X)		27
Lainas de los rodillos laterales inadecuados		(X)			(X)			(X)		27
No se dispone con la cantidad de herramientas necesarias		(X)			(X)			(X)		27
Apoyo de personal con poca experiencia.		(X)			(X)				(X)	9
Pernos de ajuste de la base de los postes no están estandarizados		(X)			(X)				(X)	9
Interrupción del personal durante el cambio de proceso para otras labores.			(X)			(X)			(X)	1

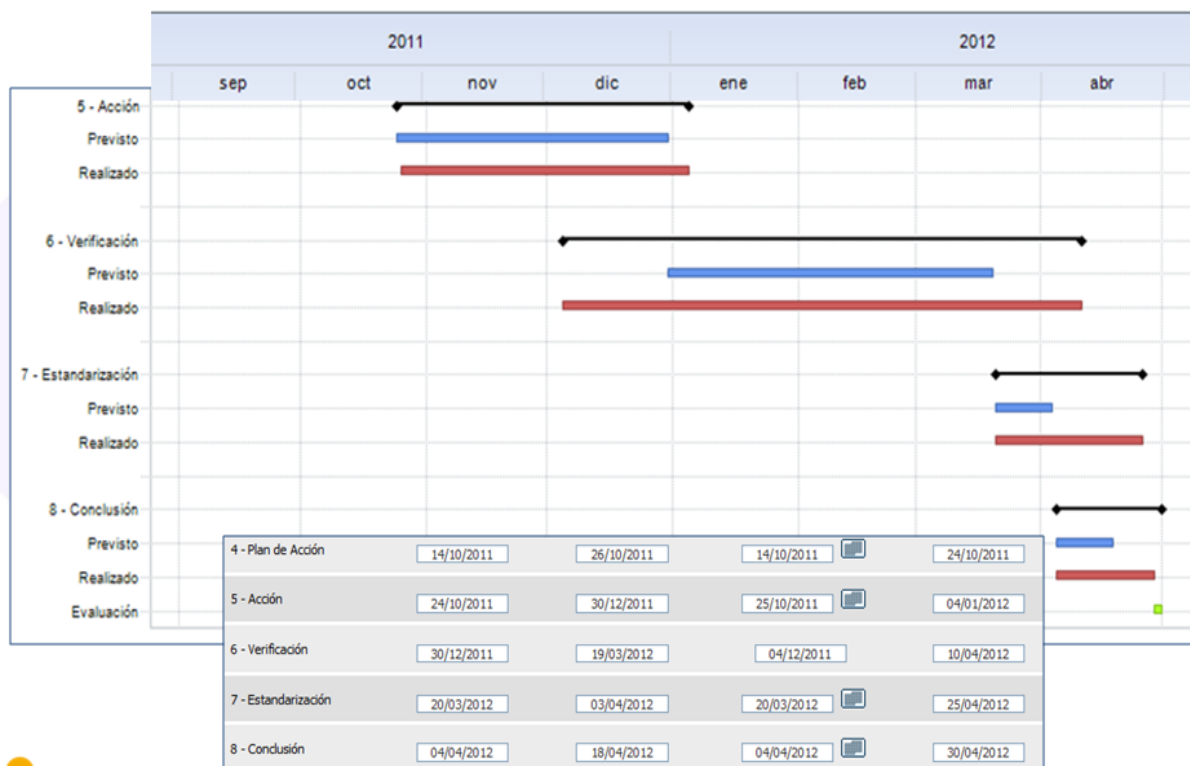
TPM en Acción

Eficiencia Total en la Industria del Acero

Causas	¿Qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué ?	¿Cuánto?
No hay un Estándar de Operación para el cambio de proceso total y parcial	Realizar un estándar de operación para cambio de proceso.	OSCAR LEONIDAS GUIDINO SUAREZ	12/12/2011	Estableciendo una secuencia y responsable para la ejecución de las tareas necesarias para el cambio de proceso.	En la Of. Planos y Derivados	Buscar el mejor método para realizar el cambio de proceso y así reducir el tiempo requerido para realizar el cambio de proceso total y parcial.	0,00
No se prevén insumos necesarios antes del cambio de proceso	Mejorar coordinación con mantenimiento eléctrico y premontaje.	OSCAR LEONIDAS GUIDINO SUAREZ	30/11/2011	Coordinando con los encargados de Mantenimiento Mecánico, Eléctrico, Pre-montaje y Maestranza.	En Planos y Derivados	Para contar con el apoyo inmediato de estas áreas cuando ocurra algún inconveniente durante el cambio de proceso.	0,00
No hay un Estándar de Operación para el cambio de proceso total y parcial	Identificación de los postes.	HECTOR AMARO SAEZ	11/11/2011	Colocando una placa de identificación en los postes de la forming y sizing.	En la Tubera M 2.5	Para agilizar el cambio de proceso.	0,00
No se dispone con la cantidad de herramientas necesarias	Fabricar carrito de porta herramientas e insumos	LUIS ALBERTO ALVAREZ CHAPILLIQUE N	19/12/2011	Diseñando y fabricando el carrito porta herramientas.	En el Taller de Caballetes de la Planta de Tubos.	Para tener organizadas las herramientas e insumos necesarios para el cambio de proceso, minimizando tiempos.	0,00
	Realizar RQ de herramientas necesarias para el cambio de proceso	OSCAR LEONIDAS GUIDINO SUAREZ	28/10/2011	Realizando RQ mediante el uso del sistema de Suministros.	En la Oficina de Planos y Derivados	Para poder contar con las herramientas utilizadas en el cambio de proceso.	50,00

Causas	¿Qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué ?	¿Cuánto?
No se prevén insumos necesarios antes del cambio de proceso	Realizar checklist de Pre-Setup.	JULIO CHUIZ SANTOS	30/11/2011	Elaborando un formato de check-list de los insumos y materiales necesarios para el cambio de proceso total y parcial.	En Planos y Derivados.	Para contar con los insumos necesarios durante el cambio de proceso.	0,00
	Prepar insumos antes del cambio de proceso.	HECTOR AMARO SAEZ	30/11/2011	Preparando antes del cambio de proceso los insumos necesarios.	En Planos y Derivados	Para tener listo los insumos que se van a utilizar.	0,00
Pernos de ajuste de la base de los postes no están estandarizados	Cambiar pernos por esparragos	AMILCAR SLIM CASTRO CABRERA	30/11/2011	Estandarizando a una sola medida todos los agujeros de los pernos.	En Planos y Derivados	Para estandarizar y agilizar el ajuste y aflojamiento de la base de los postes.	0,00
Trasladar repetidas veces los rodillos al carrito porta rodillos	Fabricar estructura que facilite las actividades de montaje y desmontaje de rodillos conformadores.	WILYOL VERA OBANDO	12/12/2011	Diseñando y fabricando la estructura.	En Planos y Derivados.	Para evitar el riesgo ergonómico, minimizar el tiempo de las tareas de montaje y desmontaje de rodillos.	100,00
Tuercas de los puentes y cabezas de pernos de regulación de rodillos laterales fuera de medida	Realizar especificación técnica para cada tuerca y realizar el pedido correspondiente.	OSCAR LEONIDAS GUIDINO SUAREZ	30/11/2011	Coordinando con el Área de Maestranza las especificaciones y realizar pedido.	En Planos y Derivados	Para reducir el tiempo utilizado en hacer el ajuste de los pernos y tuercas de los puentes.	0,00

CRONOGRAMA



5. Acción

A) Adquisición de herramientas:



FIGURA 22.- Herramientas a utilizar en cambios de proceso

B) Elaboración de Estándar de Operación:

	ESTANDAR DE OPERACION	EO-750-062	Rev. 0	3/5	
		Planos y Derivados / Tubos y Perfiles			
CAMBIO DE PROCESO TOTAL EN LA TUBERA M2.5					

1. OBJETIVO:

Establecer una secuencia práctica para realizar el cambio de proceso en la máquina tubera M2.5, permitiendo un mayor desempeño de las actividades, así como los aspectos de seguridad y medio ambiente.

2. ALCANCE:

Aplica para el cambio de proceso total en la máquina tubera M2.5 de la planta de Planos y Derivados de Siderperu-Gerdau.

3. PERSONAL DIRECTO INVOLUCRADO:

Operadores, auxiliares que trabajan directamente en la operación y Mecánico especializado de Pre-montaje.

4. ELEMENTOS DE SEGURIDAD DE USO OBLIGATORIO EN EL CAMBIO DE PROCESO:

- 4.1 - Casco de seguridad con barbiquejo.
- 4.2 - Cinturón de seguridad.
- 4.3 - Guantes de cuero y/o PVC, de acuerdo a la naturaleza del trabajo.
- 4.4 - Zapas de trabajo (cotas y puntitas entera).
- 4.5 - Zapatos de seguridad con punta de acero.
- 4.6 - Protección auditiva (Ojos oídos).

¡IMPORTANTE! LOS EPPS DEBEN SER USADOS CORRECTAMENTE POR TODO EL PERSONAL.

5. ACTIVIDADES PARA EL CAMBIO DE PROCESO TOTAL - TUBERA M2.5

Definición:

- Actividad interna: Se realiza mientras la máquina no está produciendo tubos. Equipo apagado.
- Actividad externa: Se realiza mientras la máquina está produciendo tubos. Equipo encendido.

Las actividades externas, cuando sea necesario se realizarán durante la producción del lote anterior al cambio de proceso. Además se aprovecharán los tiempos de parada imprevista para la realización de las actividades externas.

Nota: Los tiempos de las actividades son tiempos promedio, con un rango de $\pm 5\%$, en condiciones normales (1 operador y 2 auxiliares con experiencia en la máquina tubera M2.5).

N°	ACTIVIDADES	Tiempo		Evaluación de Riesgo			
		ESTIMADO (min)	REAL (min)	SEVERIDAD	EXPOSICIÓN	CONSECUENCIA	INDICADOR
1	1. Detallar Plan. Jueves la hora de Tarea. Planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
2	2. Revisar Planos.	1	1	1	1	1	1
3	3. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
4	4. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1

	ESTANDAR DE OPERACION	EO-750-062	Rev. 0	2/5	
		Planos y Derivados / Tubos y Perfiles			
CAMBIO DE PROCESO TOTAL EN LA TUBERA M2.5					

N°	ACTIVIDADES	ESTIMADO (min)	REAL (min)	SEVERIDAD	EXPOSICIÓN	CONSECUENCIA	INDICADOR
1	1. Detallar Plan. Jueves la hora de Tarea. Planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
2	2. Revisar Planos.	1	1	1	1	1	1
3	3. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
4	4. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
5	5. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
6	6. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
7	7. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
8	8. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
9	9. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
10	10. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
11	11. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
12	12. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
13	13. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
14	14. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
15	15. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
16	16. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
17	17. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
18	18. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
19	19. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
20	20. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
21	21. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
22	22. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
23	23. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
24	24. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
25	25. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
26	26. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
27	27. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
28	28. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
29	29. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
30	30. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
31	31. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
32	32. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
33	33. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
34	34. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
35	35. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
36	36. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
37	37. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
38	38. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
39	39. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
40	40. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
41	41. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
42	42. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
43	43. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
44	44. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
45	45. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
46	46. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
47	47. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
48	48. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
49	49. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
50	50. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
51	51. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
52	52. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
53	53. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
54	54. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
55	55. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
56	56. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
57	57. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
58	58. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
59	59. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
60	60. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
61	61. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
62	62. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
63	63. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
64	64. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
65	65. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
66	66. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
67	67. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
68	68. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
69	69. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
70	70. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
71	71. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
72	72. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
73	73. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
74	74. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
75	75. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
76	76. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
77	77. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
78	78. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
79	79. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
80	80. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
81	81. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
82	82. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
83	83. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
84	84. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
85	85. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
86	86. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
87	87. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
88	88. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
89	89. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
90	90. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
91	91. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
92	92. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
93	93. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
94	94. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
95	95. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
96	96. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
97	97. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
98	98. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
99	99. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
100	100. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1

Elaborado: Oscar Quispe S.

Aprobado: Victor Salinas G.

Fecha: 26/12/2011

** Este documento es propiedad de Gerdau - Siderperu. **

FIGURA 23.- Estándares de Operación – Lado A

B) Elaboración de Estándar de Operación:

	ESTANDAR DE OPERACION	EO-750-062 Rev. 0 3/5	
		Planos y Derivados / Tubos y Perfiles	

CAMBIO DE PROCESO TOTAL EN LA TUBERA M2.5

	ESTANDAR DE OPERACION	EO-750-062 Rev. 0 4/5	
		Planos y Derivados / Tubos y Perfiles	

CAMBIO DE PROCESO TOTAL EN LA TUBERA M2.5

4. SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA EL CAMBIO DE PROCESO TOTAL - TUBERA M2.5

N°	ACTIVIDADES	Tiempo	Tiempo	Evaluación de Riesgo	Evaluación de Riesgo	Evaluación de Riesgo	Evaluación de Riesgo
N°	ACTIVIDADES	ESTIMADO (min)	REAL (min)	SEVERIDAD	EXPOSICIÓN	CONSECUENCIA	INDICADOR
1	1. Detallar Plan. Jueves la hora de Tarea. Planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
2	2. Revisar Planos.	1	1	1	1	1	1
3	3. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
4	4. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
5	5. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
6	6. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
7	7. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
8	8. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
9	9. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
10	10. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
11	11. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
12	12. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
13	13. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
14	14. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
15	15. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
16	16. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
17	17. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
18	18. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
19	19. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
20	20. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
21	21. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
22	22. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
23	23. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
24	24. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
25	25. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
26	26. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
27	27. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
28	28. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
29	29. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
30	30. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
31	31. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
32	32. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
33	33. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
34	34. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
35	35. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
36	36. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
37	37. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
38	38. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
39	39. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
40	40. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
41	41. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
42	42. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
43	43. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
44	44. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
45	45. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
46	46. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
47	47. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
48	48. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.	1	1	1	1	1	1
49	49. Preparar los planos. Muestras. Muestras. Muestras. Muestras.						

FIGURA 24.- Estándares de Operación – Lado B

C) Acta de reunión:

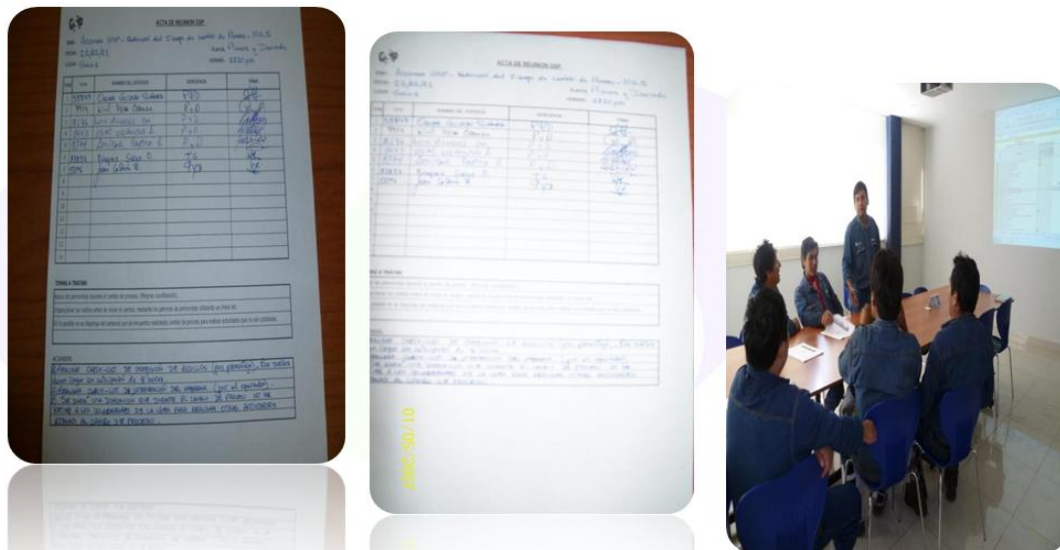


FIGURA 25.- Acta de Reuniones de Celula.

D) Identificación de postes:



FIGURA 26.- Identificación de Postes de Rodillos Formadores.

E) Fabricación de Brazos



FIGURA 27.- Fabricación de Brazos de Refuerzos para Rodillos Formadores

F) Programas de cambio de proceso

Fecha Programada	Cambio de Proceso	Total / Parcial
03/02/2012	Cuad. Laf 1 1/4"	Total
09/02/2012	Red. Laf 1 3/4"	Total
10/02/2012	Rect. Lac 20 x 50 mm	Total
11/02/2012	Red. Laf 1 1/2"	Total
13/02/2012	Rect. Laf 20 x 40 mm	Parcial
15/02/2012	Rect. Laf 1" x 2"	Total
17/02/2012	Cuad. Laf 1 1/2"	Parcial
20/02/2012	Red. Laf 2"	Total
21/02/2012	Cuad. Laf 40 mm	Parcial
22/02/2012	Rect. Laf 40 x 50 mm	Total
23/02/2012	Red. Laf 1 1/4"	Total
24/02/2012	Cuad. Laf 1"	Parcial
29/02/2012	Rect. Laf 1/2" x 1 1/2"	Parcial

Fecha Programada	Cambio de Proceso	Total / Parcial
09/03/2012	Rect. Laf 1/2" x 1 1/2"	Parcial
13/03/2012	Cuad. Laf 1 1/4"	Total
15/03/2012	Red. Laf 1 3/4"	Total
16/03/2012	Rect. Laf 1" x 2"	Total
20/03/2012	Cuad. Laf 1 1/2"	Parcial
22/03/2012	Red. Laf 2"	Total
23/03/2012	Cuad. Laf 40 mm	Parcial
24/03/2012	Rect. Lac 30 x 50 mm	Parcial
26/03/2012	Red. Laf 2 1/4"	Total
27/03/2012	Rect. Laf 40 x 50 mm	Parcial
28/03/2012	Red. Laf 1 1/2"	Total
30/03/2012	Rect. Laf 20 x 40 mm	Parcial

Fecha Programada	Cambio de Proceso	Total / Parcial
09/04/2012	Red. Laf 1 1/2"	Total
11/04/2012	Red. Laf 1 1/4"	Total
13/04/2012	Cuad. Laf 1"	Parcial
17/04/2012	Rect. Laf 1/2" x 1 1/2"	Parcial
19/04/2012	Cuad. Laf 1 1/4"	Total
20/04/2012	Red. Laf 1 3/4"	Total
21/04/2012	Rect. Laf 1 x 2"	Total
25/04/2012	Cuad. Laf 1 1/2"	Parcial
26/04/2012	Red. Laf 2"	Total
27/04/2012	Cuad. Laf 40	Parcial
28/04/2012	Rect. Laf 40 x 50 mm	Total

FIGURA 28.- Programa de Cambio de Proceso

G) Fabricación de Separadores:

Diámetro exterior de 70 mm
Diámetro interior de 30 mm
Espesor de 20 mm

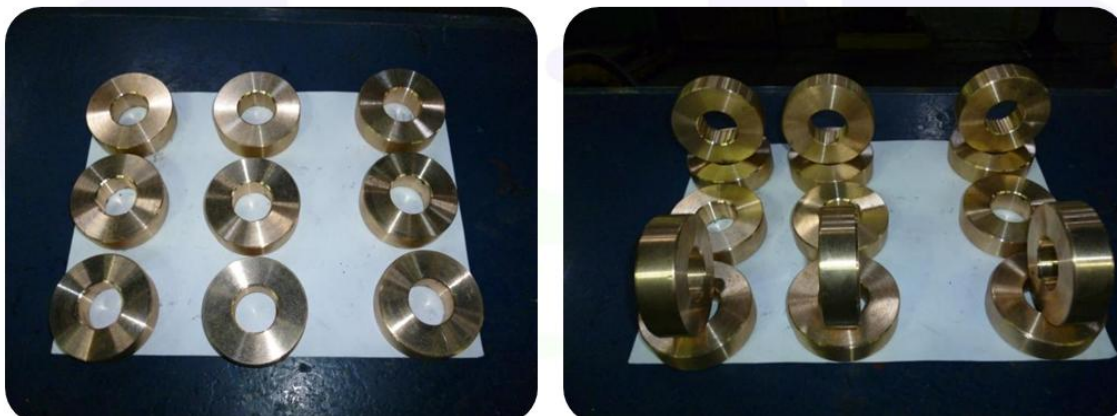


FIGURA 29.- Fabricación de Separadores

H) Fabricación de carrito porta herramientas



FIGURA 30.- Carro Porta herramienta

I) Elaboración de Check List para insumos:

CHECK LIST		
<u>Para cambio de proceso Total</u>		
<u>M2.5</u>		
Operador:	Fecha: .../.../...	Turno:
Insumos	Estado	
	OK	NOK
Cuchilla de corte en V (75 grados)		
Cuchilla de Corte (corte manzana)		
Rodamientos Balzer		
Rodamientos 69/25 NA (para brazos)		
Ferrita		
Alambre Nylonon		
Pines para cabeza turca		
Lainas		
Grasa		
Pastilla Rebarbadora		
Taco de madera		
Bobina de inducción		
Trapo		
Pernos de 3/8"x 1"		
Cordel		

Recibido por:

TABLA 10.- Check lista para insumos

J) Fabricación de Bandeja y Rasqueta



FIGURA 31.- Bandeja y rasqueta

K) Tuercas 1" NC para puentes

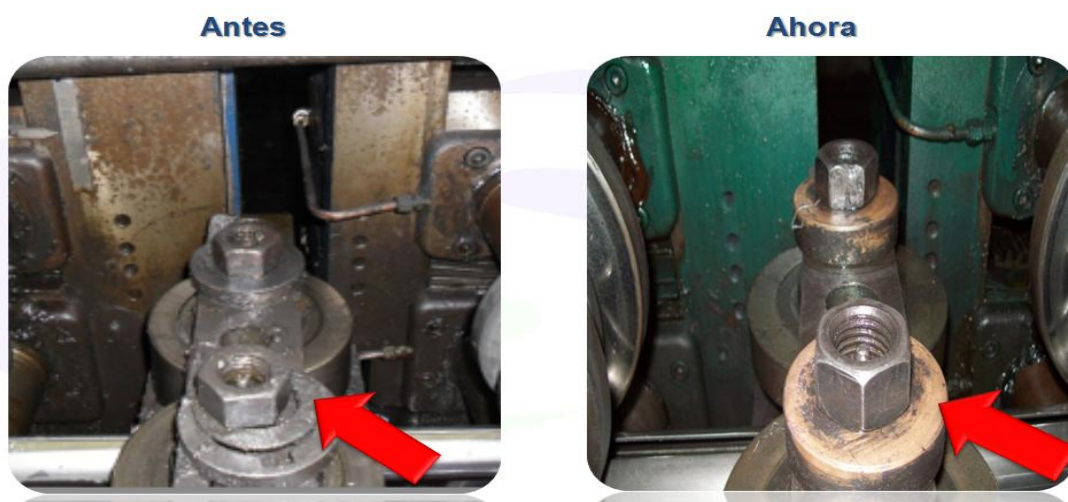


FIGURA 32.- Estandarización de Tuercas en Mesa de Rodillos

L) CHECK LIST PARA RODILLOS

FORMATO PARA INTERVENCIÓN DE RODILLOS			
SOLICITADO POR _____			
FECHA _____			
TURNO _____			
MÁQUINA		TREN	
POSICION		FIRMA	
CUANDO?		PORQUE?	
☐ REGULACION INICIAL		☐ DAÑOS IMPREVISTOS	
☐ DURANTE PROCESO		☐ DESGASTE NATURAL	
Página 1			
MATRICERIA	COMO LO RECIBI	HORA : _____	
☐			
	MEDIDA PATRÓN		
☐			
	COMO QUEDO	HORA : _____	
☐			
REVISADO POR:		FIRMA	

TABLA 11.- Check list para rodillos

M) Estandarización de pernos (1 ½"), de ajuste de la base de los postes



FIGURA 33.- Estandarización de Pernos en mesa de Postes

N) Separadores de Cabeza de Chuck

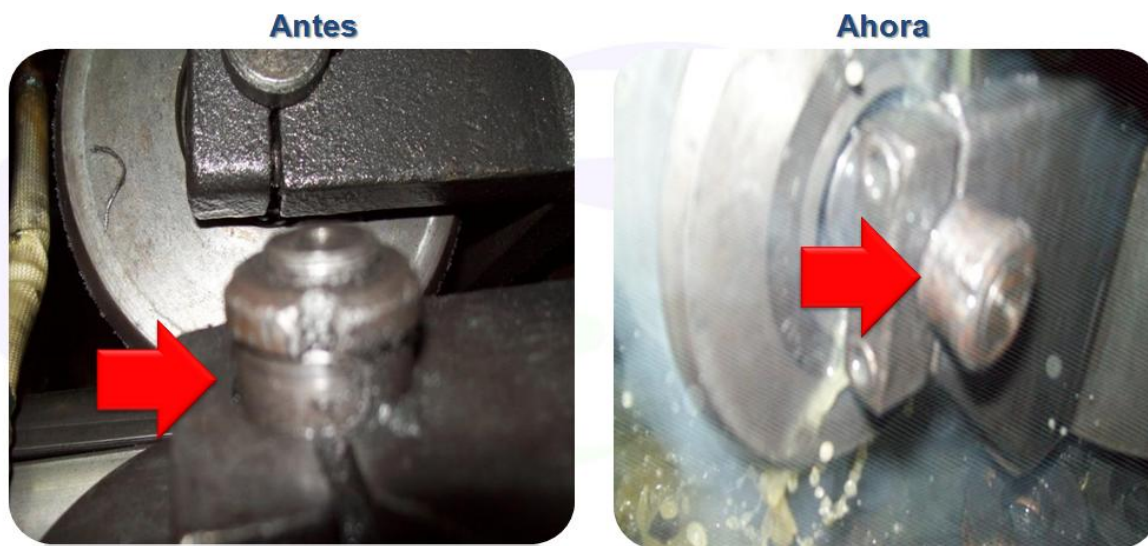


FIGURA 34.- Colocación de Separadores en Cabeza de Chuck

6. Verificación:

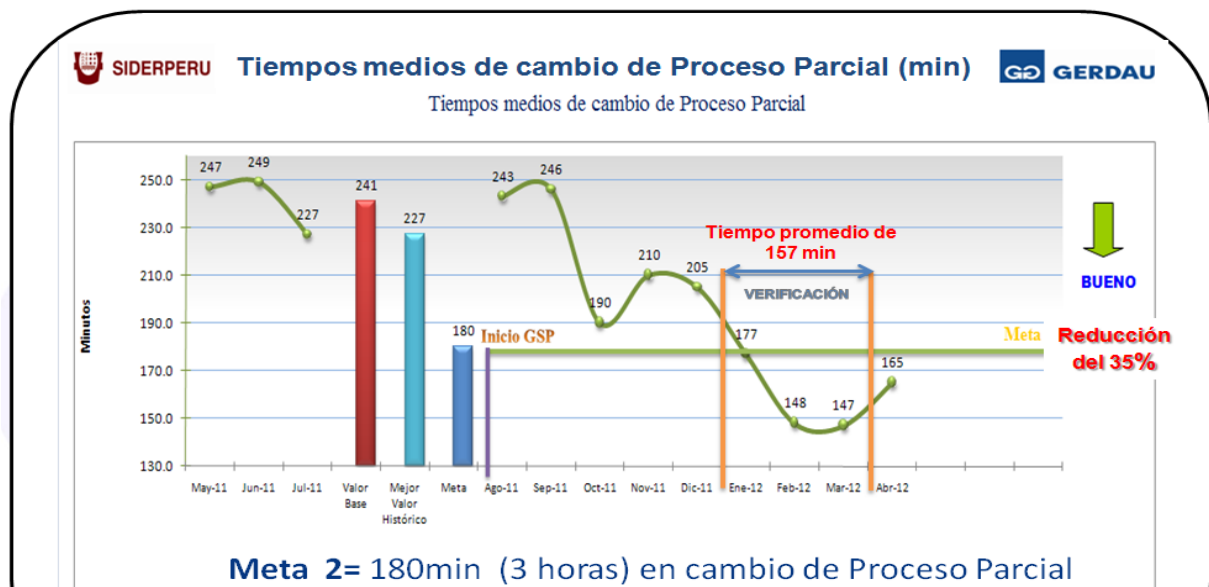


FIGURA 35.- Tiempos Medios de cambio de proceso parcial

7. Estandarización:

¿ QUE ?	¿ QUIEN ?	¿ COMO ?	PREVISTO	REALIZADO
Elaborar estándar de operación (E.O) para establecer una secuencia práctica de las actividades necesarias para realizar un cambio de proceso en la M 2.5	OSCAR LEONIDAS GUIDINO SUAREZ	Listando las actividades necesarias para realizar un cambio de proceso en la tubera M2.5 y secuencia práctica de las actividades utilizando el diagrama de actividades múltiples.	06/04/2012	06/04/2012
Capacitar a los colaboradores sobre el Estándar de Operación de la secuencia de actividades para realizar el cambio de proceso	OSCAR LEONIDAS GUIDINO SUAREZ	Realizando una presentación en la sala de capacitación de planos y derivados a los colaboradores de la tubera M2.5 (operadores, auxiliares) y facilitador de tubos.	13/04/2012	13/04/2012
Elaborar formato de registro de tiempos de cambio de proceso total y parcial para la tubera M2.5.	PERCY ROBERT ZEGARRA MINAYA	Estableciendo los cambios necesarios a llenar en el formato, asignándole una código de control de actualizaciones.	13/04/2012	13/04/2012

Elaboración de Estándar de Operación:

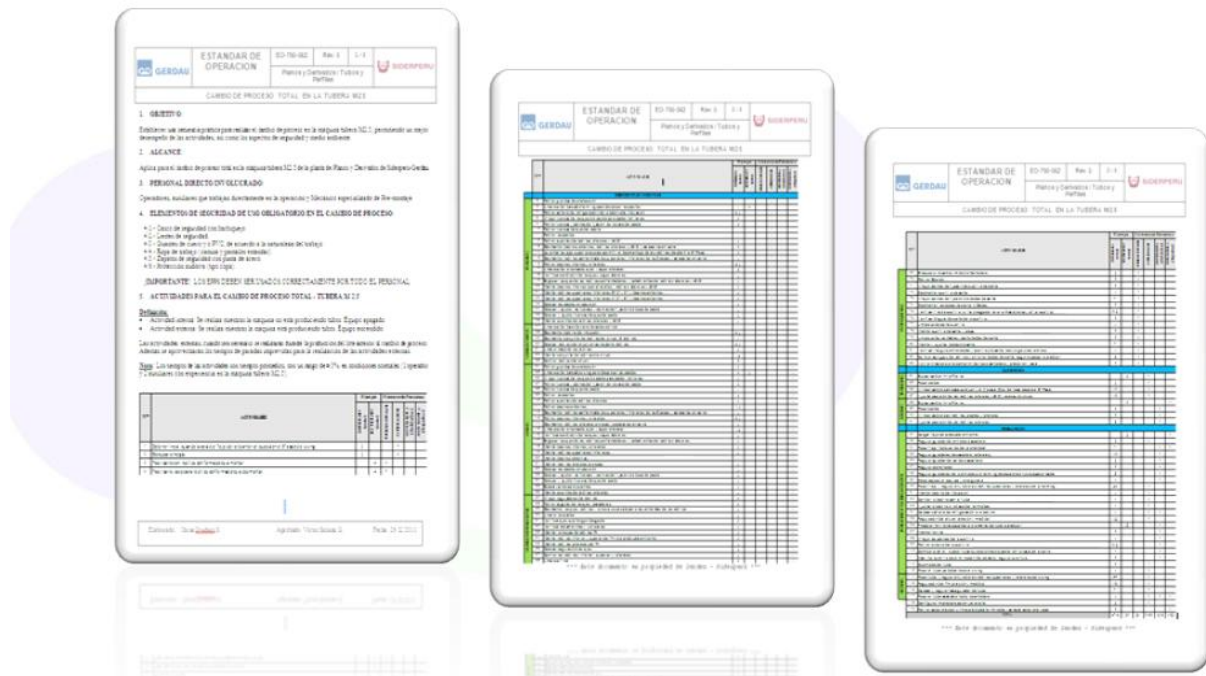


FIGURA 36.- Elaboración de Estándares de Operación



FIGURA 37.- Capacitación a Operadores en Estándares de Operación

Se dieron a conocer las actividades propuestas para los cambios de proceso

Ganancia Total Para Una Tubera = G. Cambio de Proceso Total + G. Cambio de Proceso Parcial

Ganancia Total Para Una Tubera = 42 740 \$/año + 28 778 \$/año

Ganancia C. Total = (Valor base – Valor Obtenido) / 60 x ritmo de producción promedio x margen de contribución x nro de cambios al mes x 12 meses

Ganancia C. Total = (328 – 226) min / 60 min /h) x (1.48 t/h) x (249 \$ / t) x (12 meses / año) x (5.67 cambios / mes)

Ganancia Total = 42 740.13

Ganancia C. Parcial = (Valor base – Valor Obtenido) / 60 x ritmo de producción promedio x margen de contribución x nro de cambios al mes x 12 meses

Ganancia C. Parcial = (241 – 157) min / 60 min /h) x (1.48 t/h) x (249 \$ / t) x (12 meses / año) x (4.67 cambios / mês)

Ganancia Parcial = 28 778.46

GANANCIA TOTAL PARA TODA LA PLANTA: 429 108 \$ / año

8. Conclusión:

Logramos los siguientes beneficios:

Calidad:

Mejoramiento de la calidad en el desmontaje, montaje, alineación y regulación de la máquina tubera, reduciendo el tiempo promedio de cambio de proceso total y parcial.

Costos

Se ha logrado una ganancia total de **429 108 US\$/año**.

Entrega

Al lograr mejores tiempos en los cambios de proceso se ha conseguido un aumento de producción y entrega de los productos a los clientes en los plazos previstos.

Moral

Cumplimiento de metas, alta autoestima.

Seguridad

Reducción accidentes e incidentes del Colaborador, a través de las mejores prácticas y estandarización.

II. Control de perdida metálica

1. Identificación del problema

Las pérdidas metálicas (Chatarra) en la tuberías generan que el costo de los tubos se incremente y al mismo tiempo se genere un error en los inventarios, que termina finalmente por impactar en el precio del producto.

Las pérdidas metálicas del desde los meses de Abril – 11 a Setiembre- 11 , se han tomado como muestra representativa por ser un periodo en el que se empezó a trabajar sin el peso teórico llevado anteriormente

Pérdidas

Cuantitativas

El IC de perdidas metálicas para la planta de tubos tiene como meta 23 Kg/t y es parte del GAP

$$\text{Perdida Anualizada} = (29.7 \text{ kg/t} - 23.0 \text{ kg/t}) \times 417.7 \text{ t/mes} \times 12 \text{ meses} \times 178 \text{ US$/t} / 1000$$

$$\text{Perdida Anualizada} = 6,066 \text{ \$ /año}$$

Cualitativas

SEGURIDAD, El operador se expone al retirar los pedazos de chatarra que se producen ya que estos deben ser retirados cuando la línea está operando.

PRODUCTIVIDAD, En algunos casos la producción debe detenerse para retirar los pedazos de tubo chatarra o en otros casos el ayudante tiene que cortar con una cierra manual los pedazos sobrantes pudiendo destinar ese tiempo a tareas más importantes.

2. Observación

Para ordenar el proceso de observaciones por parte de los operadores se realizó la siguiente división del proceso productivo fijándose el siguiente cronograma.



2.1. Materia Prima

Flejes Aboyados

Se detecto flejes abollados por uñas del montacarga al momento de ser trasladados desde la Braner a la maquina o al momento de ser ubicados en el uncoiler.

Flejes con Oxido

Se observo flejes con oxido por partes (Al comienzo de 3 vueltas)



FIGURA 38.- Flejes con Oxidación

Falla de laminación

Son flejes descalibrados con diferencia de espesor.



FIGURA 39.- Materia Prima con fallas en laminación

Flejes con Rebarba

Se encontró flejes con rebarba por falla de cuchillas de corte de Braner.



FIGURA 40.- Flejes con rebarba

Punta y Cola en diagonal

Son algunas bobinas que vienen con esa falla.

Punto de soldadura que apuntala los flejes malogran la vuelta

Se observó que el punta de soldadura es muy fuerte malogrando en interior del fleje (2 a 3 Vueltas)



FIGURA 41.- Punta y cola de banda diagonal

2.2. Inicio

Acumulador Inoperativo

Acumulador se encuentra inoperativo lo que hace detener la maquina cada vez que se necesita empalmar un nuevo fleje.



FIGURA 42.- Acumulador Inoperativo

2.3. Forming

Marcas y Ajustes

Se observo marcas en la forming por falta de ajuste de pernos laterales (5° y 6° paso)

2.4. Soldadura

Bloqueo del Thermatool

Se detecto bloqueo de thermatool por calentamiento de agua destilada (No refrigerada)



FIGURA 43.- Bloqueo de Thermatool

Bobina de Inducción

Se observo que la bobina se llena de partículas metálicas ocasionando corto circuito y haciéndole hueco a la bobina.



FIGURA 44.- Bobina de Inducción

Ferrita se rompe Amarre

Se rompe por la alta temperatura que hay que darle para soldar el tubo.

2.5. Sizing

Volteadura de Fleje

Se observó que el fleje estaba con hueco en los costados lo cual ocasionó la volteadura del fleje.

2.6. Corte y Acabado

Falla Rotary

Se detectó falla de Rotary switch por pernos interiores desajustados.



FIGURA 45.- Falla en el Rotary

Cuchilla rebarbadora se rompe

Se observó que en espesores de 3.0 y 4.0 las cuchillas no resisten ocasionando cambio de cuchilla rebarbadora.

Cuchilla de Corte no Tiene Angulo Adecuado

Se busca el ángulo adecuado para que el corte no salga abollado.

Desgaste de dados de corte

Es por el uso y por falta de calibración de los dados

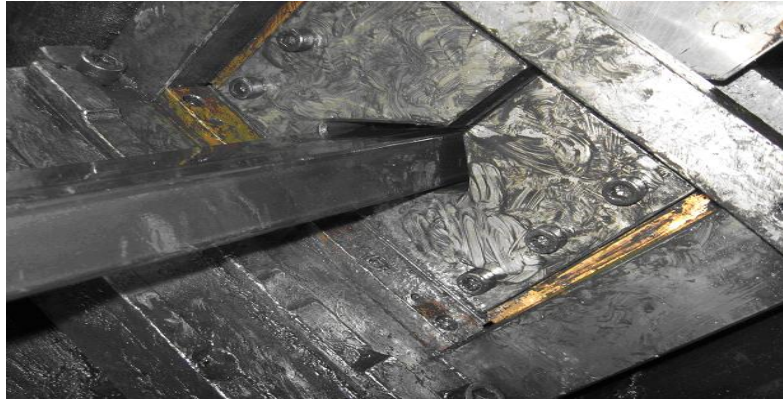


FIGURA 46. - Desgaste de dados de corte

Desgaste de Taco Guiador

Se observo que el material es de madera desgastándose fácilmente.



FIGURA 47.- Desgaste de Taco Guiador

Fallos de Impresora

Se observo fallas de impresora por acumulación de tinta en el cabezal



FIGURA 48.- Fallas de Impresora

Falla en el corte

Corte de manzana exige que la longitud del tubo exceda la tolerancia permisible, debiendo cortarse más largo de lo debido.

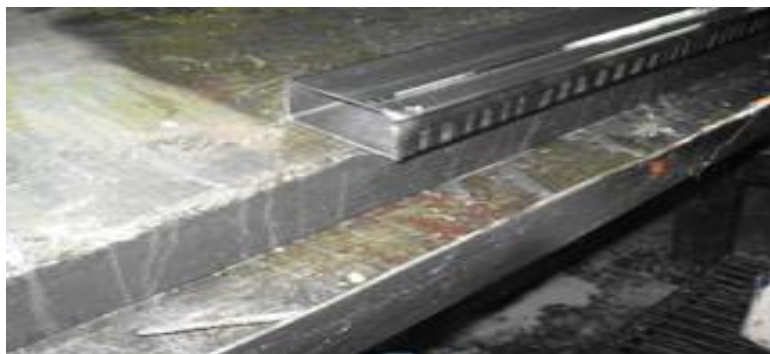
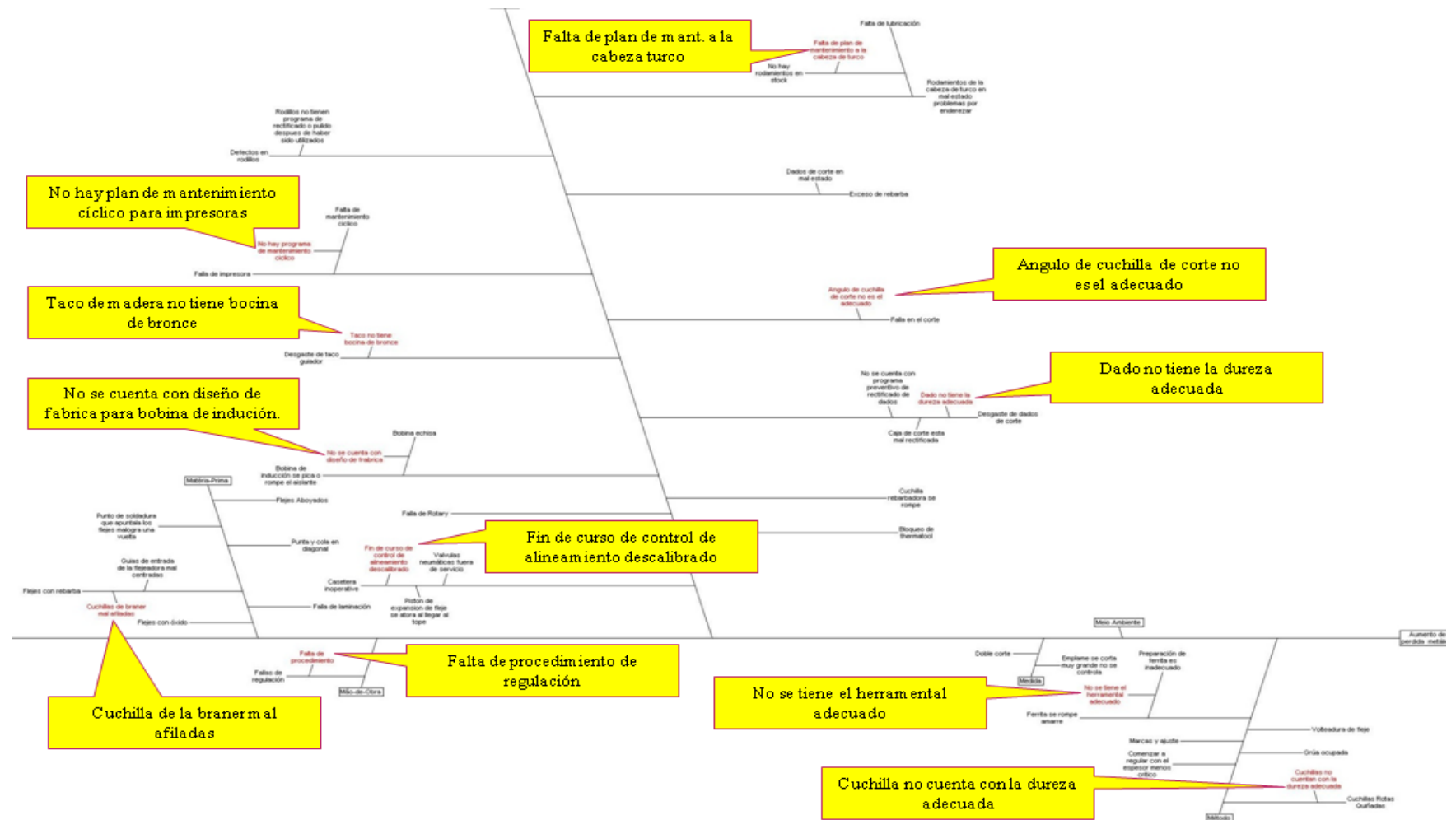


FIGURA 49.- Fallas de Corte

3. Análisis: Espina de pescado



CAUSA	PROBABLE		OBSERVACIÓN
	SI	NO	
Cuchillas de braner mal afiladas	x		La cuchilla al estar mal afilada deja rebarba en el borde de la banda, eso trae como consecuencia mordedura de fleje
Fin de curso de control de alineamiento	x		No permite controlar el alineamiento del fleje
Falta de procedimiento	x		El procedimiento no está totalmente realizado
Angulo de cuchilla de corte no es el adecuado	x		No hay plantilla para cada tipo de tubo
No hay programa de mantenimiento cíclico	x		Deficiencia de personal para mantenimiento cíclico de impresoras
No se cuenta con diseño de fabrica	x		Cuando la bobina se hace hueco se bloquea el equipo de soldado
Dado de corte no tiene dureza adecuada	x		Se detiene el proceso para arreglar los dados de corte
Taco no tiene bocina de bronce		x	
Cuchilla no cuentan con la dureza adecuada	x		Cada que la cuchilla rebarbadora se rompe se detiene el proceso
No se tiene las herramientas adecuadas	x		Se detiene el proceso por que la ferrita se arranca de su posición normal
Falta de plan de mantenimiento a la cabeza de turco	x		Se detiene el proceso para cambios de rodamientos y ejes

MATRIZ DE GUT

CAUSA	INTENSIDAD			URGENCIA			TENDENCIA			TOTAL
	ALTA	MEDIANO	BAJA	ALTA	MEDIANO	BAJA	ALTA	MEDIANO	BAJA	
Cuchillas no cuentan con la dureza adecuada	x			x			x			125
Fin de curso de control de alineamiento descalibrado	x			x			x			125
Angulo de cuchilla de corte no es el adecuado	x				x			x		45
Falta de plan de mantenimiento a la cabeza de turco	x				x			x		45
Cuchillas de braner mal afiladas		x			x			x		27

Dado no tiene la dureza adecuada		X		X		X		27
Falta de procedimiento		X		X		X		27
No hay programa de mantenimiento cíclico		X		X		X		27
No se cuenta con diseño de fabrica		X		X		X		27
No se tiene la herramienta adecuada		X		X			X	9

4.- PLAN DE ACCION

Causas	¿Qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué ?	¿Cuánto?
Angulo de cuchilla de corte no es el adecuado	<u>Se fabricara patrones para cada medida</u>	VICTOR ANTONIO VARAS CASTRO	30/08/2011	Se tomara el ángulo de la cuchilla y se trasladara a una plancha patron.	En el taller de maestranza	Para estandarizar el ángulo de corte.	0,00
Cuchillas de braner mal afiladas	<u>Solicitar a Matriceria un programa de afilado de cuchillas</u>	JULIO CESAR SANCHEZ PORTAL	28/09/2010	Instalando sensor de fin de curso de alineamiento	EN maquina braner	Mejorar la calidad de los bordes de los flejes que llegan a la tubera	0,00
Falta de plan de mantenimiento a la cabeza de turco	<u>Establecer plan de mantenimiento de la cabeza de turco y solicitar los materiales de acuerdo al plan</u>	JULIO CESAR SANCHEZ PORTAL	23/09/2010	Se reuniran los operadores juntamente con el personal de matriceria	En el programa de trabajo de el área de matriceria	Si se tiene en buenas condiciones las cabezas de turco se podria disminuir las interrupciones en este punto	100,00
Falta de procedimiento	<u>Establecer los puntos importantes a seguir para lograr el cambio de proceso con el mínimo de chatarra</u>	OSCAR PERCY POMA BACA	25/09/2010	Ver las actividades en el cambio de proceso que mas chatarra generan y establecer cuales son las formas optimas de acero	En la W35	Los cambios de proceso son la tercera causa de producción de chatarra mas importante	0,00
Fin de curso de control de alineamiento descalibrado	<u>Mantenimiento al fin de curso y calibración para puesta en marcha</u> <u>Mantenimiento a Piston</u> <u>Mantenimiento a Valvulas que se encuentran fuera de servicio Probar sistema completo y entregarlo a producción</u>	OSCAR PERCY POMA BACA	23/09/2010	Con la colaboración del mecánico y electricista de turno el personal de operaciones se encargará de realizar los mantenimientos designados	En la casetera de la W35, el taller de mantenimiento mecánico de la planta de tubos	La casetera(acumulador) no puede operar si estan estos puntos deficientes	300,00
No hay programa de mantenimiento ciclico	<u>Programa de limpieza ciclico para impresoras</u>	JESUS PEREDA GONZALES	15/09/2010	Con ayuda del facilitador de Mant. Electrico se realizara un plan de limpieza óptimo	En el programa de mantenimiento eléctrico ciclico	Las interrupciones por impresora generan chatarra y son muy repetitivos una vez que se empiezan a dar	0,00
No se cuenta con diseño de fabrica	<u>Plano de bobina adecuada para la maquina Generar Requisición de compra</u>	JESUS PEREDA GONZALES	30/09/2010	Haciendo el plano adecuado Haciendo RC Se cambiara bobina echiza por bobina de fabrica	En la maquina W35	nterrupciones frecuente por picadura de bobina y cortocircuitos	200,00
No se tiene el herramental adecuado	<u>Establecer forma mas óptima de fijar las ferritas para que no seán arrancadas por el tubo</u>	VICTOR ANTONIO VARAS CASTRO	24/09/2010	Se probaran diferentes formas seguras de mantener la ferrita en el tubo	Maquina W35	problemas continuos con ferritas	100,00

5.- EJECUCION

Causas	¿Qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué ?	¿Cuánto?
Falta de plan de mantenimiento a la cabeza de turco	<u>Establecer plan de mantenimiento de la cabeza de turco y solicitar los materiales de acuerdo al plan</u>	JULIO CESAR SANCHEZ PORTAL	23/09/2010	Se reuniran los operadores juntamente con el personal de matriceria	En el programa de trabajo de el área de matriceria	Si se tiene en buenas condiciones las cabezas de turco se podria disminuir las interrupciones en este punto	100,00



FIGURA 50.- Cabeza de Turco

Causas	¿Qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué ?	¿Cuánto?
Fin de curso de control de alineamiento descalbrado	<u>Mantenimiento al fin de curso y calibración para puesta en marcha</u> <u>Mantenimiento a Piston</u> <u>Mantenimiento a Válvulas que se encuentran fuera de servicio Probar sistema completo y entregarlo a producción</u>	OSCAR PERCY POMA BACA	23/09/2010	Con la colaboración del mecánico y electricista de turno el personal de operaciones se encargará de realizar los mantenimientos designados	En la casetera de la W35, el taller de mantenimiento mecánico de la planta de tubos	La casetera(acumulador) no puede operar si estan estos puntos deficientes	300,00



FIGURA 51.- Fin de Curso

Causas	¿Qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué ?	¿Cuánto?
No hay programa de mantenimiento ciclico	Programa de limpieza ciclico para impresoras	JESUS PEREDA GONZALES	15/09/2010	Con ayuda del facilitador de Mant. Electrico se realizara un plan de limpieza óptimo	En el programa de mantenimiento eléctrico ciclico	Las interrupciones por impresora generan chatarra y son muy repetitivos una vez que se amarran a dar	0,00

PROGRAMA DE LIMPIEZA DE IMPRESORAS DOMINO																															
Responsable: Carlos Rojas Beltran	Dias del Mes																														
Maquina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
DM1 A200 N/S N2A23660																															
DM2 A300 N/S N3A08959																															
DM3 A200 N/S N3A08957																															
DM4 A300 N/S N2A25098																															
DM5 A200 N/S N3A08958																															
DM6 A200 N/S N2A25195																															
DM7 A200 OPAQUE N/S N2A25358																															
DM8 A200 OPAQUE N/S N2A25360																															
DM9 A200 OPAQUE N/S N2A25172																															

Causas	¿Qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué ?	¿Cuánto?
No se cuenta con diseño de fabrica	Plano de bobina adecuada para la maquina Generar Requisición de compra	JESUS PEREDA GONZALES	30/09/2010	Haciendo el plano adecuado Haciendo RC Se cambiara bobina echiza por bobina de fabrica	En la maquina W35	nterrupciones frecuente por picadura de bobina y cortocircuitos	200,00

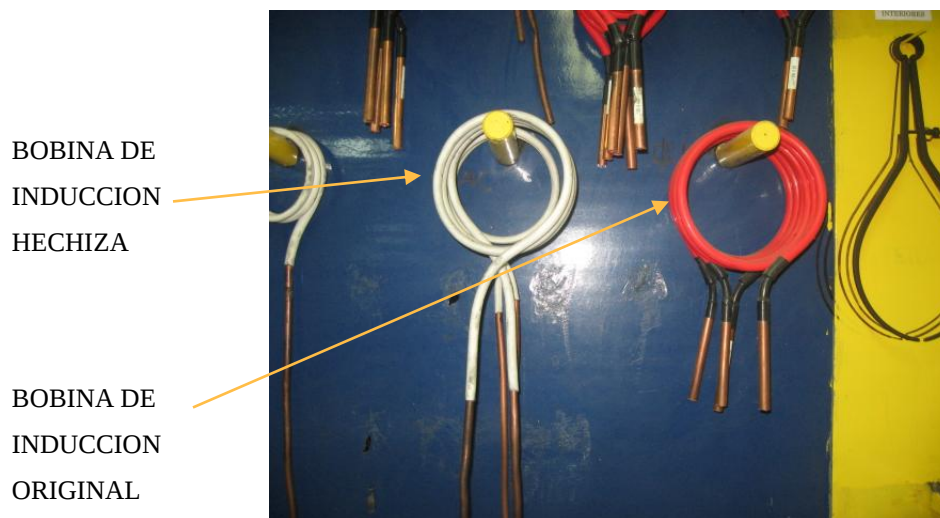
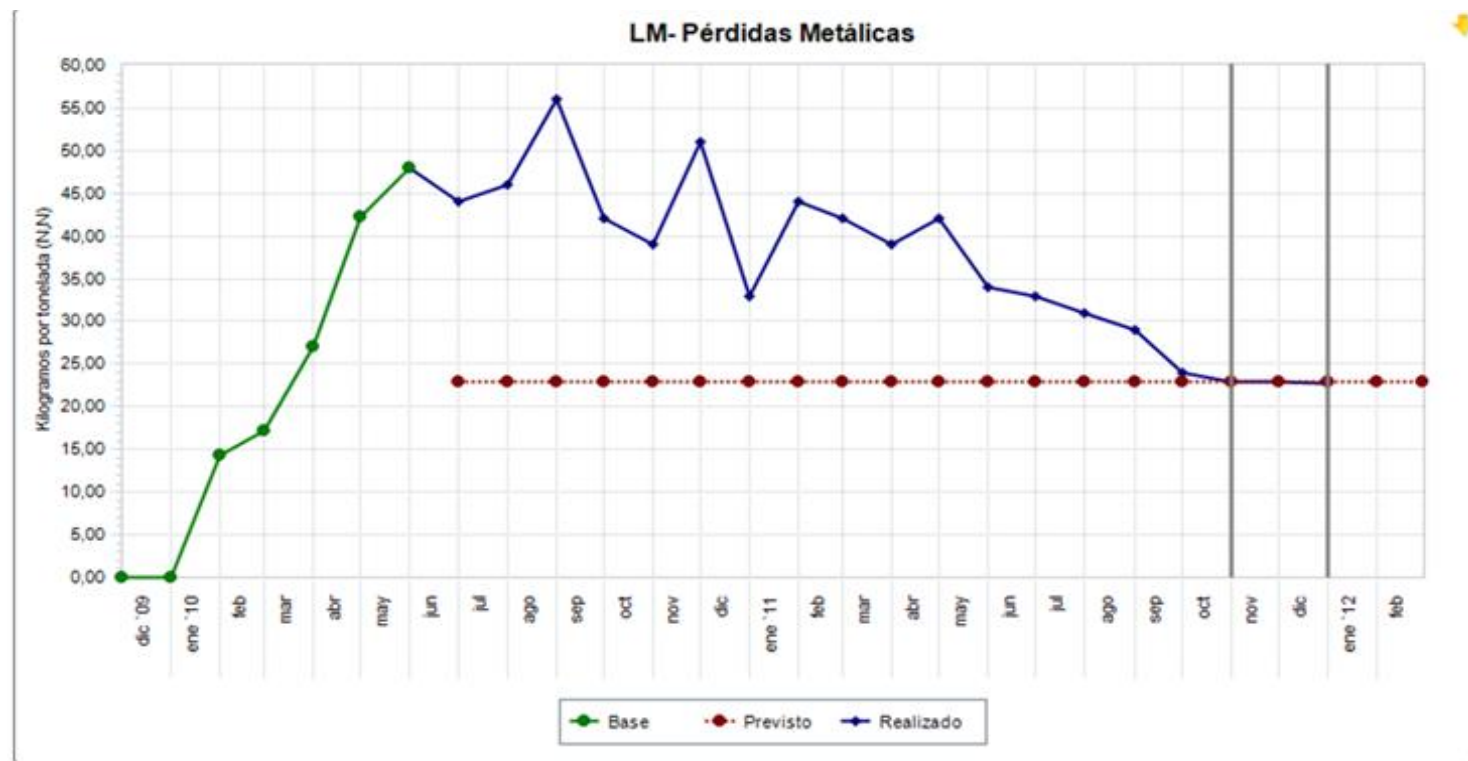


FIGURA 52.- Bobinas de Inducción

6.- VERIFICACIÓN



	05/2011	06/2011	07/2011	08/2011	09/2011	10/2011	11/2011	12/2011	01/2012	02/2012
Previsto	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Realizado	34	33	31	29	24	23	23	22,7		

7.- ESTANDARIZACION.-

Se definió cantidad de chatarra por subproceso

Maq	Dimensión	Peso Unit. (tubo)	Peso por metro	Peso de Fleje Promedio (kg)	N° de flejes por turno	N° de empalmes por turno	Regulación por CP (m)	Empalmes (m)	Despuntos (m)	Cambio de espesor (m)	Scrap de corte (kg)	Scrap de viruta (Kg)	total m.	total Kg	Total tubos	Chatarra en kilos por turno	Primera	Ratio	Ratio Promedio
M2	TUBO SP LAF RED MECAN 1/2"x0.60x6.00m	1.070	0.178	325.000	12.000	11.000	1.000	2.270	8.600	1.000	2.000	0.333	12.870	4.628	4.326	50.933	320.372	1.014	1.014
	TUBO SP LAF RED MECAN 1/2"x0.60x6.00m	1.070	0.178	325.000	12.000	11.000	1.000	1.620	8.150	1.000	2.000	0.333	11.770	4.432	4.142		320.568	1.014	
	TUBO SP LAF RED MECAN 1/2"x0.60x6.00m	1.070	0.178	325.000	12.000	11.000	1.000	6.000	4.130	1.000	2.000	0.333	12.130	4.497	4.202		320.503	1.014	
TMC	TUBO SP LAF CUAD MECAN 1"x0.75x6.00m	3.440	0.573	726.000	14.000	13.000	1.286	4.720	0.000	0.857	2.333	0.333	6.863	6.601	1.919	32.524	719.399	1.009	1.010
	TUBO SP LAF CUAD MECAN 1"x0.75x6.00m	3.440	0.573	726.000	14.000	13.000	1.286	5.470	0.000	0.857	2.333	0.333	7.613	7.031	2.044		718.969	1.010	
	TUBO SP LAF CUAD MECAN 1"x0.75x6.00m	3.440	0.573	726.000	14.000	13.000	1.286	6.030	0.000	0.857	2.333	0.333	8.173	7.352	2.137		718.648	1.010	
M 2.5	TUBO SP LAF CUAD MECAN 1.1/4"x1.20x6.00m	7.120	1.187	683.000	22.000	21.000	1.364	1.060	0.170	0.545	2.000	0.667	3.139	6.392	0.898	207.814	676.608	1.009	1.013
	TUBO SP LAF CUAD MECAN 1.1/4"x1.20x6.00m	7.120	1.187	755.000	22.000	21.000	1.364	6.120	0.270	0.545	2.000	0.667	8.299	12.515	1.758		742.485	1.017	
	TUBO SP LAF CUAD MECAN 1.1/4"x1.20x6.00m	7.120	1.187	755.000	22.000	21.000	1.364	4.000	0.220	0.545	2.000	0.667	6.129	9.940	1.396		745.060	1.013	
SF	TUBO LAC RED NEGRO 1"x2.00x6.40m PROC-GA	10.010	1.564	819.000	30.000	29.000	0.853	4.470	0.200	0.427	3.167	0.900	5.950	13.373	1.336	429.243	805.627	1.017	1.018
	TUBO LAC RED NEGRO 1"x2.00x6.40m PROC-GA	10.010	1.564	819.000	30.000	29.000	0.853	4.380	0.200	0.427	3.167	0.900	5.860	13.232	1.322		805.768	1.016	
	TUBO LAC RED NEGRO 1"x2.00x6.40m PROC-GA	10.010	1.564	819.000	30.000	29.000	0.853	3.420	0.200	0.427	3.167	0.900	4.900	11.731	1.172		807.269	1.015	
	TUBO LAC RED NEGRO 1"x2.00x6.40m PROC-GA	10.010	1.564	819.000	30.000	29.000	0.853	6.400	0.200	0.427	3.167	0.900	7.880	16.391	1.638		802.609	1.020	
	TUBO LAC RED NEGRO 1"x2.00x6.40m PROC-GA	10.010	1.564	819.000	30.000	29.000	0.853	6.200	0.200	0.427	3.167	0.900	7.680	16.079	1.606		802.921	1.020	
	TUBO LAC RED NEGRO 1"x2.00x6.40m PROC-GA	10.010	1.564	819.000	30.000	29.000	0.853	6.200	0.200	0.427	3.167	0.900	7.680	16.079	1.606		802.921	1.020	
W35	PERFIL SP LAF SOLERA 2.00x6.00m	22.407	3.735	1,866.000	5.000	4.000	3.334	4.700	0.200	2.400	5.333	1.833	10.634	46.879	2.092	241.125	1,819.121	1.026	1.027
	PERFIL SP LAF SOLERA 2.00x6.00m	22.407	3.735	1,866.000	5.000	4.000	3.334	5.670	0.200	2.400	5.333	1.833	11.604	50.502	2.254		1,815.498	1.028	
	PERFIL SP LAF SOLERA 2.00x6.00m	22.407	3.735	1,866.000	5.000	4.000	3.334	5.670	0.200	2.400	5.333	1.833	11.604	50.502	2.254		1,815.498	1.028	
YF	TUBO LAC RED NEGRO 3/4"x1.80x6.00m PROC-GA	6.690	1.115	663.000	21.000	20.000	1.143	4.500	0.190	0.571	1.000	0.800	6.404	8.941	1.336	199.508	654.059	1.014	1.015
	TUBO LAC RED NEGRO 3/4"x1.80x6.00m PROC-GA	6.690	1.115	648.000	21.000	20.000	1.143	4.190	0.160	0.571	2.000	0.800	6.064	9.562	1.429		638.438	1.015	
	TUBO LAC RED NEGRO 3/4"x1.80x6.00m PROC-GA	6.690	1.115	648.000	21.000	20.000	1.143	4.920	1.300	0.571	1.000	0.800	7.934	10.647	1.591		637.353	1.017	

7. CONCLUSIÓN

Desarrollo de los trabajos:

Iniciamos con una pérdida metálica de 36.22 Kg / tn en promedio, evaluando se trazo como meta 21 Kg / tn, llegando a obtener un resultados de 20.93 Kg / Tn.

Realizamos mejoras en algunas actividades del proceso, pesaje riguroso de la materia prima para mejorar los valores del sistema, herramientas y repuestos; así como el incremento del conocimiento e información facilitando la planificación y manejo de equipos generando trabajos seguros y efectivos.

III.- ELEVADO CONSUMO DE ACEITE

Introducción del Proceso de lubricación:

Dentro del proceso de fabricación de tubos se utiliza el aceite Ferrocote 5856 LR.A, el cual se aplica en la parte externa del tubo para protegerlo de la corrosión ambiental luego de su fabricación.

Identificación del producto:

Nombre comercial: FERROCOTE 5856 L R.A.

Aplicación: ACEITE PROTECTIVO DE LA OXIDACIÓN

Composición: Mezcla de aceite mineral parafínico, sulfonatos,

Antioxidantes y glicol.

¿Por qué fue escogido este problema?

Porque la aplicación del lubricante Ferrocote 5856 L al tubo, no es la más adecuada originando un desperdicio del aceite. Este desperdicio de aceite se observa también como derrames en la zona de trabajo que hace que los pisos estén siempre resbaladizos

representando una potencial condición insegura para los trabajadores y personal que transita por la zona.

Resultados Indeseados:

Perdidas cualitativas

SEGURIDAD → Pisos resbaladizos por derrames de aceite lubricante

MEDIO AMBIENTE → Contaminación por derrames de aceite lubricante.

CLIMA LABORAL → Descontentos del personal por laborar en una área insegura y sucia.

Perdidas cuantitativas

COSTO → Elevados costos de producción.

1.- IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.-

Período Base (Febrero - Marzo - Abril 2011)

Valor Base: 7.0 l/t

Febrero 8.29 l/t

Marzo 6.6 l/t

Abril 6.1 l/t

Promedio 7.0 l/t

Meta 5.6 l/t

Pérdidas Actuales

Período Base (Abril – Mayo - Junio 2011)

Valor Base (Abr. - Jun. 11): 7.0 l/t

Mejor Valor Histórico (Jun. 11): 6.1 l/t

Costo del aceite (Abrojo 11): 3.53 \$/l

Producción mensual de las Líneas Frías (Abr-Jun11): 1550 t/mes

Pérdida = (Valor Base – Mejor Valor Histórico) x Costo del Aceite x Producción promedio mensual (Abril a Junio 2011) x 12 meses

Pérdida = (7.0 l/t – 6.1 l/t) x 3.53 \$/l x 1550 t x 12 meses

Pérdida de las Líneas Frías= \$ 59 092 US\$/año

Ganancias:

Valor Base: 7.0 l/t

Meta: 5.6 l/t

Precio de aceite: 3.53 US\$/l

Se plantea reducir el consumo de 7.0 l/t a 5.6 l/t.

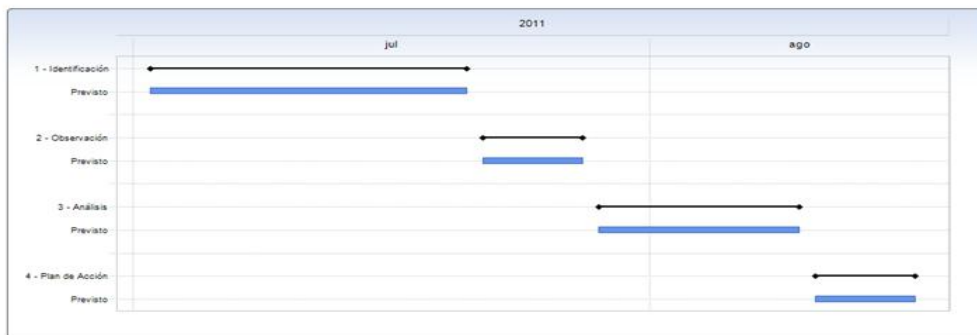
Reducción de 20 % del consumo actual

PRODUCCION MENSUAL PROGRAMADA JULIO 2011: 1550 t.

1.40 l/t x 3,53 \$/l x 1550 t/mes x 12 meses/año = 39 437.00 (\$/año)

Ganancia Esperada = 91 929. 00 US\$/año

Cronograma de etapas 1 a 4:



Eta	Previsto de	Previsto hasta
1 - Identificación	01/07/2011	20/07/2011
2 - Observación	21/07/2011	27/07/2011
3 - Análisis	28/07/2011	09/08/2011
4 - Plan de Acción	10/08/2011	16/08/2011

2.OBSERVACIÓN

Se utilizó la herramienta 3W para elaborar esta etapa:

NRO	QUE	QUIEN	CUANDO
1	Inspección en las máquinas	Wuil Vera	25/07/2011
2	Inspección en zona de pozas de refrigeración	Hector Amaro	26/07/2011
3	Inspección en zona de almacenamiento de productos terminados (Tubos)	Julio Chuiz	27/07/2011
4	Inspección en zona de chatarra	Josue Salazar	28/07/2011
5	Inspección en zona de aplicación de aceite por gravedad de máquina	Roberto Valderrama	29/07/2011

2.1 Inspección en la máquina.

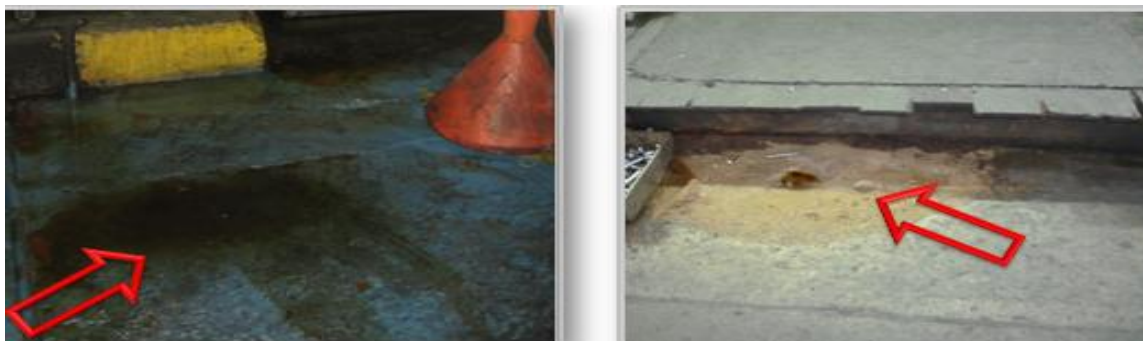


FIGURA 53.- Derrames por salpicadura de aceite en pasadizo de zona de trabajo.

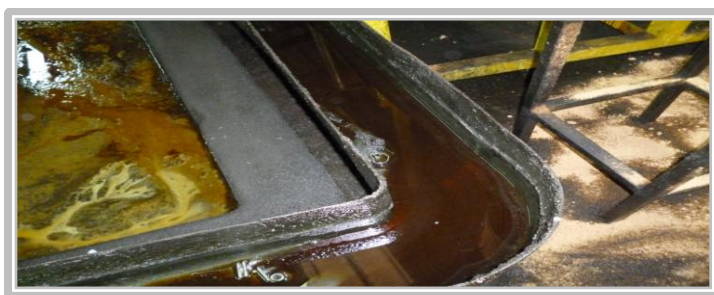


FIGURA 54.- Derrames de aceite por canaletas del refrigerante.

2.2- Inspección en zona de pozas de refrigeración maquina M2 y TMC.



FIGURA 55.- Pozas de refrigeración mezcla de aceite Ferrocote con el refrigerante Qwerl

2.3. Inspección en zona de almacenamiento de producto terminado (tubos).



FIGURA 56.- Derrame en la Zona Neutra

2.4. Inspección en zona de chatarra.

Se observó la pérdida de aceite en los tubos chatarra



FIGURA 57.- Inspección en zona de Chatarra

2.5. Inspección en zona de aplicación de aceite

Se observó que actualmente el aceite es aplicado por gravedad sin control.

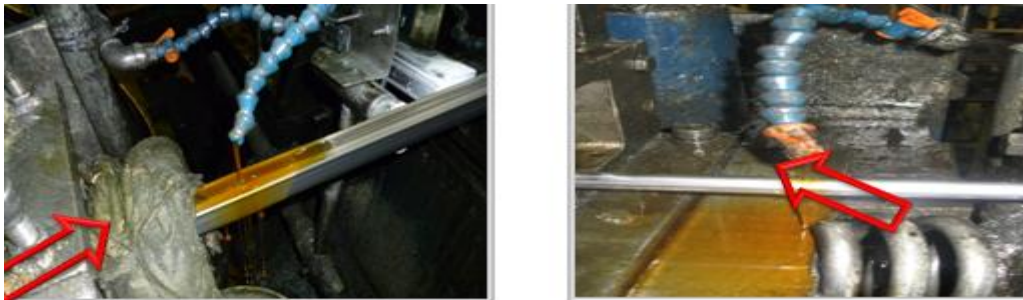


FIGURA 58.- Inspección en zona de Chatarra



FIGURA 59.- Perdida de Aceite cuando hay fuga de aire

4. OBSERVACIÓN

Lluvia de Ideas (Brainstorming):

NRO	PROBABLES CAUSAS
1	Derrame de aceite por parada imprevista
2	Falta de ficha técnica de aceite
3	Salpicadura de aceite por uso de aire
4	Sistema inadecuado de aplicación
5	Derrame de aceite en traslado al tanque
6	Falta de involucramiento de personal en el uso adecuado del aceite ferrocote
7	Inadecuado control de consumo de aceite ferrocote
8	Imprecisión en el indicador de nivel del tanque de aceite

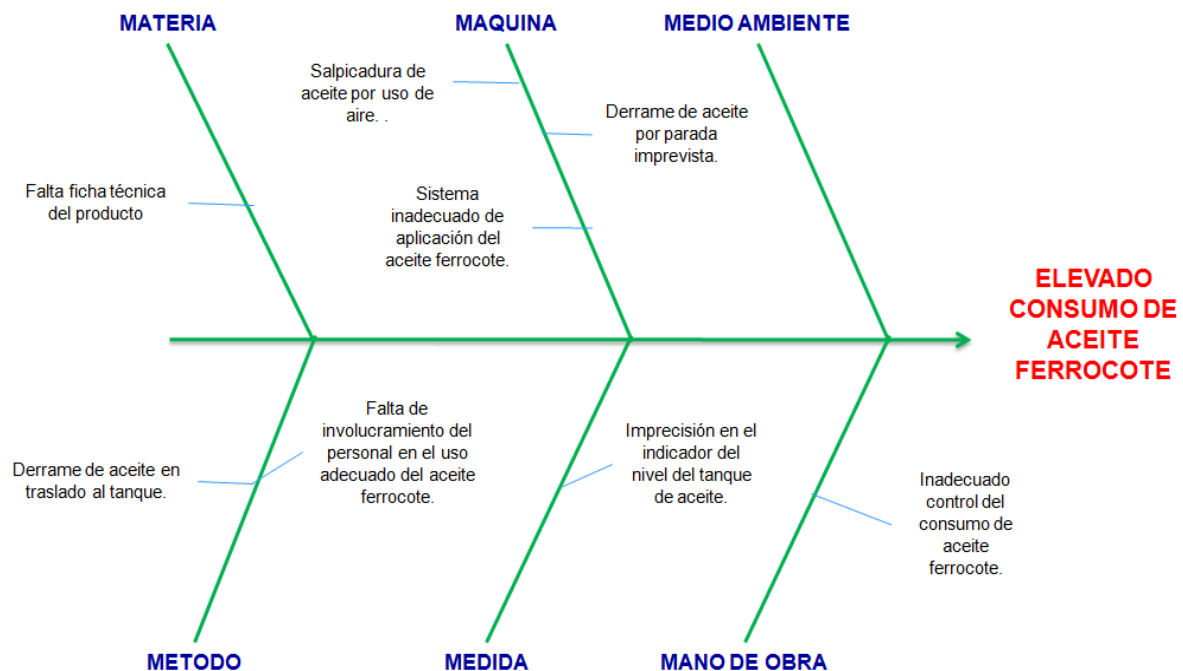
Criterios de Valorización:

- 9 Alta influencia**
- 3 Mediana influencia**
- 1 Baja influencia**

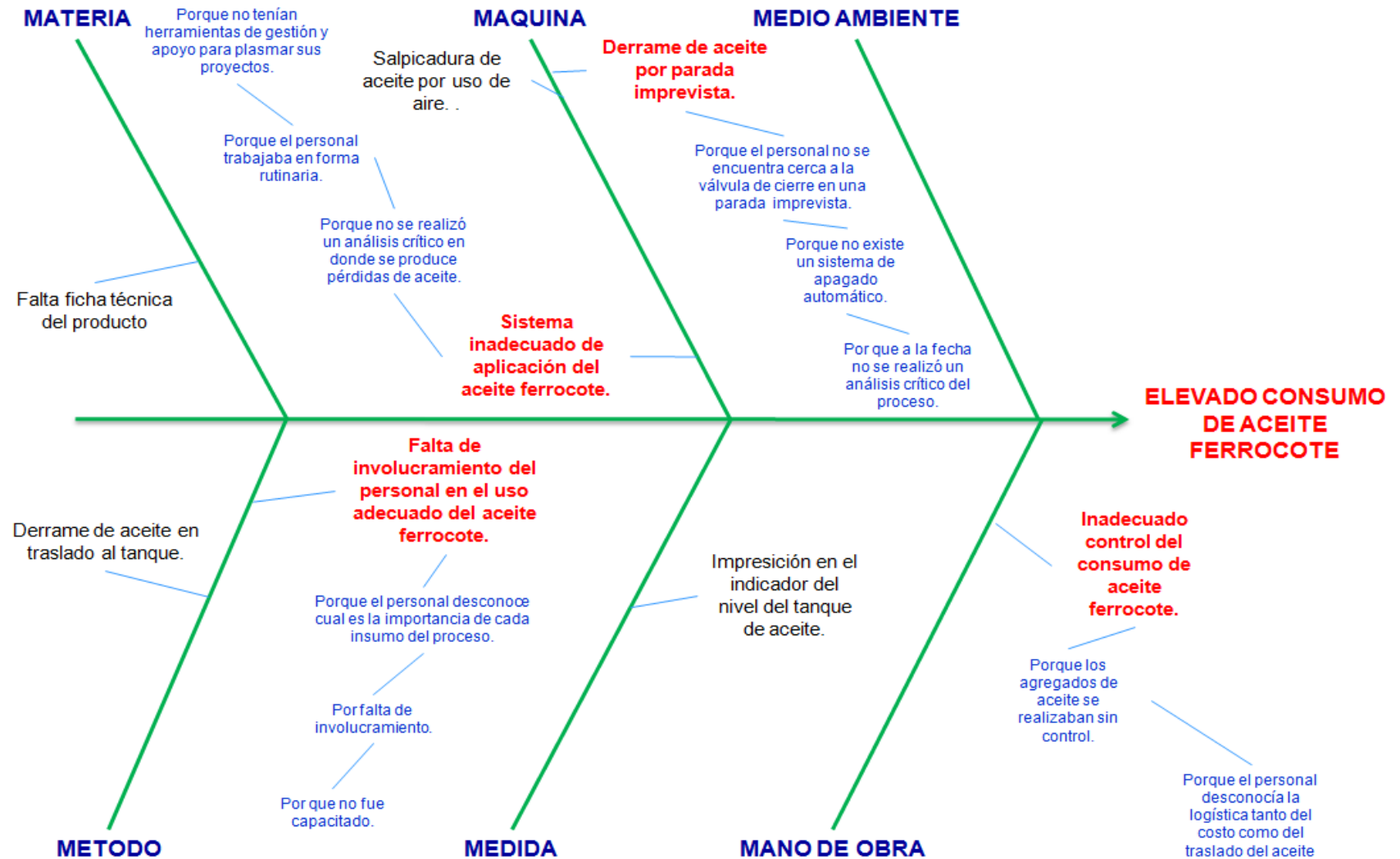
Causas de mayor influencia

DESCRIPCION	VALORIZACION						TOTAL
	Vera	Amaro	Chuiz	Roberto	Salazar	Rengifo	
Sistema inadecuado de aplicación	9	3	9	3	3	3	30
Falta de ficha técnica del aceite	3	3	3	1	9	1	20
Inadecuado control del consumo de aceite ferrocote.	3	9	3	9	9	3	24
Derrame de aceite por parada imprevista	9	9	9	9	9	9	54
Derrame de aceite en traslado al tanque.	3	3	3	3	3	3	18
Falta de involucramiento del personal en el uso adecuado del aceite ferrocote.	3	9	3	9	3	3	30
Salpicadura de aceite por uso de aire	3	3	3	3	3	3	18
Imprecisión en el indicador del nivel del tanque de aceite.	3	3	3	3	3	3	18

Diagrama Causa-Efecto



CAUSA	POR QUÉ	POR QUÉ	POR QUÉ
Derrame de aceite por parada imprevista	Porque el personal no se encuentra cerca a la válvula de cierre en una parada imprevista	Porque no existe un sistema de apagado automático	Porque a la fecha no se realizó un análisis del proceso
Falta de conocimiento de la importancia de uso del ferrocote	Porque el personal desconoce cuál es la importancia de cada insumo del proceso	Por falta de involucramiento	Por que no fue capacitado
Sistema inadecuado de aplicación	Porque no se realizó un análisis crítico en donde se produce pérdidas de aceite	Porque el personal trabajaba en forma rutinaria	Porque no tenían herramientas de gestión y apoyo para plasmar sus proyectos
Falta de formatos de control del consumo de aceite	Porque los agregados de aceite se realizaban sin control	Porque el personal desconocía la logística tanto del costo como del traslado del aceite	



5W2H

Causas	¿Qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?	¿Cuánto?
Derrame de aceite por parada imprevista.	Sincronizar la aplicación del aceite con la parada del sistema de soldado.	WUILL YOEEL VERA OBANDO	30/09/2011	Diseñando un sistema automatizado de paradas simultaneo del sistema de aplicación de aceite con el sistema de soldado en cada tubera.	En taller y máquinas.	Por que es necesario que al producirse una parada del sistema de soldado, se deje de aplicar aceite al tubo.	100,00
Falta de involucramiento del personal en el uso adecuado del aceite ferrocote.	Programar charlas técnicas sobre el uso del aceite ferrocote y su impacto sobre los costos y la contaminación.	JULIO CHUIZ SANTOS	02/09/2011	Convocando al personal involucrado en la operación de las tuberías LAF a la capacitación y concientización. Brindando la capacitación a todos los involucrados.	En la sala de capacitación de Planos y Derivados.	Por que los operadores deben conocer la dimensión del mal manejo del aceite, el impacto sobre el medio ambiente y los costos de producción que ello implica para su mejor uso.	0,00
Falta de involucramiento del personal en el uso adecuado del aceite ferrocote.	Preparar la presentación para brindar charlas técnicas sobre el uso del aceite ferrocote y su impacto sobre los costos y la contaminación.	JOSUE EDUARDO SALAZAR FLORIAN	31/08/2011	Preparando material de inducción en Power point, fotos, información técnica del aceite y su cuidado.	Oficina de Planos y Derivados.	Para contar con el material didáctico a utilizar en la capacitación del personal involucrado en la operación de las tuberías LAF.	0,00
Inadecuado control del consumo de aceite ferrocote.	Agregar el formato de control del consumo de aceite ferrocote para llevar un mejor registro.	HECTOR AMARO SAEZ	30/09/2011	Coordinando con el Responsable del Área para incluir el formato en el PR relacionado.	En la oficina de Planos y Derivados.	Para estandarizar y normar el uso del formato de control de aceite ferrocote.	0,00
Sistema inadecuado de aplicación del aceite ferrocote.	Modificar el sistema de aplicación del aceite ferrocote.	ROBERTO ESTEBAN VALDERRAMA PEREZ	30/09/2011	Replicar el sistema de aplicación de aceite instalado en la máquina M2 1/2.	En el taller y en las máquinas.	Por que se requiere optimizar la aplicación del aceite ferrocote al tubo.	500,00

• Matriz GUT:

Causa	Intensidad			Urgencia			Tendencia			Total
	Alta	Mediano	Baja	Alta	Mediano	Baja	Alta	Mediano	Baja	
Derrame de aceite por parada imprevista.	X			X			X			125
Sistema inadecuado de aplicación del aceite ferrocote.	X			X			X			125
Falta de involucramiento del personal en el uso adecuado del aceite ferrocote.		X			X		X			45
Inadecuado control del consumo de aceite ferrocote.		X		X				X		45

Alta	Mediano	Baja
5	3	1

4. PLAN DE ACCION

¿Qué?	¿Quién?	Fecha Prevista	Fecha Realizada	Costo previsto	Costo Realizado	Observación
Sincronizar la aplicación del aceite con la parada del sistema de soldado.	WUIL YOEL VERA OBANDO	30/09/2011	30/09/2011	100	0	Se utilizaron materiales disponibles en planta
Preparar la presentación para brindar charlas técnicas sobre el uso del aceite ferrocote y su impacto sobre los costos y la contaminación.	JOSUE EDUARD SALAZAR FLORIAN	31/08/2011	31/08/2011	0	0	0
Programar charlas técnicas sobre el uso del aceite ferrocote y su impacto sobre los costos y la contaminación.	JULIO CHUIZ SANTOS	02/09/2011	12/09/2011	0	0	Se reprogramó las capacitaciones en base a la rotación los turnos.
Agregar el formato de control del consumo de aceite ferrocote para llevar un mejor registro.	HECTOR AMARO SAEZ	30/09/2011	30/09/2011	0	0	0
Modificar el sistema de aplicación del aceite ferrocote.	ROBERTO ESTEBAN VALDERRAMA PEREZ	30/09/2011	30/09/2011	500	0	Se utilizaron materiales disponibles en planta.

5. EJECUCION

5.1 Sincronizar la aplicación del aceite con la parada del sistema de soldado



FIGURA 60.- Sincronización de aceite con la parada del sistema de soldado

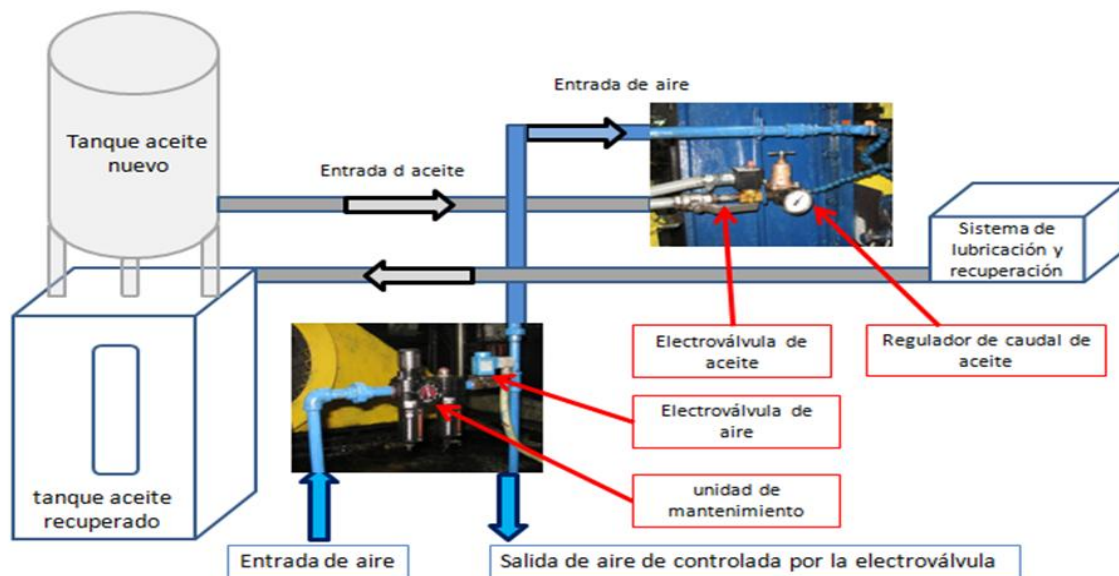


FIGURA 61.- Esquema del sistema sincronizado de aplicación del aceite preservante



FIGURA 62. Preparar y programar charlas técnicas sobre el uso del aceite ferrocote y su impacto sobre los costos y la contaminación.

Cálculo de la Ganancia:

Data	valor	Unidad de medida
Valor Base	7.00	l/t
Valor Meta	5.60	l/t
Consumo promedio mes (etapa de verificación)	3.78	l/t
Ahorro de aceite	3.22	l/t
Precio Unitario Aceite actual	3.75	US\$/l

CÁLCULO DE GANANCIA

$$3.22\text{l/t} \times 3.75 \text{ \$/l} \times 1550 \text{ t/mes} \times 12 \text{ meses/año} = 224\,595 \text{ \$/año}$$

GANANCIA REAL (\$/año): 224 595

7. Estandarización:

¿Qué?	¿Quién?	¿Cómo?	Previsto	Realizado	Observación
Capacitar al personal en el uso y llenado del formato de Control de Consumo de Aceite Ferrocote- Operador	JOSUE EDUARD SALAZAR FLORIAN	Reuniendo a los operadores involucrados en la tarea para hacerles saber del el uso y llenado del formato de Control de Consumo de Aceite Ferrocote- Operador	27/01/2012	27/01/2012	
Entrenar a los operadores involucrados en el uso correcto del consumo de aceite ferrocote.	JULIO CHUIZ SANTOS	Reuniendo a los operadores involucrados y preprando una presentación donde se muestre la importancia del ahorro del aceite ferrocote.	30/01/2012	27/01/2012	
Elaborar el Formato de Control de Consumo de Aceite Ferrocote- Operador	WUIL YOEL VERA OBANDO	Realizando un fromato que sirva para tener registro del consumo del aceite ferrocote.	27/01/2012	26/01/2012	

8. CONCLUSIONES:

Se ha logrado superar la meta establecida, de 5,60 l/t (20%) a 3,78 l/t que representa el 46% de reducción de consumo de aceite Ferrocote

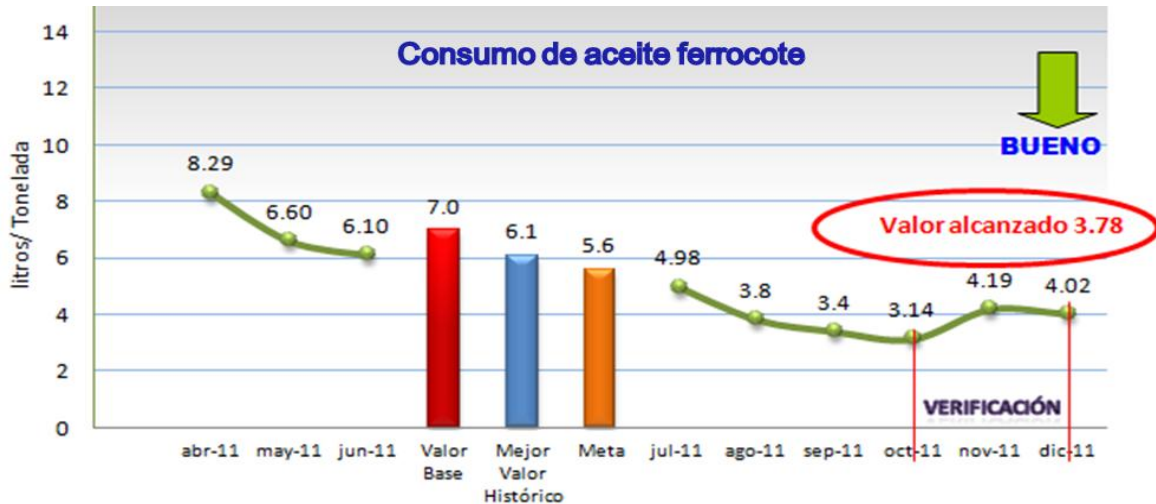


FIGURA 65.- Consumo de Aceite Ferrocote

El presente proyecto nos ha permitido cubrir varios aspectos importantes:

CALIDAD: Con esta nueva forma de aplicación hemos logrado cubrir con el aceite preservante todo el contorno del tubo evitando la oxidación.

COSTO: Se ha logrado disminuir el costo de producción debido a la reducción del consumo de aceite ferrocote. (De 7.0 l/t a 3.78 l/t)

CLIMA LABORAL: Mejorando la seguridad y la limpieza de la zona de trabajo se ha mejorado el ambiente laboral.

SEGURIDAD: Se ha reducido la posibilidad de caídas por resbalamiento al mejorar el estado de los pisos.

MEDIO AMBIENTE: Se ha reducido la contaminación del suelo al disminuir los derrames de aceite.

IV SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

1.- Identificación del Problema

¿Cuál es el Problema?

La alta incidencia de Interrupciones en la producción de tubos en las tuberías LAF, debido a fallas en los sistemas de refrigeración.

¿Por qué fue escogido este problema?

Al realizar un análisis de las principales interrupciones en el proceso de fabricación de tubos en la línea de tuberías LAF (M2, TMC y M2-1/2) para el periodo comprendido entre Noviembre del 2010 y Febrero del 2011, se obtuvo la siguiente Tabla.

RESPONSABLE DE PARADA	Nov. - Dic. 2010 (h)	Ene. - Feb. 2011 (h)	TOTAL (h)	%
MAESTRANZA	46	37	83	9
MANTTO. MECANICO-ELECTRICO	185	206	392	42
OPERACION	117	123	240	26
SERVICIOS	82	136	217	23
OTROS	7	0	7	1
TOTAL	437	502	939	

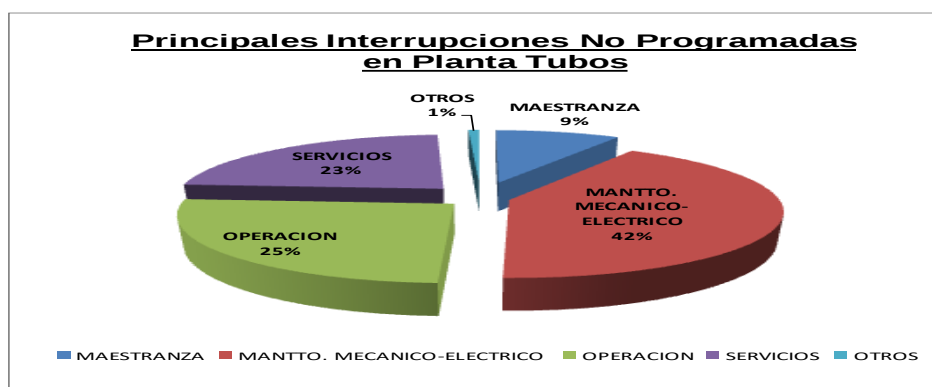
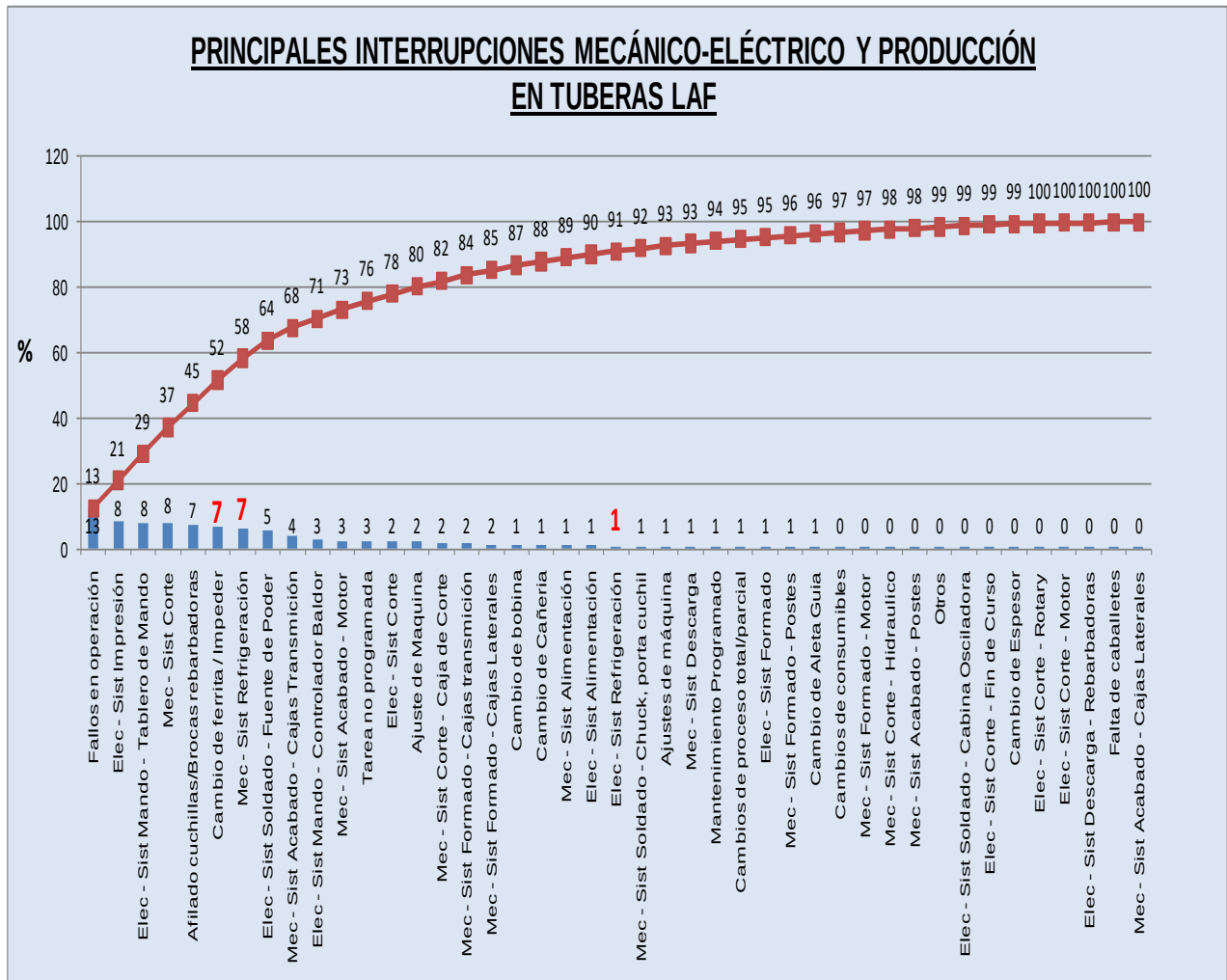


FIGURA 66.- Principales Interrupciones No Programadas en la Planta de Tubos

Según se puede observar las principales interrupciones en la línea de tuberías LAF se deben principalmente a fallas de mantenimiento mecánico-eléctrico y fallas de producción.

Revisando las principales interrupciones mecánico-eléctricas y de producción logramos obtener el siguiente gráfico.



Como se puede observar las interrupciones por fallas en los sistemas de refrigeración es una de las fallas más relevantes dentro del proceso de producción de tubos y tienen repercusión para el área de mantenimiento tanto mecánico como eléctrico así como para el área de producción.

Las fallas en los sistemas de refrigeración se pueden clasificar en:

Fallas mecánicas

Fallas de producción

Fallas eléctricas

Tipo de Fallas:

Mecánicas:

- Obstrucción en los intercambiadores de calor.
- Fallas en los sellos mecánicos de las bombas.
- Obstrucción de la válvula check.
- Obstrucción de las canaletas de refrigeración, etc.

Producción:

- Cambio del impedir por obstrucción.

El impedir es cambiado y la interrupción es registrada como cambio del mismo, pero no se hace la diferenciación si es por desgaste u obstrucción, por experiencia los operadores estiman que el cambio del impedir por obstrucción debido a suciedad en la emulsión, representan el 20% de esta interrupción.

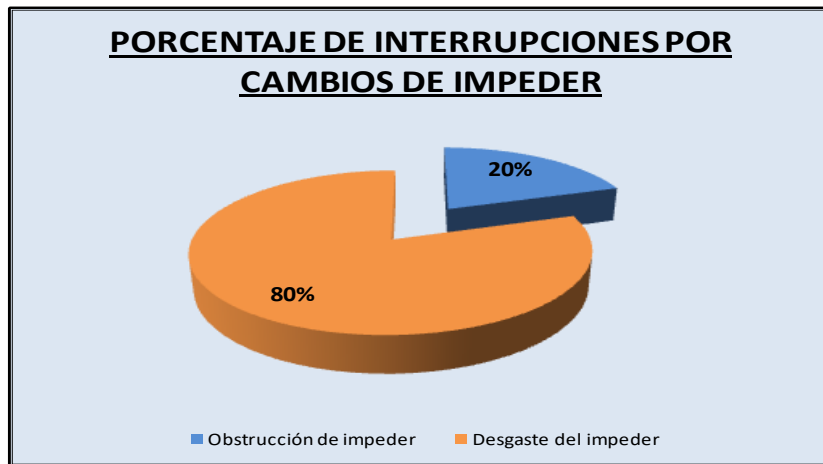


FIGURA 67.- Porcentaje de Interrupciones por cambio de Impeder

Detalle de las interrupciones de mantenimiento mecánico-eléctrico y producción para el periodo Noviembre 2010 a Febrero 2011

TPM en Acción
Eficiencia Total en la Industria del Acero

DESCRIPCION DE LA INTERRUPCION	2010		2011		TOTAL GENERAL (h)	PROMEDIO MENSUAL (h)
	NOVIEMBRE (h)	DICIEMBRE (h)	ENERO (h)	FEBRERO (h)		
Fallos en operación	23	19	19	19	79	19
Elec - Sist Impresión	12	8	16	18	53	14
Elec - Sist Mando - Tablero de Mando	14	0	33	4	52	12
Mec - Sist Corte	5	25	17	3	51	15
Afilado cuchillas/Brocas rebarbadoras	8	6	16	17	47	13
Cambio de ferrita / Impeder	10	18	5	12	45	13
Mec - Sist Refrigeración	11	15	4	12	41	12
Elec - Sist Soldado - Fuente de Poder	11	9	7	8	35	8
Mec - Sist Acabado - Cajas Transmisión	9		15		24	15
Elec - Sist Mando - Controlador Baldor	10	0	8	0	18	3
Mec - Sist Acabado - Motor	16	1			17	1
Tarea no programada	2	4	6	4	17	5
Elec - Sist Corte	5	2	7	1	14	3
Ajuste de Maquina	3	1	3	7	14	4
Mec - Sist Corte - Caja de Corte	7	1	2	2	11	2
Mec - Sist Formado - Cajas transmisión	2	0	7	2	11	3
Mec - Sist Formado - Cajas Laterales			8	2	10	5
Cambio de bobina	4	2	1	2	9	2
Cambio de Cañería	4	2	1	2	8	1
Mec - Sist Alimentación	3	2	3		7	2
Elec - Sist Alimentación	2		2	2	7	2
Elec - Sist Refrigeración	1	2	2	1	6	1
Mec - Sist Soldado - Chuck, porta cuchil			5	1	6	3
Ajustes de máquina		1		4	5	2
Mec - Sist Descarga	1	0	3	1	5	1
Mantenimiento Programado		5			5	5
Cambios de proceso total/parcial	2	1	2		4	1
Elec - Sist Formado		1	2	0	4	1
Mec - Sist Formado - Postes	2		2		4	2
Cambio de Aleta Guía	1	0	1	2	3	1
Cambios de consumibles	2			1	3	1
Mec - Sist Formado - Motor			3		3	3
Mec - Sist Corte - Hidraulico	1	0		1	3	1
Mec - Sist Acabado - Postes				3	3	3
Otros		2			2	2
Elec - Sist Soldado - Cabina Osciladora	0	1	0	1	2	1
Elec - Sist Corte - Fin de Curso	1	1			2	1
Cambio de Espesor		0	1	0	2	1
Elec - Sist Corte - Rotary		1		1	1	1
Elec - Sist Corte - Motor			1		1	1
Elec - Sist Descarga - Rebarbadoras			1		1	1
Falta de caballetes		1			1	1
Mec - Sist Acabado - Cajas Laterales		1			1	1
TOTAL GENERAL	199	130	171	132	632	

TABLA 12.- Descripción de Interrupciones

Para el cálculo del valor promedio (valor base) de las interrupciones en la línea de las tuberías LAF debido a fallas en el sistema de refrigeración no se considera al mes de Enero, por considerarse este mes como un mes anómalo para el cálculo estadístico.

Como se explicó con anterioridad las fallas por cambio de impedir y que son consecuencia de fallas en el sistema de refrigeración representan el 20% del total de esta interrupción.

Al consolidar estos tres tipos de fallas (mecánicas, producción y eléctricas) causantes de interrupciones en el proceso de tubos, en la línea de tuberías LAF obtenemos:

DESCRIPCION DE LA INTERRUPCION	2010		2011		TOTAL GENERAL (h)	PROMEDIO MENSUAL (h)
	NOVIEMBRE (h)	DICIEMBRE (h)	ENERO (h)	FEBRERO (h)		
Cambio de ferrita / Impeder	2	4	1	2	9	3
Mec - Sist Refrigeración	11	15	4	12	41	12
Elec - Sist Refrigeración	1	2	2	1	6	1
TOTAL GENERAL	13	21	6	16	56	16

Resultados Indeseados:

Perdidas cualitativas

CLIMA LABORAL → Las continuas interrupciones de la línea de producción debido al mismo motivo, origina descontento en el personal de producción y pérdida de confianza en los trabajos de mantenimiento.

SEGURIDAD → Los derrames de emulsión usada como fluido en los sistemas de refrigeración son un riesgo constante de caídas del personal operario y de las personas que circulan por la zona.

Pérdidas cuantitativas

COSTO → Las interrupciones del proceso generan un aumento del costo de producción.

PÉRDIDA METÁLICA → Los continuas paradas y arranques de la línea generan el aumento de las pérdidas metálicas.

Pérdidas Actuales:

Período Base (Noviembre 2010 a febrero 2011),

Valor Base: 16 h.

Noviembre 2010 13 h.

Diciembre 2010 21 h.

Febrero 2011 16 h.

Promedio 16 h.

Mejor valor histórico: 13 h.

Meta: 5 h.

Valor Base: 16 h.

Período Base (Noviembre 2010 a febrero 2011),

Valor Base: ---- 16 h/mes

Mejor valor histórico: ---- 13 h/mes

Utilidad generada por tubos LAF: ---- \$ 210/t.

Producción promedio tuberías LAF: ---- 0.94 t/h

$0,94 \text{ t/h} \times (16 - 13) \text{ h/mes} \times 210 \text{ \$/t} \times 12 \text{ meses} = 7\,445 \text{ (\$/año)}$

Pérdida Actual = 7 445 US\$/año

Indicador:

h. --- periodicidad mensual

Ganancias:

Valor Base: ---- 16 h/mes

Meta: ---- 5 h/mes

Utilidad generada por tubos LAF: ---- \$ 210/t.

Producción promedio tuberías LAF: ---- 0.94 t/h

$0,94 \text{ t/h} \times (16 - 5) \text{ h/mes} \times 210 \text{ \$/t} \times 12 \text{ meses} = 26\,057 \text{ (\$/año)}$

Ganancia Esperada = 26 057.00 US\$/año

Cronograma

Etapas / meses	abr-11	may-11	jun-11	jul-11
1. Identificación del problema	x			
2. Observación		x		
3. Análisis		x	x	
4. Planificación			x	x

2. OBSERVACIÓN

Plan de Acción (3W) para la observación

Nro	¿QUÉ?	¿QUIÉN?	¿CUÁNDO?	
			INICIO	FIN
1	Inspección en la M2	José Rodríguez	09/07/2011	12/07/2011
2	Inspección en la máquina TMC	Roberto Valderrama	09/07/2011	13/07/2011

3	Inspección en la M2.5	Pedro Valderrama	09/07/2011	12/07/2011
4	Inspección en la máquina LAF	Wuil Vera	09/07/2011	11/07/2011

2.1 Inspección en la máquina M 2.



FIGURA 68.- Derrame de refrigerante en zona de trabajo.



FIGURA 69.- Válvulas y Tuberías deterioradas en lugares no adecuados.



FIGURA 70. Tuberías deterioradas con fugas de refrigerante y usando tapones hechizos



FIGURA 71.- Válvulas Hechizas en Planta.



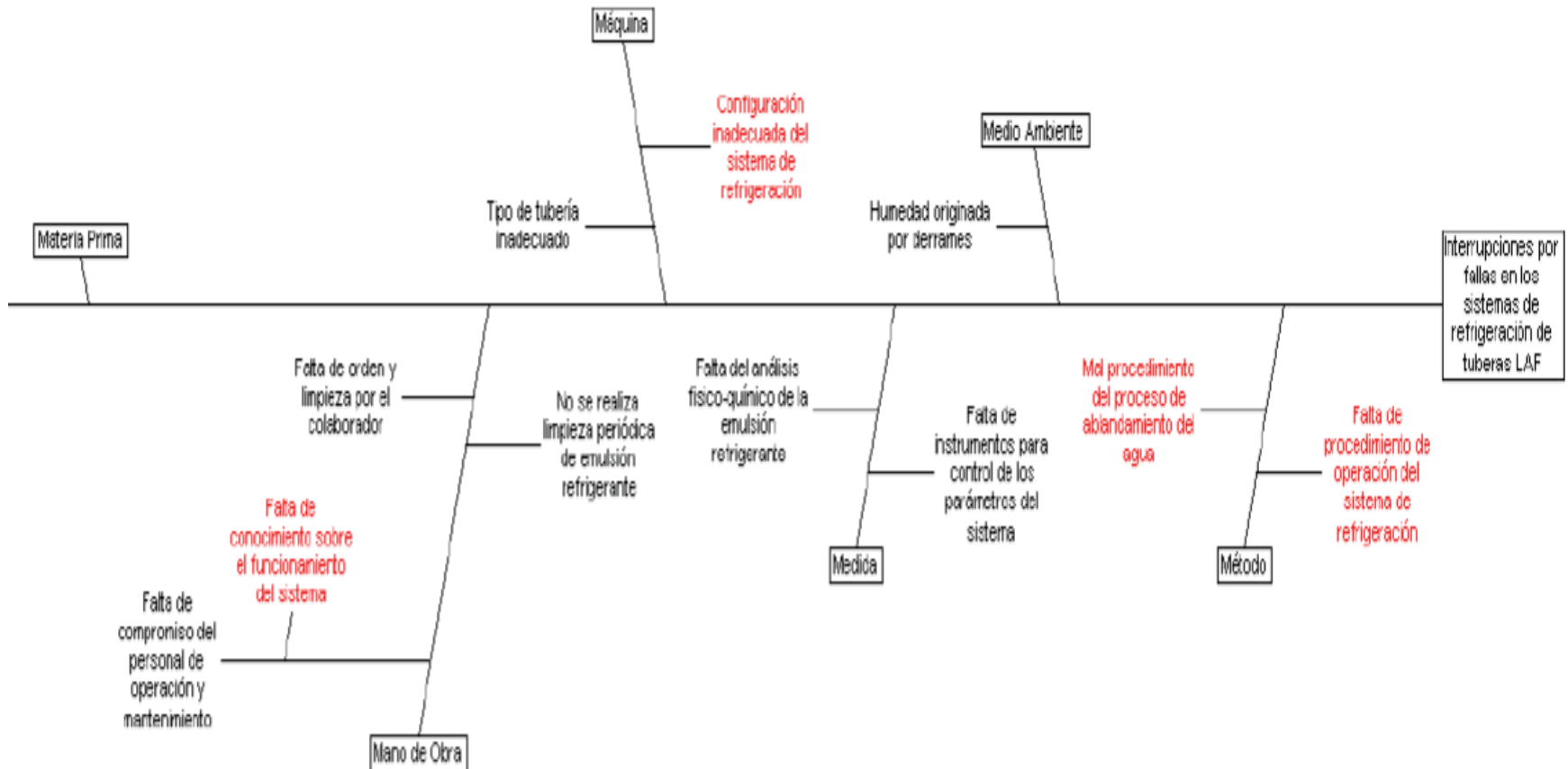
FIGURA 72. Derrame de refrigerante por pasadizos de las máquinas LAF lo cual genera una condición insegura para los colaboradores y pérdida de este líquido refrigerante causado por las fugas y derrames.

Lluvia de ideas

NRO	PROBABLES CAUSAS
1	Inadecuada configuración del sistema de tuberías
2	Falta de análisis físico - químico de la emulsión refrigerante
3	No se realiza limpieza periódica de emulsión refrigerante
4	Falta de instrumentos para control de los parámetros del sistema
5	Mal procedimiento del proceso de ablandamiento del agua
6	Falta de compromiso de los operadores
7	Personal desconoce funcionamiento del sistema de refrigeración
8	Falta de procedimiento de operación del sistema de refrigeración
9	Falta de orden y limpieza por el colaborador
10	Falta una bomba en stand by
11	Tipo de tubería inadecuada
12	Humedad originada por derrames

3.- ANALISIS

Diagrama Causa-Efecto:



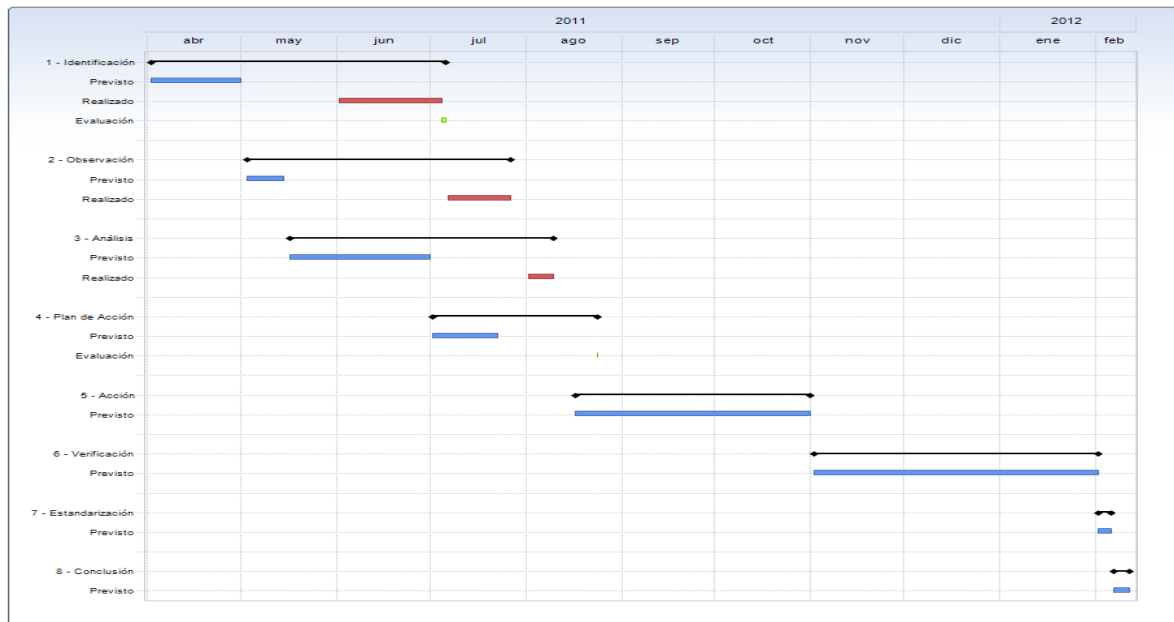
4. PLAN DE ACCION MATRIZ DE GUT

CAUSA	INTENSIDAD			URGENCIA			TENDENCIA			TOTAL
	ALTA	MEDIANO	BAJA	ALTA	MEDIANO	BAJA	ALTA	MEDIANO	BAJA	
Configuración inadecuada del sistema de refrigeración	X			X			X			125
Falta de procedimiento de operación del sistema de refrigeración	X			X			X			125
Mal Procedimiento del proceso de ablandamiento del agua	X			X			X			125
Falta de conocimiento sobre el funcionamiento del sistema	X				X		X			75

5W2H

Causas	¿Qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?	¿Cuánto?
Configuración inadecuada del sistema de refrigeración	Modificar el layout de la poza de emulsión .	PEDRO ANTONIO VALDERRAMA	31/10/2011	Separando la poza en dos secciones.	En las tuberías LAF.	Es necesario evitar los residuos que actualmente retornan al sistema de refrigeración provocando la obstrucción en los filtros, válvulas check e intercambiadores.	US\$ 300,00
Configuración inadecuada del sistema de refrigeración	Instalar tuberías de acuerdo a la nueva configuración según plano elaborado (Layout).	ROBERTO VALDERRAMA PEREZ	31/10/2011	Realizando un requerimiento de compras y luego la instalación de tuberías en las tuberías LAF.	En las tuberías LAF.	Es necesario la modificación de la configuración actual del sistema para lograr un mejor funcionamiento y control del sistema.	US\$ 6.000,00
Configuración inadecuada del sistema de refrigeración	Modificar la instalación de tuberías incluyendo instrumentos de medición y control, filtros en by pass, bomba en stand by e interruptores de nivel.	ROBERTO VALDERRAMA PEREZ	30/09/2011	Elaborando un plano de la instalación de tuberías.	En las tuberías LAF.	Porque el diseño actual no es el más adecuado, ya que origina interrupciones en la producción.	US\$ 0,00
Configuración inadecuada del sistema de refrigeración	Modificar tanque del sistema de refrigeración de emulsión.	PEDRO ANTONIO VALDERRAMA	30/09/2011	Diseñando la nueva distribución en el tanque.	En las tuberías LAF	Porque la actual distribución permite que los residuos acumulados retornen al sistema de refrigeración.	US\$ 300,00
Falta de conocimiento sobre el funcionamiento o del sistema	Capacitar al personal de operación y mantenimiento en el procedimiento de operación del sistema de refrigeración.	JOSE RODRIGUEZ RONCAL	30/09/2011	Preparando una presentación en Power Point.	Sala de capacitación de Planos	Porque es necesario informar y capacitar al personal sobre el funcionamiento del sistema.	US\$ 0,00
Falta de conocimiento sobre el funcionamiento o del sistema	Elaborar procedimiento de operación del sistema de refrigeración.	WUILL YOEEL VERA OBANDO	15/09/2011	Reuniéndose con personal de operación y mantenimiento para definir las mejores prácticas en la operación del sistema.	Planta y Oficina	Para unificar los criterios de operación para su mejor ejecución.	US\$ 0,00
Falta de conocimiento sobre el funcionamiento o del sistema	Elaborar procedimiento de operación del sistema de refrigeración.	WUILL YOEEL VERA OBANDO	15/09/2011	Reuniéndose con personal de operación y mantenimiento para definir las mejores prácticas en la operación del sistema.	Planta y Oficina	Para unificar los criterios de operación para su mejor ejecución.	US\$ 0,00
Mal procedimiento del proceso de ablandamiento del agua	Coordinar con el personal de ingeniería para la culminación del proyecto de cambio de torre.	JOSE RODRIGUEZ RONCAL	15/09/2011	Realizando el seguimiento de los trabajos realizados por Ingeniería.	En la zona de tratamiento de agua industrial de la Planta de Tubos.	Porque es urgente poder obtener una mejor calidad de agua tratada.	US\$ 0,00

CRONOGRAMA



5. CONCLUSION

Se obtuvo la ganancia esperada.

$$0,94 \text{ t/h} \times (16 - 5) \text{ h/mes} \times 210 \text{ \$/t} \times 12 \text{ meses} = 26\,057 \text{ (\$/año)}$$

$$\text{Ganancia Esperada} = 26\,057.00 \text{ US\$/año}$$

PASO 8: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO (AM).

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.

The image shows two maintenance tags side-by-side. The left tag is red and labeled 'Mantenimiento Autónomo'. It has fields for 'Área', 'Célula', 'Equipo', 'Fecha' (with day/month/year sub-fields), 'Nombre', and 'Control n°'. Below these are checkboxes for 'Clasificación - Tipo de Problema' (Seguridad, Calidad, Productividad) and a section 'Hecho - Descripción del Problema' with a list of checkboxes for various issues like 'Calentamiento', 'Corto Circuito', 'Contaminación', etc. The right tag is blue and labeled 'Operador'. It has the same fields and checkboxes as the red tag. Both tags have a 'Concluido em:' section at the bottom with fields for 'Fecha' and 'Resp.'.

FIGURA 73.- Etiquetas Mantenimiento Autónomo

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:

A. 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.

B. 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.

C.- EL PAPEL DEL OPERADOR

- Ejecutar el check list 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.

D.- EL PAPEL DEL PADRINO MANTENEDOR

- Hablar con los Operadores todos los días tratando de identificar situaciones de anomalías 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 anomalías en los equipos y, a continuación, evaluar las nuevas etiquetas planificando o, incluso, resolviendo de inmediato las anomalías encontradas.

E.- EL PAPEL DEL GESTOR DEL ÁREA

- Incentivar y patrocinar el Mantenimiento Autónomo.

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.

A.- ÍTEMS EVALUADOS EN LA AUDITORÍA DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

- Limpieza y organización del local de trabajo.

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

PROGRAMA AUTÓNOMO

Se definirá las actividades de rutina del operador de máquina, el cuál garantizará el normal flujo de producción en las líneas.

ACTIVIDADES PARA EL MANTENIMIENTO AUTONOMO

ACTIVIDADES PARA EL 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 grasa		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 grasa		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	Utilizado 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 destilada / emulsión	Inspección de nivel de agua destilada	-----	2 min	Cuidado de riesgo eléctrico
ATUBO-011		Temperatura del agua destilada	Colocar la palma de la mano y verificar si la temperatura del agua es la correcta	1 min	Tener cuidado de no exponer demasiado tiempo la mano
ATUBO-012		Limpieza de filtros de agua destilada	Desmontar la canastilla del filtro "Y"	5 min	Todo el sistema de refrigeración debe estar apagado y bloqueado
			Retirar la suciedad acumulada de la canastilla		
ATUBO-013		Temperatura de emulsión	Colocar la palma de la mano y verificar si la temperatura del agua es la correcta	2 min	Tener cuidado de no exponer demasiado tiempo la mano
ATUBO-014		Limpieza de filtros de emulsión	Desmontar la canastilla del filtro "Y"	5 min	Todo el sistema de refrigeración debe estar apagado y bloqueado
			Retirar la suciedad acumulada de la canastilla		
ATUBO-015	Cabeza Turca	Limpieza de roscas	Desmontar los pernos reguladores para luego realizar la limpieza removiendo los agentes contaminantes	5 min	Revisar si algún perno necesita ser cambiado por presentar abolladuras
ATUBO-016		Inspección de perno regulador lateral	-----	5 min	
ATUBO-017		Lubricación de rodillos y rodamientos	Antes del montaje de rodillos y rodamientos baltzer se debe lubricar, tratando de no contaminar la grasa	5 min	
ATUBO-018	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

					des alineamientos o aflojamientos
ATUBO-022	Electroválvula	Lubricación de FLR de electroválvulas	Retirar el vaso lubricador, retirar el aceite contaminado y agregar aceite en óptimo estado	10 min	Tener cuidado de no romper el vaso lubricador
ATUBO-023	Soldadora	Limpieza, lubricación de soporte de anillo guía	Con emulsión se procede a limpiar la estructura, se procede a lubricar el tornillo regulador lateral	10 min	
ATUBO-024		Inspección de rodamientos	-----	5 min	Revisar el rodamiento que no presente abolladuras, que gire con normalidad
ATUBO-025		Inspección de anillo guía	-----	5 min	Revisar posibles rajaduras o quiñaduras
ATUBO-026		Limpieza de sistemas de regulación	Utilizando emulsión se procede a retirar el barro	15 min	Verificar el estado de los reguladores
ATUBO-027		Inspección de cabeza de chuck		5 min	
ATUBO-028		Limpieza y lubricación	Previa limpieza se procede a inspeccionar el estado así como el funcionamiento	15 min	
		TAREA		LUGAR	
	I	INSPECCIÓN	S	SIZING	
	C	LIMPIEZA	F	FORMING	
	R	REAJUSTE	L	LATERAL	
	L	LUBRICACIÓN	TH	THERMATOOL	
			CB	CONTROLES DE BALDOR	
			DC	CABEZAL DE IMPRESORA	
			WB	CHUCK DE SOLDADO	
			AD	SISTEMA AGUA DESTILADA	
			EM	SISTEMA DE EMULSIÓN	

TABLA 13.- Actividades detalladas del Mantenimiento Autónomo

La simbología a usar en el Programa de Mantenimiento Autónomo será:

	ATUBO	X	NNN	Y	Z	P	
Tarea de mantenimiento Autónomo Planta de Tubos	←					→	Ubicación Detallada 1er paso al 6to paso
Actividad a Ejecutar							Parte Detallada
I = Inspección	←						P= Postes
L = Lubricación						→	T= Caja Transmisión
C = Limpieza							L= Caja lateral
R = Reajuste							E= Emulsión
Correlativo de actividad del	←						C= Sistema de corte
001----- 030							D= Agua destilada
Detalle de actividad							Sistema Detallado
					→		F= Forming
							S= Sizing
							A= Sistema alimentador
							W= Soldadora
							R= Sistema de refrigeración
							C= Cortadora
							I= Sistema de impresión
							TH= Cabeza Turca
							D= Zona de descarga

FIGURA 74.- Simbología del Mantenimiento Autónomo

Con esta información recopilada del historial de las máquinas tuberas se procede a realizar el Programa de Mantenimiento Autónomo.

TPM en Acción

Eficiencia Total en la Industria del Acero

	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 75.- Programa del Mantenimiento Autónomo

PASO 9: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO (PM).

- Se establece el programa de mantenimiento periódico para el departamento de mantenimiento.
- Hasta que la inspección general forme parte de los operarios se requerirá de la asistencia del Departamento de mantenimiento en forma continua.
- Se está desarrollando estándares para el equipo de forma que durante la fase de inspección autónoma puedan compararse con estándares de operación, buscándose una combinación apropiada de los mismos.
- A continuación, se detalla el programa de mantenimiento planificado anual.

ITEM	EQUIPO Y/O COMPONENTE	Especialidad	Descripción de Operación	Nº Ejecutores	Duración Operación (minutos)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	MOTOR DC TUBOS	ELECT	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR MEGADO DE MOTOR	2	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	LIMPIAR MOTOR CON SOLVENTE	2	20	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	SECAR MOTOR	2	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR ESTADO DE CARBONES	2	20	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR ESTADO DE RODAMIENTOS	2	30	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	LIMPIAR Y LIJAR COLECTOR	2	30	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR ESTADO DE CONEXIONES	2	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR Y REAJUSTAR BASES Y ACOPLES	2	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR MEGADO DE MOTOR	2	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	PROBAR MOTOR EN VACIO Y CON CARGA	2	10	X		X		X		X		X		X	
2	REPARACIÓN	ELECT	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	1	10		X						X				

TPM en Acción
Eficiencia Total en la Industria del Acero

3	TARJETA PULSOS TUBOS	ELECT	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	1	10		X					X				
		ELECT	DESCONECTAR TARJETA DE PULSOS	1	10		X					X				
		ELECT	REVISAR CIRCUITO DE TARJETA	1	30		X					X				
		ELECT	PRUEBAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS	1	30		X					X				
		ELECT	CAMBIO DE CIRCUITOS INTEGRADOS	1	30		X					X				
		ELECT	RESOLDAR CONEXIONES DE TARJETA	1	30		X					X				
		ELECT	PROBAR SEÑAL CON OSCILOSCOPIO	1	20		X					X				
		ELECT	MONTAJE DE TARJETA DE PULSOS	1	10		X					X				
		ELECT	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	1	10		X					X				
		ELECT	PRUEBAS DE TARJETA EN MAQUINA	1	10		X					X				
3	ROSCADORA TUBOS	ELECT	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10			X			X			X		X
		ELECT	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10			X			X			X		X
		MEC	REVISAR Y REALIZAR MTTO.	2	30			X			X			X		X
		ELECT	MTTO. A CONTACTORES,	2	20			X			X			X		X
		ELECT	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	2	10			X			X			X		X
		ELECT	PROBAR EQUIPO EN VACÍO Y CON CARGA	2	10			X			X			X		X
		MEC	DESARMAR BOMBAS Y CAMBIAR RODAMIENTOS	2	240						X					
4	PROBADORA HIDROSTÁTICA	MEC	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10	X				X			X		X	
		MEC	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10	X				X			X		X	
		MEC	REVISAR BOMBA DE PISTONES URACA	2	20	X				X			X		X	
		MEC	REVISAR ESTADO DE TUBERIAS	2	60	X				X			X		X	
		MEC	AJUSTAR CONEXIONES DE TUBERIAS	2	20	X				X			X		X	
		MEC	MTTO. A VÁLVULAS MANUALES	2	30	X				X			X		X	
		ELECT	MTTO. A CONTACTORES,	2	20	X				X			X		X	
		ELECT	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	2	10	X				X			X		X	
		ELECT	PROBAR EQUIPO EN VACÍO Y CON CARGA	2	10	X				X			X		X	
		MEC	MTTO. GENERAL A BOMBA	2	480		X									
5	COMPRESORA TUBOS	ELECT	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10			X						X		
		ELECT	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10			X						X		
		ELECT	MTTO. Y AJUSTE DE CONEXIONES	2	60			X						X		
		ELECT	LIMPIAR Y AJUSTAR TARJETAS ELRONICAS	2	60			X						X		
		ELECT	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	2	10			X						X		
		ELECT	PROBAR EQUIPO EN VACÍO Y CON CARGA	2	10			X						X		
6	SISTEMA CORTE	MEC	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10			X						X		
		MEC	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10			X						X		

TPM en Acción
Eficiencia Total en la Industria del Acero

		MEC	REAJUSTAR GUIAS VERTICALES DE BRONCE	2	60			X					X			
		MEC	REAJUSTAR PERNOS DE GUIAS VERTICALES	2	60			X					X			
		MEC	CAMBIAR BOCINAS DE BIELA	2	480			X					X			
		MEC	REAJUSTAR PERNOS DE BIELA	2	60			X					X			
		MEC	VERIFICAR HOLGURA ENTRE BOCINA	2	60			X					X			
		MEC	CALIBRAR DISCO DE FRICCION DE FRENO	2	120			X					X			
		MEC	LIMPIAR FERRODOS DE FRENO Y EMBRAGUE	2	120			X					X			
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE CAJA DE CORTE	2	240			X					X			
		MEC	MTTO Y/O CAMBIO DE ROTARY	2	120			X					X			
		ELECT	REVISAR Y REALIZAR MTTO. A CONTACTOS	2	60			X					X			
		ELECT	MTTO. DE ELROVÁLVULAS	2	60			X					X			
		ELECT	MTTO.A TABLERO DE MANDO DE CORTADORA	2	60			X					X			
		ELECT	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	2	10			X					X			
		ELECT	PROBAR EQUIPO EN VACÍO Y CON CARGA	2	10			X					X			
7	UNCOILLER TUBERAS	MEC	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10		X				X			X		
		MEC	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10		X				X			X		
		MEC	MTTO. Y REVISIÓN DE REGULADORES	2	120		X				X			X		
		MEC	REVISIÓN Y MTTO. DE SISTEMA DE FRENADO	2	120		X				X			X		
		MEC	MTTO. A VÁLVULAS DE UNCOILLER	2	120		X				X			X		
		MEC	MTTO. A ELROVÁLVULAS DE UNCOILLER	2	60		X				X			X		
		MEC	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	2	10		X				X			X		
		MEC	PROBAR EQUIPO EN VACÍO Y CON CARGA	2	10		X				X			X		
8	CAJAS TRANSMISIÓN FORMING	MEC	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10		X				X			X		
		MEC	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10		X				X			X		
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE SPROKES Y CADENAS	2	120		X				X			X		
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE EJES INFERIORES	2	240		X				X			X		
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE EJES SUPERIORES	2	240		X				X			X		
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE ACCESORIOS DE TREN	2	360		X				X			X		
		MEC	CAMBIAR RETENES DE CAJAS DE TRANSMISIÓN	2	240		X				X			X		
		MEC	CAMBIAR RODAMIENTOS Y BOCINAS	2	240		X				X			X		
		MEC	CAMBIAR RODAMIENTOS Y BOCINAS BOCAMAZA	2	240		X				X			X		
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE CHUMACERAS	2	180		X				X			X		
		MEC	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	2	10		X				X			X		
		MEC	PROBAR EQUIPO EN VACÍO Y CON CARGA	2	10		X				X			X		
9	CAJAS TRANSMISIÓN	MEC	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10		X				X			X		

TPM en Acción
Eficiencia Total en la Industria del Acero

	SEIZING	MEC	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10		X				X				X		
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE SPROKES Y CADENAS	2	120		X				X				X		
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE EJES INFERIORES	2	240		X				X				X		
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE EJES SUPERIORES	2	240		X				X				X		
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE ACCESORIOS DE TREN	2	360		X				X				X		
		MEC	CAMBIAR RETENES DE CAJAS DE TRANSMISIÓN	2	240		X				X				X		
		MEC	CAMBIAR RODAMIENTOS Y BOCINAS	2	240		X				X				X		
		MEC	CAMBIAR RODAMIENTOS Y BOCINAS BOCAMAZA	2	240		X				X				X		
		MEC	MTTO. Y/O CAMBIO DE CHUMACERAS	2	180		X				X				X		
		MEC	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	2	10		X				X				X		
		MEC	PROBAR EQUIPO EN VACÍO Y CON CARGA	2	10		X				X				X		
10	SIST. HIDRÁULICO TUBERAS	MEC	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10					X					X		
		MEC	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10					X					X		
		MEC	CAMBIAR FILTROS DE TANQUE	2	120					X					X		
		MEC	MTTO. A VÁLVULAS REGULADORAS DE CAUDAL	2	180					X					X		
		MEC	MTTO. A CILINDROS Y/O CAMBIO DE SELLOS	2	240					X					X		
		MEC	MTTO. A ELECTROVÁLVULAS	2	120					X					X		
		MEC	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	2	10					X					X		
		MEC	PROBAR EQUIPO EN VACÍO Y CON CARGA	2	10					X					X		
11	INTERCAMBIADORES DE CALOR	MEC	REALIZAR ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS	2	10					X					X		
		MEC	BLOQUEAR ENERGÍAS PELIGROSAS	2	10					X					X		
		MEC	DESMONTAR INTERCAMBIADOR DE CALOR	2	120					X					X		
		MEC	DESMONTAR INTERCAMBIADOR	2	120					X					X		
		MEC	LIMPIAR PLACAS DE INTERCAMBIADOR	2	480					X					X		
		MEC	LIMPIAR PLACAS DE INTERCAMBIADOR CALOR	2	480					X					X		
		MEC	REALIZAR ARMADO Y MONTAJE	2	240					X					X		
		MEC	REALIZAR MONTAJE DE INTERCAMBIADOR CALOR	2	240					X					X		
		MEC	RETIRAR DISPOSITIVOS DE BLOQUEO	2	10					X					X		
		MEC	PROBAR EQUIPO EN VACÍO Y CON CARGA	2	10					X					X		
12	TECLE ELÉCTRICO TUBOS	ELECT	REVISIÓN DE TEMPERATURA DE MOTOR	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE ESTADO DE CABLES DE TECLE	1	5	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE ESTADO DE BOTONERA DE MANDO	1	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE Tensión ENTRE FASES	1	10	X		X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE AISLAMIENTO DE MOTOR	1	15	X		X		X		X		X		X	

TPM en Acción
Eficiencia Total en la Industria del Acero

		ELECT	VERIFICACIÓN SENSORIAL DE VIBRACIÓN	1	10	X		X		X		X		X	
13	OSCILADOR THERMATOOL	ELECT	MEDIR CONTINUIDAD FLOW SWICHT	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	MEDIR CONTINUIDAD SWICHT TÉRMICO	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	MEDIR CONTINUIDAD SWICHT TÉRMICO KLIXON	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	MEDIR CONTINUIDAD FLOW SWICHT 3/4	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISAR CONDUCTIVIDAD DEL AGUA	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR POTENCIAL HIDROGENO	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR PPM DEL AGUA DESTILADA	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISAR FUGAS DE AGUA DESTILADA	1	10	X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR CORROSIÓN CONECTORES	1	10	X		X		X		X		X	
		ELECT	VERIFICAR TEMPERATURA DEL AGUA	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	TEMPERATURA DE MANGUERAS NO CONDUCTIVAS	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN ESTADO DE MANGUERAS	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE FUGAS DE AGUA DESTILADA	1	10	X		X		X		X		X	
		ELECT	LIMPIAR Y SECAR LA CABINA	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	REAJUSTE DE ESPIRAS DE BOBINA DE CHOQUE	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	SEPARACIÓN ENTRE PLACAS 1/2"	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	MEDIR CAPACITANCIA, 20 O 25 UF	1	10	X		X		X		X		X	
		ELECT	MEDIR AISLAMIENTO DE TRANSFORMADOR	1	10	X		X		X		X		X	
		ELECT	MEDIR VALOR NOMINAL DE RESISTENCIA	1	10	X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE ESTADO DE CABLES.	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	REAJUSTE DE CONEXIONES ELÉCTRICAS	1	10	X		X		X		X		X	
		ELECT	AJUSTE DE CONEXIÓN DE BOBINA DE SOLDADO	1	15	X		X		X		X		X	
		ELECT	LIMPIEZA DE BOBINA DE SOLDADO	1	10	X		X		X		X		X	
		ELECT	LIMPIEZA DE CABINA OSCILADORA	1	10	X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN VOLTAJE DE FILAMENTO	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE CORRIENTE DE GRILLA	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE Tensión DE PLACA < 13 KV.	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE FLUJO DE REFRIGERANTE	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE ESTADO DE BOBINA	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE PRESIÓN DE REFRIGERANTE	1	5	X		X		X		X		X	
		ELECT	REVISIÓN DE FLUJO DE REFRIGERANTE	1	5	X		X		X		X		X	
14	FUENTE PODER THERMATOOL	ELECT	REVISIÓN DE OHMIAJE DE CADA BLOQUE	1	15		X		X		X		X		X
		ELECT	AJUSTAR CONEXIONES DE BLOQUE	1	15		X		X		X		X		X

TPM en Acción
Eficiencia Total en la Industria del Acero

		ELECT	REVISAR TEMPERATURA DE TIRISTORES	1	5		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISAR DESFASE ENTRE TIRISTORES	1	10		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISAR AISLAMIENTO DE TIRISTORES	1	20		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISAR RESISTENCIA KÁTODO-GATE TIRISTOR	1	15		X		X		X		X		X
		ELECT	REVISAR AISLAMIENTO RESPECTO A TIERRA	1	15		X		X		X		X		X
		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 TRAFÓ < 40° C	1	5		X		X		X		X		X
		ELECT	LIMPIEZA DE HOLLÍN DE TRAFÓ 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
		ELECT	VERIFICAR ESTADO DE CABEZAL DE IMPRESIÓN	1	10		X		X		X		X		X
		ELECT	VERIFICAR ESTADO DE CABLES DE ENTRADA	1	5		X		X		X		X		X
		ELECT	LIMPIEZA GENERAL DE IMPRESORA	1	120			X					X		
		ELECT	CAMBIO DE FILTROS DE TINTA,	1	240			X					X		
17	ROTARY SWICHT CORTADORA TUBOS	ELECT	CALIBRACIÓN DE CHORRO,	1	60			X					X		
		ELECT	REAJUSTE DE CONTACTOS	1	5		X		X		X		X		X
		ELECT	INSPECCIONAR CONTACTOS	1	5		X		X		X		X		X
18	TECLE DE TUBOS	ELECT	REGULAR RESPECTO AL PRODUCTO	1	10		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE CADENA DE SISTEMA	1	5		X		X		X		X		X

TPM en Acción
Eficiencia Total en la Industria del Acero

		MEC	VERIFICAR FRENO DE TECLE	1	5		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO DE ELEVACIÓN	1	5		X		X		X		X		X
19	MOTOR ARRASTRE TUBOS	MEC	VERIFICAR T° RODAMIENTO POSTERIOR	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR T° RODAMIENTO LADO POLEA	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR DEFORMACIÓN Y DESGASTE	1	10	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR DEFORMACIÓN Y DESGASTE	1	10	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR TENSADO DE FAJA DE ARRASTRE	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR T° DE SOPORTES DE PIES	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	REAJUSTAR PERNOS DE FIJACIÓN	1	10	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR DESGASTE DE EJE DE TRANSMISIÓN	1	10	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR DESGASTES DE ACOPLES	1	18		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR SENSORIAL DE VIBRACIONES	1	18		X		X		X		X		X
20	CAJAS TRANSMISIÓN TUBOS	MEC	VERIFICAR DESGASTE DE ROSCA Y JUEGO	1	18		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR DESGASTE DE TAPA Y JUEGO	1	18		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR T° DE RODAMIENTOS DE EJE	1	12		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR T° DE RODAMIENTOS DE EJE	1	12		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR DESGASTE DE PIÑONES Y CORONA	1	18		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR DESGASTE DE PINES LOCOS	1	18		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR FUGAS DE ACEITE DE TAPAS	1	18		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR DESGASTE DE LIRAS	1	18		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR GIRO DE RODAMIENTO DE LIRA	1	18		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR DESGASTE DE REGULADOR ALTURA	1	5	X		X		X		X		X	
21	SISTEMA SOLDADO TUBOS	MEC	VERIFICAR ESTADO DE PORTA RODILLO	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR DESGASTE DE REGULADOR ALTURA	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE BASE PORTA RODILLO	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE PORTA RODILLO	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE PORTA RODILLOS	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR T° DE RODAMIENTO POSTERIOR	1	5		X		X		X		X		X
22	BOMBAS DE AGUA TUBOS	MEC	VERIFICAR T° DE RODAMIENTO LADO SELLO	1	5		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR FUGAS EN ZONA DE SELLO	1	5		X		X		X		X		X
		MEC	REVISAR Y REALIZAR LIMPIEZA A VÁLVULA	1	5		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR FUGAS EN LAS TUBERÍAS	1	5		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE SOPORTE DE SENSOR	1	5	X		X		X		X		X	
23	SISTEMA DESCARGA TUBOS	MEC	VERIFICAR PRESIÓN PROMEDIO DE 3.5 BAR	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICACIÓN DE ESTADO DE CILINDRO	1	5	X		X		X		X		X	

TPM en Acción
Eficiencia Total en la Industria del Acero

24	SISTEMA HIDRÁULICO CORTE TUBO	MEC	VERIFICAR ESTADO DE PALETAS BOTADORAS	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE UNIDAD NEUMÁTICA	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR T° DE RODAMIENTO POSTERIOR	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE CONEXIONES	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR T° DE INTERCAMBIADOR DE CALOR	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR T° DE VÁLVULAS HIDRÁULICAS	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE CONEXIONES	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR T° DE MANGUERAS Y CONECTORES	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR FUGAS EN MANGUERAS	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE CILINDRO HIDRÁULICO	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE CILINDROS	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE CILINDRO HIDRÁULICO	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE SELLOS DE VÁSTAGO	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE SELLOS DE ÉMBOLO	1	20	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE VÁSTAGO	1	5	X		X		X		X		X	
25	ESTRUCTURA CARRO CORTE TUBO	MEC	VERIFICAR T° DE RODAMIENTO DE MOTOR	1	5		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR T° DE RODAMIENTO DE MOTOR	1	5		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR DESGASTE DE CANAL POLEA	1	5		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE ESTRUCTURA DE TODA	1	10		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR JUEGO DE RODADURA DE SOPORTES	1	5		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR TENSADO DE FAJA DE ARRASTRE	1	5		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE FAJAS TIPO "V" A-50	1	5		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR DESGASTE DE CANAL POLEA	1	5		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR T° DE RODAMIENTOS LADO POLEA	1	5		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR T° DE RODAMIENTOS LADO DISCO	1	5		X		X		X		X		X
		MEC	VERIFICAR VIBRACIÓN DE TAMBOR	1	5		X		X		X		X		X
26	COILCAR	MEC	VERIFICAR ESTADO DE VÁLVULAS DE CONTROL	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR FUGAS EN MANGUERAS	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE CILINDRO HIDRÁULICO	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR CADENAS DE TRANSMISIÓN	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE MOTOR HIDRÁULICO	1	5	X		X		X		X		X	
27	TORRE ENFRIAMIENTO TUBOS	MEC	VERIFICAR FUGAS EN SELLO MECÁNICO	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ACOPLAMIENTOS	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE VÁLVULA DE NIVEL	1	5	X		X		X		X		X	
		MEC	VERIFICAR ESTADO DE VÁLVULAS DE CONTROL	1	5	X		X		X		X		X	

		MEC	VERIFICAR ESTADO DE VÁLVULA REGULADORA	1	5	X		X		X		X		X		X	
--	--	-----	--	---	---	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--

TABLA 14.- Programa del Mantenimiento Anual Planificado

PASO 10: ADMINISTRACIÓN TEMPRANA DE EQUIPOS

En la administración temprana de equipos lo que se buscará es identificar aquellos equipos que son más críticos.

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

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

TABLA 15.- Listado de equipos críticos

PASO 11: PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO Y CAPACITACIÓN EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Después de analizar la realidad de la organización, se propondrá como base de trabajo para las capacitaciones la siguiente Matriz.

HABILIDADES / CONOCIMIENTOS

PERFIL		OPERACIÓN		MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE SOPORTE Y ORIENTACIÓN
		OPERACIÓN ESPECIALIZADA		MEC / ELEC	ESPECIALIZACIÓN	
		Potencial para aprender Voluntad para Aprender Trabajo en Equipo		Iniciativa Comprometidos 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				
						Operadores
		Especialización Conforme a la Función + Tareas Críticas				
		(Estándares de Operación, Estándares de Rutina, Calidad Total en el trabajo				

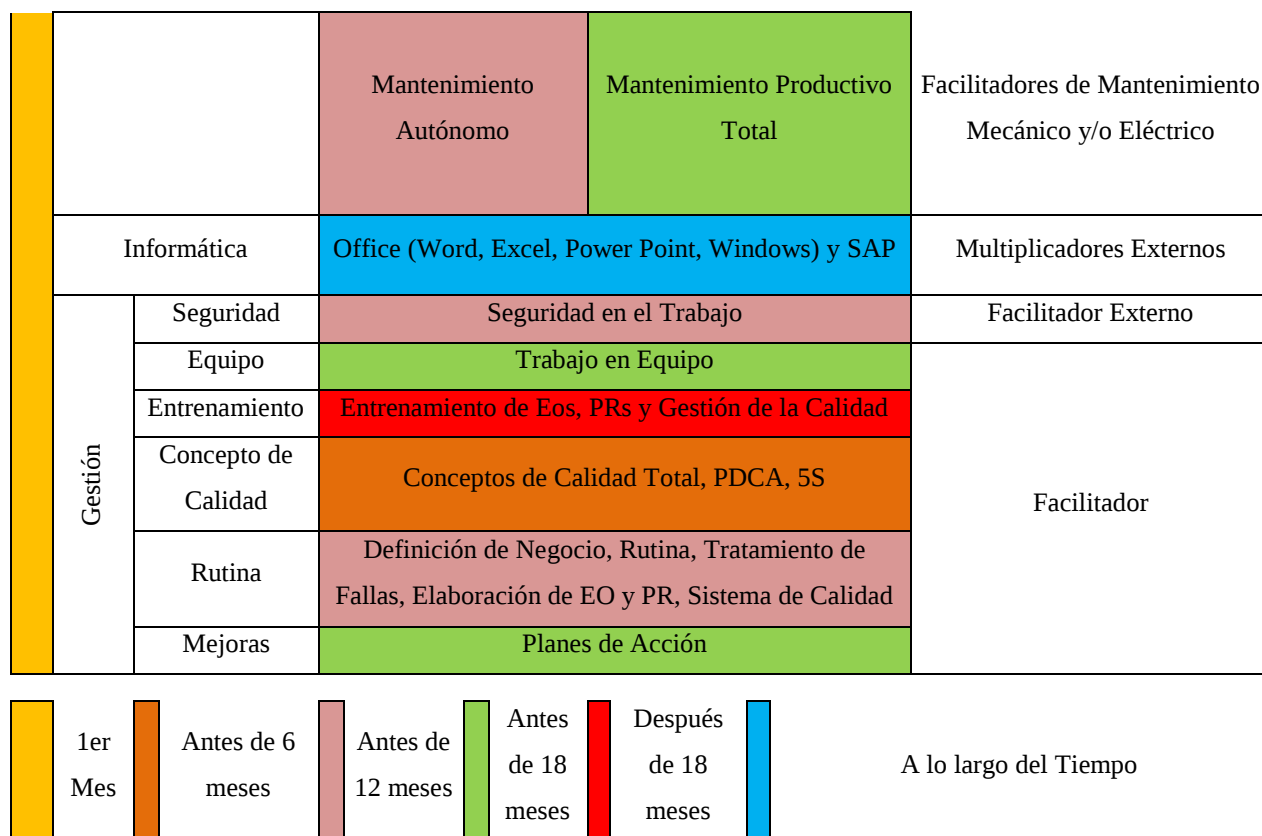


FIGURA 76. Entrenamiento y Capacitaciones

PASO 12: IMPLANTACIÓN PLENA DEL TPM Y ESTABLECER METAS ELEVADAS.

- En este punto se tiene que perfeccionar la implantación del TPM y fijar metas futuras aún más elevadas.
- En este punto se puede evaluar participar en un premio que no es un fin en sí, sino la reafirmación de la continuidad de la mejora.
- Los resultados se verán en el Capítulo IV.

CAPÍTULO III. METODOLOGIA

El diseño metodológico constituye la **columna vertebral de toda investigación aplicada**, ya que define el camino lógico, estructurado y sistemático que se seguirá para alcanzar los objetivos planteados y contrastar la hipótesis formulada. En el presente capítulo se exponen los enfoques, métodos, técnicas e instrumentos utilizados para recolectar, analizar e interpretar la información necesaria para evaluar la viabilidad y el impacto de implementar el **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** en la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU*.

La metodología adoptada responde a la naturaleza práctica de la investigación, la cual se sitúa en un entorno industrial real que requiere soluciones concretas, medibles y sostenibles. Por ello, se ha optado por un enfoque **cuantitativo con elementos cualitativos de apoyo**, que permite observar el fenómeno desde una perspectiva integral, recogiendo tanto datos operativos como percepciones de los actores involucrados en el proceso.

Este capítulo abordará aspectos clave como el **tipo de investigación**, su **alcance**, el **diseño del estudio**, así como la **población y muestra** involucradas. También se detallará la **técnica de recolección de datos** aplicada, los **instrumentos validados** utilizados para la medición, y el **proceso de análisis estadístico** empleado para interpretar los resultados.

En suma, la metodología aquí expuesta no solo busca garantizar la **rigurosidad científica** del estudio, sino también asegurar que las conclusiones y propuestas que se derivan de este trabajo estén debidamente fundamentadas en la realidad de la planta y sean aplicables en su contexto operativo específico.

3.1. Relación entre las variables de la investigación

Toda investigación de carácter aplicado requiere identificar con claridad las **variables principales** que intervienen en el fenómeno estudiado, así como las **relaciones causales, correlativas o de influencia** que se plantean entre ellas. En este caso, la investigación busca evaluar el impacto de la **implementación del**

Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el contexto de la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU*, por lo que es necesario establecer las **dimensiones específicas de intervención (variables independientes)** y los **resultados operativos y organizacionales esperados (variables dependientes)**.

La adecuada definición y articulación de estas variables no solo permite delimitar el alcance del estudio, sino también **orientar la recolección de datos, la construcción de indicadores y el análisis de resultados**. A continuación, se presentan las variables de la investigación, agrupadas en función de su rol dentro del modelo de análisis: aquellas que se intervendrán directamente (independientes) y aquellas sobre las que se espera observar cambios o mejoras (dependientes).

Variables Independientes

Las variables independientes son aquellas sobre las que se plantea una intervención directa, con el objetivo de generar mejoras significativas en la gestión del mantenimiento y en la operación general de la planta:

- **A. Plan de Mantenimiento:** Hace referencia al rediseño del sistema de mantenimiento actual bajo los principios del TPM, incluyendo mantenimiento preventivo, correctivo planificado, mantenimiento autónomo y gestión de equipos desde la fase de diseño. Esta variable implica la estandarización de rutinas, cronogramas, roles y seguimiento del desempeño técnico de los activos.
- **B. Automatización de algunos Procesos:** Consiste en la incorporación de dispositivos tecnológicos, sistemas de control y mecanismos automatizados en áreas críticas de la línea de producción. La automatización busca mejorar la precisión, reducir tiempos muertos y minimizar la intervención humana en procesos repetitivos o de alto riesgo.
- **C. Capacitación del Operador:** Involucra la formación técnica y conductual del personal operativo, enfocada en el mantenimiento autónomo, el diagnóstico

de fallas, la mejora continua y el uso eficiente de los equipos. Esta capacitación es clave para empoderar a los operadores como actores activos del sistema TPM.

Variables Dependientes

Las variables dependientes representan los resultados o efectos esperados a partir de la intervención en las variables independientes. Son los indicadores clave mediante los cuales se evaluará el éxito o impacto de la implementación del nuevo modelo de mantenimiento:

- A. Costos Operativos:** Se refiere a la reducción de los costos totales relacionados con mantenimiento, paradas de máquina, pérdidas de materia prima, reprocesos y energía.
- B. Cumplimiento del Programa de Producción:** Evalúa la capacidad de la planta para cumplir con los planes de producción establecidos, en términos de cantidad, tiempo y calidad.
- C. Pérdida Metálica:** Mide la cantidad de materia prima que se desperdicia como resultado de fallas técnicas, paros inesperados o cambios de proceso mal gestionados.
- D. Utilización de Máquina:** Hace referencia al porcentaje efectivo de tiempo en que las máquinas están operativas en comparación con su disponibilidad total planificada. Es un componente directo del OEE.
- E. Satisfacción del Cliente:** Se evalúa mediante indicadores como el cumplimiento de tiempos de entrega, la calidad del producto entregado y la percepción del cliente sobre la confiabilidad de la empresa.
- F. Satisfacción del Personal:** Considera el bienestar, la motivación y el sentido de pertenencia del personal operativo, especialmente en relación con su participación en las actividades de mantenimiento y mejora continua.
- G. Seguridad Industrial:** Mide el nivel de riesgo operativo, la frecuencia de incidentes o accidentes, y el cumplimiento de normativas de seguridad en el entorno de trabajo.

3.2. Tipo de investigación

La metodología adoptada en el presente estudio responde a la complejidad del fenómeno abordado: la implementación de un modelo de **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** en una planta industrial que opera en condiciones de presión comercial, exigencia operativa y urgencia de mejora estructural. Por tanto, se ha optado por integrar múltiples enfoques metodológicos que permitan **analizar, describir, explicar e intervenir** el objeto de estudio de manera completa y coherente.

El propósito central es comprender y transformar una realidad industrial específica —la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU*— mediante una investigación aplicada que articule **teoría y práctica, cuantificación y análisis cualitativo, diagnóstico técnico y gestión estratégica**. En esta línea, se describen a continuación los diversos tipos de investigación considerados en este estudio, junto con su justificación epistemológica y técnica:

Investigación Básica

Se recurre a la investigación básica como fundamento para **explorar y comprender los principios científicos y técnicos que sustentan el comportamiento de los sistemas industriales complejos**. A través de ella, se analizan aspectos esenciales del funcionamiento de la planta, como los principios del mantenimiento industrial, la teoría de la eficiencia operativa, la confiabilidad de los activos, y la estructura de costos fijos y variables en entornos manufactureros. Este enfoque busca **fortalecer el sustento teórico de la propuesta**, asegurando que las soluciones planteadas no se limiten a la intuición empírica, sino que estén fundamentadas en marcos conceptuales rigurosos.

Investigación Fundamental

Complementaria a la investigación básica, la investigación fundamental tiene como objetivo **estructurar el conocimiento existente en torno a la gestión del mantenimiento**, organizando experiencias, teorías, modelos y estudios de caso previamente desarrollados. A través del análisis comparativo de distintas fuentes (tesis,

artículos académicos, informes industriales, normas técnicas), se busca construir una **base de conocimiento sistematizada** que oriente la toma de decisiones en la propuesta de mejora, y que permita establecer relaciones claras entre causas, efectos y contextos de aplicación.

Investigación Cuantitativa

El eje central del estudio descansa en un enfoque cuantitativo, mediante el cual se recolectarán, organizarán y analizarán datos numéricos relacionados con los **indicadores clave de desempeño (KPIs)** de la planta: tiempos de parada, frecuencia de fallas, eficiencia de líneas, pérdidas de materia prima, niveles de satisfacción, entre otros. Este enfoque permite **medir con precisión el impacto de las variables independientes** sobre las dependientes, y aplicar herramientas estadísticas que sustenten la validez de las conclusiones obtenidas. La objetividad, la replicabilidad y la posibilidad de generar inferencias son fortalezas propias de este tipo de investigación.

Investigación Orientada a Conclusiones

Este tipo de investigación busca no solo recopilar datos, sino **interpretarlos en función de objetivos estratégicos**, generando conclusiones prácticas y útiles para la toma de decisiones a nivel gerencial y operativo. Su valor reside en establecer relaciones directas entre los resultados de campo y las decisiones de cambio que deben implementarse. Así, los hallazgos cuantitativos no quedan aislados, sino que son **traducidos en propuestas concretas de mejora**, recomendaciones técnicas y planes de acción.

Investigación Exploratoria

Dado que el entorno de estudio —la planta de tubos— presenta una realidad operativa dinámica, con problemas multifactoriales que no han sido sistematizados en su totalidad, se incluye una fase de investigación exploratoria. Esta permitirá **identificar variables ocultas o no previstas**, conocer percepciones del personal, descubrir patrones de falla no documentados, y establecer conexiones iniciales entre las causas de ineficiencia. Esta etapa es clave para **orientar correctamente el diseño de**

instrumentos, formular hipótesis más precisas, y detectar oportunidades de mejora que inicialmente podrían pasar desapercibidas.

Investigación Descriptiva

Una vez identificados los elementos clave mediante la fase exploratoria, la investigación descriptiva permitirá **caracterizar en detalle la situación actual de la planta** respecto a sus procesos, mantenimiento, eficiencia, clima organizacional y seguridad. Este tipo de investigación responde preguntas como: ¿qué ocurre?, ¿con qué frecuencia?, ¿en qué condiciones? y ¿cuál es la magnitud del problema? Su objetivo es **establecer una línea base** a partir de la cual se puedan comparar los resultados luego de la intervención, y así evaluar la evolución de los indicadores en el tiempo.

Investigación Explicativa o Correlacional

Este enfoque va más allá de la descripción y busca **explicar las relaciones entre las variables** planteadas en el estudio. Se analizará cómo influyen los cambios en el plan de mantenimiento, la automatización y la capacitación del personal (variables independientes) sobre los costos operativos, la eficiencia de producción, la pérdida metálica, la satisfacción laboral y la seguridad industrial (variables dependientes). A través de técnicas de análisis estadístico correlacional, se espera identificar **causalidades directas, asociaciones significativas o patrones de comportamiento** que fundamenten el diseño de estrategias de mejora.

Investigación Técnica

La investigación técnica se enfoca en **resolver problemas concretos de tipo operativo**, mejorando parámetros específicos relacionados con la maquinaria, el flujo de producción y la confiabilidad del sistema. Para ello, se utilizará el **historial técnico de los equipos**, los registros de mantenimiento correctivo y preventivo, y el análisis de tiempos de ciclo, entre otros datos operacionales. Esta perspectiva técnica permitirá hacer recomendaciones específicas como el rediseño de componentes, la programación de mantenimientos predictivos, o la estandarización de velocidades y configuraciones.

Investigación de Campo

Finalmente, este estudio es eminentemente una **investigación de campo**, ya que se lleva a cabo directamente en el entorno real de producción. No se trata de simulaciones ni de laboratorios, sino de **observación y análisis en condiciones operativas reales**, lo que garantiza la **validez ecológica** del estudio. Las condiciones específicas de la planta —su estructura física, dinámica organizacional, cultura laboral y restricciones técnicas— son parte activa del proceso investigativo. Esto permitirá que los resultados obtenidos y las propuestas formuladas sean **altamente aplicables, pertinentes y adaptadas a la realidad concreta** del sistema productivo.

La articulación de estos enfoques metodológicos asegura que la investigación no solo sea **completa y rigurosa**, sino también **pertinente y accionable**. Al combinar lo cuantitativo con lo exploratorio, lo técnico con lo contextual, y lo teórico con lo aplicado, se garantiza una comprensión profunda del problema y una propuesta de solución fundamentada, realista y con alto potencial de implementación en la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU*.

3.3. Diseño de la investigación

El diseño metodológico adoptado en la presente investigación corresponde a un **diseño no experimental de tipo longitudinal de panel**, el cual ha sido seleccionado por su pertinencia en el análisis de fenómenos organizacionales y operativos que se desarrollan en el tiempo y en condiciones naturales.

El **diseño no experimental** implica que las variables objeto de estudio **no serán manipuladas de forma deliberada**, sino que serán observadas y analizadas tal como ocurren en su contexto real, es decir, dentro del entorno de trabajo cotidiano de la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU*. Esta elección se justifica plenamente, ya que no es posible —ni deseable— alterar artificialmente los procesos productivos de una planta en operación constante, con compromisos comerciales vigentes y condiciones técnicas complejas.

Dentro de esta tipología, se ha optado por un diseño **longitudinal de panel**, que permite realizar **observaciones repetidas sobre las mismas unidades de análisis (equipos, procesos, operadores, indicadores) a lo largo de un período determinado**. Este enfoque posibilita **comparar el comportamiento de las variables a través del tiempo**, lo cual resulta esencial para evaluar los efectos de la implementación progresiva del modelo de **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** y otras estrategias complementarias de mejora operativa.

A través de este diseño, se recolectarán datos en diferentes momentos —antes, durante y después de aplicar ciertas acciones de intervención técnica u organizacional— con el fin de **detectar cambios, identificar tendencias, medir impactos y validar hipótesis**. Esta estructura permite no solo describir el estado inicial del sistema, sino también hacer un seguimiento evolutivo que fortalezca la calidad analítica de la investigación.

Además, el enfoque de panel permite **estudiar las variaciones intraunidad** (por ejemplo, cómo mejora el rendimiento de una línea específica tras aplicar TPM) y **comparaciones entre distintas unidades** (como el desempeño de diferentes máquinas o áreas dentro de la planta). Esta capacidad de análisis comparativo y temporal brinda una **visión más integral y dinámica del fenómeno investigado**, en lugar de una fotografía estática.

En resumen, el **diseño no experimental longitudinal de panel** representa una herramienta metodológica robusta para estudiar el impacto de cambios organizativos y técnicos en entornos reales. Su aplicación en este caso permitirá a la investigación **observar, medir y explicar con precisión el comportamiento de las variables clave** —como costos operativos, eficiencia de máquina, pérdida metálica o satisfacción del personal— antes y después de introducir mejoras estructurales en la gestión del mantenimiento.

3.4. Etapas de investigación

El desarrollo de esta investigación ha seguido un proceso metódico, estructurado en cinco etapas secuenciales que permitieron **delimitar el problema, formular la**

propuesta técnica, construir el marco teórico y diseñar los instrumentos de análisis, con el fin de evaluar la viabilidad de implementar el modelo de **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** en la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU*. Cada una de estas etapas se detalla a continuación:

A. Definición del tema, orientación y conceptualización metodológica

(Corresponde a los ítems 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 y 1.5)

En esta primera etapa se procedió a **delimitar el objeto de estudio y contextualizar la problemática principal**, centrada en los **altos costos operacionales de la planta de tubos**. Se identificaron los factores internos que contribuyen a esta situación, tales como las paradas no programadas, las pérdidas metálicas, los tiempos de cambio ineficientes y la baja coordinación entre áreas. Asimismo, se formularon **objetivos tentativos**, se reconocieron las limitaciones del estudio y se definió el enfoque general que orientaría el diseño metodológico.

Esta fase permitió establecer una visión clara del propósito investigativo y sentar las bases para una intervención técnica sustentada.

B. Revisión teórica, planteamiento del problema, hipótesis y variables

(Corresponde a los ítems 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 y 3.1)

Durante esta segunda etapa se desarrolló el **marco conceptual, contextual y referencial** de la investigación. Se revisaron antecedentes nacionales e internacionales sobre la aplicación del TPM y otras herramientas de mejora continua, lo cual permitió justificar teóricamente la propuesta de cambio.

Asimismo, se formuló la **hipótesis de partida** que sostiene que: *“Si se reemplaza el programa de mantenimiento actual por un modelo basado en el Mantenimiento Productivo Total en la planta de fabricación de tubos, se lograría reducir los costos operacionales y recuperar la competitividad internacional.”*

Con base en esta hipótesis, se definieron las **variables independientes** (plan de mantenimiento, automatización de procesos y capacitación del personal) y las **variables**

dependientes (costos operativos, cumplimiento del programa de producción, pérdida metálica, utilización de máquina, satisfacción del cliente, satisfacción del personal y seguridad industrial), las cuales guiarán el análisis de impacto de la propuesta.

C. Diseño del experimento: Identificación de indicadores y control de variables

(Corresponde al ítem 3.2)

Esta etapa consistió en el diseño metodológico para **medir y observar el comportamiento de las variables en estudio**. Aunque el enfoque es no experimental, se definieron los indicadores clave que permitirán hacer seguimiento al sistema antes y después de las acciones de mejora, tanto para las variables técnicas (como la eficiencia de equipos o la pérdida de materia prima), como para las organizacionales (como la satisfacción del personal o la seguridad en planta).

Esta fase es esencial para **establecer parámetros de comparación objetiva** y validar los efectos del modelo TPM en un entorno industrial real.

D. Diseño y validación de instrumentos de medición

(Corresponde a los ítems 3.7 y 3.8)

En esta cuarta etapa se desarrollaron y seleccionaron los **instrumentos necesarios para recolectar datos válidos y confiables**. Se diseñaron formatos de observación, encuestas, entrevistas técnicas, checklists de mantenimiento y registros de indicadores operacionales. Estos instrumentos permitirán **monitorear la evolución de los procesos productivos y de gestión en función de los cambios implementados**.

Asimismo, se evaluó la **pertinencia y claridad de los instrumentos**, buscando que fueran comprensibles, útiles y adecuados al contexto real de trabajo, tanto para operarios como para supervisores técnicos.

E. Selección del objeto de estudio, muestra y unidades de análisis

(Corresponde al ítem 3.6)

Finalmente, se definió la **unidad de análisis principal de la investigación**, que corresponde a la **planta de tubos de Industria Siderúrgica – GERDAU**. Esta unidad está conformada por **seis máquinas tuberas**, distribuidas en diferentes líneas de producción. Cada máquina representa un nodo clave dentro del sistema productivo, por lo que su análisis individual y comparativo permitirá comprender cómo se manifiestan las variables en distintas condiciones de operación.

Esta etapa permitió delimitar claramente la muestra, los actores involucrados, los procesos críticos a observar y los criterios de selección de los datos a recolectar.

El desarrollo ordenado de estas cinco etapas ha permitido construir una metodología **rigurosa, coherente y adecuada al contexto industrial del estudio**. Esta estructura asegura que la propuesta de implementación del TPM esté debidamente respaldada por un proceso investigativo técnico, validado y con capacidad de generar resultados reales, medibles y sostenibles en el tiempo.

3.5. Metódica en cada momento de la investigación

Uno de los desafíos más complejos en las investigaciones aplicadas al entorno industrial es la **medición precisa del impacto de la formación y el adiestramiento del personal operativo**, particularmente cuando estos procesos apuntan a producir **cambios conductuales sostenibles y medibles**. En el marco de la presente investigación, que propone la implementación del **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** como estrategia para mejorar los resultados operativos de la planta de tubos, se reconoce que el perfil formativo del operario —compuesto por actitudes, habilidades técnicas y conocimientos funcionales— es un elemento clave del éxito del modelo.

La **metódica aplicada en cada momento del proceso investigativo** ha estado orientada a identificar, promover y observar estos cambios formativos, asumiendo que una mejora real en la productividad solo puede consolidarse si está acompañada de una

evolución en la conducta, las capacidades y la cultura laboral del personal involucrado.

Por tanto, a lo largo de la investigación se han diseñado y utilizado una serie de **herramientas metodológicas para observar, medir y analizar los efectos de la formación continua** en los colectivos laborales. Estas herramientas, compatibles con la filosofía del TPM, se basan en un enfoque de **gestión participativa, liderazgo horizontal y mejora continua**, donde el operario ya no es un ejecutor aislado, sino un actor activo y corresponsable del desempeño global de la planta.

La lógica metodológica seguida integra elementos **cuantitativos y cualitativos**, y se articula con los indicadores definidos en el ítem **2.4 (Variables de la Investigación)**, que permiten traducir en resultados observables los progresos alcanzados mediante la capacitación y el entrenamiento en el nuevo modelo de mantenimiento.

Criterios de observación y medición de impacto formativo:

- **Cambios en la conducta operativa:** Se evalúa si los trabajadores capacitados adoptan comportamientos nuevos o mejorados en cuanto al uso de equipos, prevención de fallas, detección de anomalías y ejecución de tareas autónomas de mantenimiento.
- **Incremento en el dominio técnico:** Se observan mejoras en el manejo de herramientas, aplicación de procedimientos, tiempo de reacción ante fallas y capacidad de resolver problemas con menor dependencia del personal especializado.
- **Actitudes proactivas y participación en la mejora continua:** Se analizan elementos cualitativos como la disposición al cambio, el compromiso con los objetivos de la planta, la iniciativa personal y la integración en equipos de mejora TPM.
- **Transferencia de conocimientos entre pares:** Se promueve y evalúa si los trabajadores formados replican los conocimientos adquiridos entre

sus compañeros de turno, lo que evidencia una apropiación activa del aprendizaje.

Instrumentos de seguimiento utilizados:

- **Listas de chequeo de competencias técnicas y actitudinales**
- **Encuestas de autoevaluación y evaluación por supervisores**
- **Observaciones directas en campo con fichas de valoración**
- **Indicadores cuantificables del desempeño post-formación**
- **Análisis comparativo antes y después de la capacitación**

La aplicación de estas herramientas permite **establecer relaciones directas entre la formación recibida y los resultados observables** en aspectos como reducción de pérdidas metálicas, cumplimiento del programa de producción, mejor aprovechamiento de las máquinas, e incremento de la satisfacción laboral y del cliente interno.

Esta metódica —profundamente articulada con la filosofía del TPM— no busca solamente medir mejoras técnicas, sino validar que la implementación del modelo genere **una transformación organizacional sustentada en el desarrollo del talento humano**. Es decir, no basta con que el mantenimiento mejore: debe mejorar porque las personas **piensan, deciden, y actúan mejor dentro del sistema**.

En síntesis, la mejor evidencia de que el proceso formativo ha sido exitoso en el contexto del proyecto TPM será la **optimización real de la organización**, visible a través de indicadores medibles, conductas observables y resultados concretos en la operación diaria de la planta.

3.6. Operacionalización de variables

La operacionalización de variables constituye un paso clave en todo proceso de investigación cuantitativa, ya que **permite traducir conceptos abstractos en**

indicadores concretos y medibles, facilitando su seguimiento, análisis y evaluación. En el marco de esta investigación —centrada en la implementación del **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** en la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU*—, se ha procedido a definir con claridad los indicadores de gestión que se utilizarán para medir tanto las **variables independientes** (intervenciones propuestas) como las **variables dependientes** (resultados esperados).

Cada variable ha sido desagregada en **indicadores específicos**, asociados a unidades de medida, frecuencia de recolección y herramientas de seguimiento, lo que garantizará una observación sistemática, objetiva y útil para la toma de decisiones estratégicas y operativas.

Variables Independientes

1. Plan de Mantenimiento

- **Indicador:** Cantidad de paradas no programadas por mes.
- **Unidad de medida:** Número de eventos de parada / mes.
- **Objetivo:** Evaluar la eficacia del nuevo sistema de mantenimiento al reducir la ocurrencia de fallas imprevistas.

2. Automatización de Procesos

- **Indicador:** Inversión en automatización respecto al retorno de operación.
- **Fórmula:** $\$ \text{ Invertido en automatización} / \text{Tiempo estimado de reinversión (ROI)}$.
- **Objetivo:** Determinar el impacto financiero y operativo de los procesos automatizados en la mejora de eficiencia.

3. Capacitación del Personal Operativo

- **Indicador:** Relación entre paradas no programadas y horas de capacitación técnica impartidas.
- **Fórmula:** Número de paradas / Total de horas de formación técnica por área o máquina.
- **Objetivo:** Medir cómo la formación técnica incide en la reducción de fallas y mejora en la gestión autónoma del mantenimiento.

Variables Dependientes

1. Costos Operativos

- **Indicador:** Costos de operación mensuales normalizados por tonelada producida.
- **Fórmula:** \$ de costos totales / Toneladas producidas.
- **Objetivo:** Identificar la evolución y optimización del gasto operativo a lo largo del tiempo.

2. Cumplimiento del Programa de Producción

- **Indicador:** Tonelaje programado vs tonelaje producido.
- **Fórmula:** % de cumplimiento = $(\text{Producción real} / \text{Producción programada}) \times 100$.
- **Objetivo:** Medir el grado de cumplimiento de metas productivas como reflejo de estabilidad operativa.

3. Pérdida Metálica

- **Indicador:** Kilogramos de materia prima perdida por tonelada producida.

- **Fórmula:** Kg de chatarra / Ton producida.
- **Objetivo:** Determinar el impacto de paradas y fallas en el aprovechamiento de insumos.

4. Utilización de Máquina

- **Indicador:** Horas programadas vs horas efectivamente trabajadas.
- **Fórmula:** % de utilización = $(\text{Horas trabajadas} / \text{Horas programadas}) \times 100$.
- **Objetivo:** Evaluar la eficiencia de uso de los activos disponibles.

5. Satisfacción del Cliente

- **Indicador:** Nivel de satisfacción en relación a la calidad del producto.
- **Método de medición:** Encuesta de percepción aplicada post-entrega (escala Likert).
- **Objetivo:** Relacionar mejoras en producción y mantenimiento con percepción externa de calidad.

6. Satisfacción del Personal Operativo

- **Indicador:** Nivel de satisfacción frente a la implementación del nuevo modelo de mantenimiento.
- **Método de medición:** Encuesta 360° interna aplicada a operarios y supervisores.
- **Objetivo:** Evaluar el impacto cultural y motivacional del cambio de sistema de gestión técnica.

7. Seguridad Industrial

- **Indicador:** Número de horas trabajadas sin accidentes reportados.

- **Unidad de medida:** Horas acumuladas / incidente.
- **Objetivo:** Determinar el nivel de seguridad alcanzado con base en la mejora de procedimientos y condiciones operativas.

La operacionalización de estas variables permitirá no solo **monitorear el avance del proyecto TPM**, sino también **validar empíricamente los efectos de su implementación**. Cada indicador está orientado a capturar datos clave que reflejen cambios reales en el sistema de producción, en el comportamiento organizacional, y en los resultados técnicos y económicos de la planta. Este esquema facilitará una evaluación integral, objetiva y trazable del impacto del nuevo modelo de mantenimiento.

3.7. Población y muestra

El presente estudio se fundamenta en un diseño metodológico aplicado al entorno real de producción de la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU*. Por ello, la definición precisa de la población y la muestra resulta esencial para garantizar la representatividad de los datos recolectados y la validez de los análisis posteriores. A continuación, se describen ambos componentes en detalle.

3.7.1 Población

La **población objetivo** de esta investigación está constituida por el total de **colaboradores que laboran directamente en la planta de tubos**, incluyendo tanto al personal operativo como a los equipos de soporte técnico y de supervisión. Esta planta está organizada en dos grandes grupos de máquinas, según su configuración técnica y tipo de proceso:

- **Máquinas Frías:**
 - M2, TMC y M2.5, que procesan tubos con **espesores delgados** entre 0.6 mm y 2 mm.
- **Máquinas Calientes:**

- **YODER FERRUM, SHULTER FERRUM y W35**, que trabajan con **espesores mayores, entre 2 mm y 4 mm.**

El universo total de personas que interactúan regularmente con estos equipos y que constituyen la población del estudio asciende a **82 trabajadores**, distribuidos de la siguiente manera:

- **60 operarios** de línea de producción directa.
- **6 técnicos de pre-montaje.**
- **5 técnicos de mantenimiento mecánico.**
- **5 técnicos de mantenimiento eléctrico.**
- **3 supervisores de planta.**
- **3 inspectores de calidad.**

Estos trabajadores operan en un esquema de **tres turnos rotativos**, lo cual permite un funcionamiento continuo de la planta. La heterogeneidad de funciones y responsabilidades en esta población permite obtener una visión integral del funcionamiento técnico, organizacional y humano de la planta, esencial para el análisis de los efectos de la implementación del modelo TPM.

3.7.2 Muestra

La muestra está constituida por las **seis máquinas tuberías activas** en la planta, seleccionadas intencionalmente debido a su **carácter representativo del proceso productivo total** y a la necesidad de analizar en detalle la gestión de mantenimiento aplicada a cada tipo de tecnología.

Estas máquinas son:

- **Máquinas Frías:**

- **M2, TMC y M2.5**, especializadas en la fabricación de tubos de **espesor delgado (0.6 mm – 2 mm)**, típicamente utilizados en aplicaciones de menor resistencia estructural pero de alta precisión.
- **Máquinas Calientes:**
 - **YODER FERRUM, SHULTER FERRUM y W35**, diseñadas para trabajar con **materiales de mayor espesor (2 mm – 4 mm)**, destinados a usos estructurales o industriales más exigentes.

La **selección intencionada de la muestra** se justifica por la necesidad de analizar de forma diferenciada los impactos del mantenimiento según el tipo de máquina, el tipo de espesor trabajado, y el tipo de carga operativa asociada. Además, se busca identificar posibles diferencias en las variables dependientes (costos, tiempos, fallas, satisfacción) según el tipo de máquina, lo que permitirá formular recomendaciones técnicas más específicas y eficaces.

La población y muestra delimitadas para este estudio permiten observar el comportamiento técnico y humano del sistema productivo desde una perspectiva integral. Al abarcar distintos tipos de maquinaria, niveles de operación y especialidades técnicas, se asegura la **validez interna** y la **pertinencia externa** de los hallazgos obtenidos a lo largo de la investigación, en un contexto industrial real y con alto potencial de replicabilidad.

3.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En todo proceso de investigación aplicada, la recolección de datos constituye una fase crítica que **permite contrastar empíricamente las hipótesis planteadas** y observar con precisión el comportamiento de las variables definidas. Para la presente investigación —centrada en la optimización del mantenimiento industrial mediante la implementación del modelo TPM—, se ha optado por métodos que se ajustan al contexto real de operación de la planta de tubos, garantizando **acceso, relevancia y representatividad**.

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

TABLA 16. Investigación de campo

INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

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

TABLA 17.- Investigación documental

3.9. Procedimientos de recolección de datos

La efectividad de una investigación aplicada como la presente —orientada a la optimización del mantenimiento industrial mediante la implementación del modelo TPM— depende en gran medida de la **precisión, confiabilidad y trazabilidad de los datos recolectados**. En este sentido, se ha establecido un conjunto de **procedimientos sistematizados** para la obtención de la información requerida, asegurando su

pertinencia respecto a las variables definidas y su adecuación a las dinámicas reales de la planta.

Los procedimientos de recolección de datos combinarán fuentes **documentales internas, registros automatizados, instrumentos de campo y estrategias de consulta directa al personal operativo**, con el fin de **triangular la información** y reforzar la validez de los resultados.

A continuación, se detallan los principales procedimientos considerados:

1. Sistema de Costos – ERP Industrial

Se utilizará el sistema informático de gestión de costos implementado en la empresa, que registra de manera automatizada y actualizada los **gastos operativos, consumo de materiales, horas-hombre, energía y repuestos utilizados**. Este sistema constituye una **fuentes primaria de información cuantitativa confiable**, desde la cual se extraerán los datos relativos al comportamiento financiero y operativo de la planta de tubos, permitiendo calcular indicadores clave como **costos por tonelada producida (\$/Ton)**.

2. Cuaderno de Incidencias de Operación

Se revisarán los registros escritos manualmente por los **operadores principales de cada turno**, en los que se documentan las **incidencias operativas, fallas de equipos, anomalías recurrentes, cambios de línea y condiciones imprevistas**. Este cuaderno ofrece una valiosa fuente cualitativa y cronológica para identificar **patrones de fallas y eventos críticos**, y servirá como insumo para establecer relaciones entre **problemas registrados y paradas no programadas**.

3. Sistema de Producción y Registro de Paradas

Este software especializado recopila de manera diaria la **información de producción efectiva**, así como los **motivos, duración y frecuencia de las paradas de máquina**. La información es ingresada por los supervisores de turno, y permite generar reportes detallados por línea, máquina, o jornada. A través de este sistema se realizará el

análisis comparativo entre **producción programada y producción real**, así como el cálculo de **indicadores de disponibilidad, eficiencia y rendimiento**.

4. Entrevistas a Colaboradores de Planta

Se aplicarán entrevistas semiestructuradas al **personal operativo, técnico y de supervisión**, con el propósito de **recopilar información subjetiva, percepciones y experiencias** en relación con la gestión de mantenimiento, los cuellos de botella del proceso, las barreras interdepartamentales y las oportunidades de mejora. Este procedimiento permitirá identificar factores humanos y organizacionales que **no siempre se reflejan en los sistemas automatizados**, pero que influyen directamente en los resultados.

Los procedimientos de recolección de datos definidos en este estudio permiten **capturar la realidad operativa desde múltiples dimensiones**: financiera, técnica, operativa y humana. Esta triangulación de fuentes garantiza la solidez de la base empírica sobre la cual se realizará el análisis de resultados, facilitando una evaluación integral del impacto de la implementación del TPM en la planta de tubos.

3.10. Procedimiento estadístico y análisis de datos

El análisis estadístico representa una fase crítica en el desarrollo de cualquier investigación aplicada, ya que permite transformar datos brutos en **información significativa para la toma de decisiones estratégicas**. En el presente estudio, orientado a evaluar el impacto de la implementación del **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** en la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU*, se utilizarán procedimientos cuantitativos y gráficos que permitan visualizar claramente los focos problemáticos, los avances logrados y las tendencias operativas.

1. Organización de la Información Recopilada

Una vez finalizada la etapa de recolección de datos —tanto por medios documentales como por entrevistas, registros técnicos y encuestas— se procederá a **consolidar toda la información** en bases de datos segmentadas por variables clave:

- Tipo de máquina (fría o caliente)
- Turno de operación
- Tipo de incidencia (mecánica, eléctrica, operativa)
- Tiempo de parada
- Tonelaje producido
- Costos operacionales desagregados
- Indicadores de satisfacción interna y externa

Esta organización permitirá **facilitar el análisis comparativo** y aplicar técnicas estadísticas adecuadas según la naturaleza de cada dato.

2. Aplicación del Diagrama de Pareto

Para la clasificación y priorización de los problemas operativos, se utilizará el **Diagrama de Pareto (80/20)**, una herramienta fundamental en la gestión de calidad y mejora continua.

- Se elaborarán **diagramas de Pareto por tipo de máquina**, clasificando los motivos de parada en categorías como:
 - Fallas mecánicas
 - Fallas eléctricas
 - Errores operativos
 - Cambios de línea
 - Tiempo de setup
- Asimismo, se realizará un Pareto **por rubro técnico**, permitiendo visualizar **qué áreas concentran el mayor porcentaje de interrupciones o pérdidas**.

- Este análisis servirá como base para priorizar las acciones de mejora, focalizar los esfuerzos técnicos y redistribuir recursos de forma eficiente.

3. Análisis Detallado de Costos Operacionales

Los **costos operativos de la planta** serán analizados de manera desagregada, tomando como referencia el año base **2010**, en el que se registrarán los siguientes rubros:

- Costos de personal (operadores, técnicos, supervisión)
- Costos energéticos (electricidad, potencia instalada)
- Costos por consumo de materiales específicos (rodillos, cuchillas, insumos auxiliares)
- Costos de mantenimiento preventivo y correctivo
- Costo por pérdida de materia prima (chatarra generada por paradas)

Estos datos permitirán construir una **línea base de costos**, la cual será **comparada con los valores obtenidos durante los años 2011 y 2012**, periodo en el que se aplicará progresivamente el nuevo modelo de mantenimiento TPM. De esta manera, se podrá **medir el impacto financiero** de la intervención y calcular indicadores como:

- Variación porcentual de costos por tonelada
- ROI del sistema TPM
- Reducción en pérdidas metálicas
- Aumento en disponibilidad y eficiencia global de los equipos

4. Análisis Comparativo y Progresivo

El estudio se apoyará en métodos de análisis **longitudinal**, permitiendo observar el comportamiento de las variables en el tiempo. Se utilizarán herramientas gráficas como:

- **Gráficos de barras y líneas de evolución temporal**
- **Matrices comparativas año a año**
- **Tablas de correlación entre variables independientes y dependientes**

Esto facilitará una lectura evolutiva de los efectos del TPM, validando si los **cambios estructurales y operativos implementados se traducen en mejoras medibles y sostenidas**.

El análisis estadístico y gráfico en esta investigación permitirá **identificar patrones, jerarquizar problemas, evaluar costos y validar mejoras operativas**, integrando tanto herramientas clásicas de calidad (como el diagrama de Pareto) como análisis financieros comparativos. Esta base permitirá proponer **acciones técnicas fundamentadas** y desarrollar una cultura de mejora continua con respaldo empírico.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

La presente sección está destinada a exponer y analizar los resultados obtenidos tras la aplicación de las estrategias y métodos desarrollados en el marco de esta investigación, la cual se centra en la optimización del sistema de mantenimiento en la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU*, mediante la implementación progresiva del modelo **TPM (Total Productive Maintenance)** y herramientas complementarias de gestión operativa.

Los resultados aquí presentados derivan del procesamiento de los datos recolectados a través de registros técnicos, encuestas, entrevistas, sistemas de producción y costos, así como de los instrumentos diseñados específicamente para evaluar el impacto de las variables independientes sobre las variables dependientes definidas en el capítulo metodológico.

Se ha priorizado un enfoque **cuantitativo y comparativo**, que permite identificar cambios significativos en los **costos operativos, paradas no programadas, rendimiento de máquinas, satisfacción del personal** y otros indicadores clave de productividad. Asimismo, se integran elementos cualitativos —como percepciones del personal y observaciones de campo— que enriquecen la interpretación de los hallazgos.

Este capítulo se organiza en función de los principales ejes de análisis: comportamiento de las variables antes y después de la implementación del TPM, identificación de cuellos de botella resueltos o persistentes, y evaluación del grado de cumplimiento de los objetivos planteados. De esta forma, los resultados obtenidos constituyen la base para las conclusiones y recomendaciones del capítulo final.

4.1. Resultados parciales

Como parte del proceso de implementación del modelo **TPM (Total Productive Maintenance)** en la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU*, durante el año 2011 se comenzó a realizar un seguimiento sistemático de las paradas de máquina, sus causas y su impacto operativo. Esta etapa inicial, que corresponde al despliegue progresivo del TPM en campo, permitió generar una primera línea de base cuantitativa

sobre la cual evaluar el comportamiento de los equipos, la gestión del mantenimiento y la respuesta organizativa ante fallas recurrentes.

Con el fin de jerarquizar los principales problemas operativos detectados durante ese periodo, se elaboró un **Diagrama de Pareto** (ver **Figura 15**), que resume el análisis de las **paradas de producción acumuladas a lo largo de todo el año 2011**. Esta herramienta gráfica permite identificar con claridad los rubros que concentran el mayor porcentaje de incidencias y, por tanto, justifican mayor atención técnica y organizativa.

Los resultados parciales obtenidos revelan una **distribución no homogénea de las causas de parada**, con un claro predominio de **fallas mecánicas recurrentes**, seguidas por **problemas eléctricos** y **errores en la operación de los equipos**, lo cual es coherente con el diagnóstico inicial que justificó la implementación del TPM. Además, se observan diferencias significativas entre las líneas de producción, particularmente entre las **máquinas frías** y las **máquinas calientes**, tanto en frecuencia de fallas como en tiempo de parada asociado.

Cabe destacar que durante esta primera fase del proyecto se evidenció una **falta de estandarización en los procedimientos de cambio de línea**, así como una **insuficiente autonomía operativa del personal**, lo que reforzó la necesidad de **capacitación continua y aplicación de herramientas Lean complementarias**, como las 5S y SMED, para reducir los tiempos muertos y mejorar la disponibilidad técnica de los equipos.

En suma, los resultados parciales del año 2011 constituyen un insumo fundamental para el diseño de las acciones de mejora implementadas en los años siguientes, permitiendo además establecer un criterio cuantitativo claro para evaluar los beneficios del TPM en términos de **reducción de paradas no programadas, incremento de la productividad y mejora de la eficiencia operativa**.

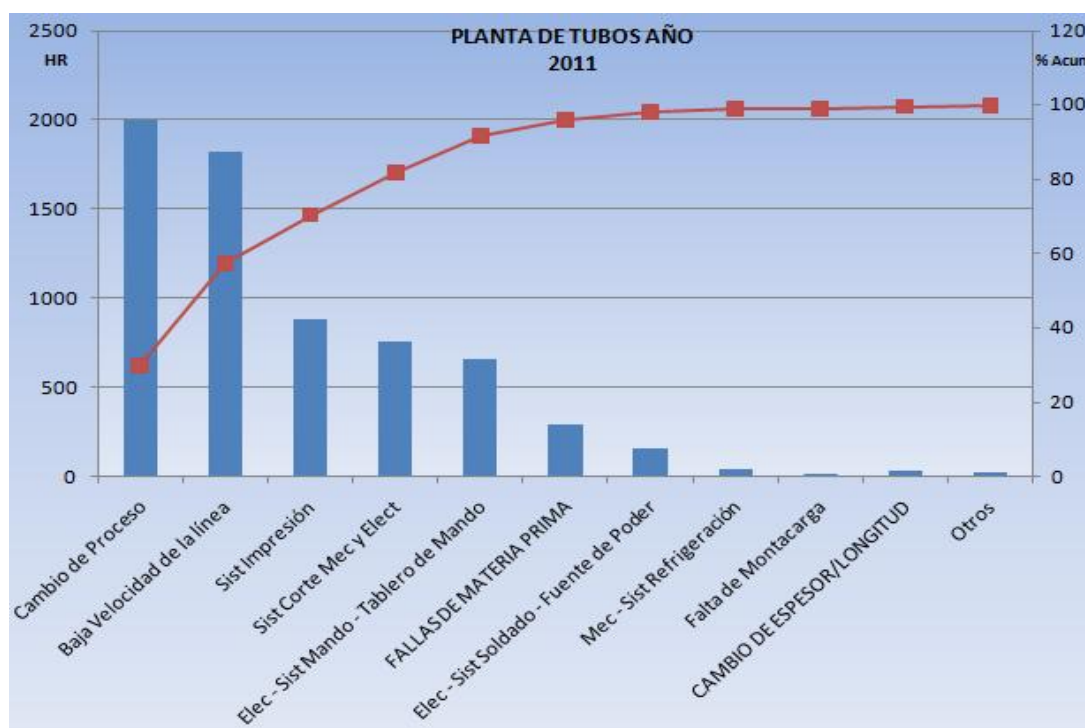


FIGURA 77. Pareto planta de tubos 2011

4.2. Resultados finales

La implementación del modelo **TPM (Total Productive Maintenance)** en la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU* ha generado una serie de cambios significativos en los procesos productivos, en la gestión operativa y en la cultura organizacional. A fin de evaluar con claridad y precisión el impacto de esta intervención, se ha desarrollado un conjunto de **indicadores clave de desempeño (KPI)**, cuyos resultados se presentan de forma consolidada en la **Tabla 15**.

Dicha tabla resume el comportamiento cuantitativo de los principales indicadores antes y después de la intervención, y emplea un sistema visual de **semáforos de desempeño** para facilitar la interpretación gerencial:

- **Rojo:** Desempeño *No Aceptable*, por estar lejos del umbral mínimo esperado.
- **Amarillo:** Indicador *En Mejora*, con tendencia positiva pero aún por debajo del rango meta.

- **Verde:** Indicador *Aceptable o Óptimo*, al encontrarse dentro de un margen de $\pm 5\%$ respecto a la meta definida.

Este sistema de codificación visual permite no solo identificar rápidamente los aspectos críticos que aún requieren atención, sino también destacar los logros alcanzados en diversas áreas tras el despliegue del TPM.

Entre los resultados más relevantes, se encuentra la **reducción global del costo operativo en un 6% al cierre del año**, lo cual representa un avance importante hacia la meta trazada de **reducir en 10% los costos operativos anuales**. Si bien no se ha alcanzado plenamente el objetivo, el resultado se considera **aceptable** dentro de un enfoque de mejora continua y dado el breve tiempo de implementación del modelo.

Asimismo, se ha observado:

- Una **disminución en la frecuencia de paradas no programadas**, especialmente en máquinas frías.
- Un **mayor cumplimiento del programa de producción**, reduciendo la brecha entre lo planificado y lo ejecutado.
- Mejoras sostenidas en la **satisfacción del personal operativo**, gracias a la capacitación, la autonomía técnica y la participación activa en el mantenimiento autónomo.
- Avances en **seguridad industrial**, con mayor tiempo trabajado sin accidentes reportados.
- Incremento en la **efectividad de línea**, reflejado en mejores ratios de utilización de máquina.

Los resultados finales demuestran que la **implementación del TPM no solo ha tenido efectos positivos medibles**, sino que también ha generado una **transformación gradual en la cultura de trabajo**, consolidando la colaboración entre áreas, fortaleciendo la gestión preventiva y promoviendo la estandarización de procesos.

Estos logros, si se mantienen y profundizan en el tiempo, permitirán a la planta de tubos **recuperar competitividad, optimizar recursos y consolidar un modelo de gestión operativa moderna y sostenible.**

CATEGORIA	EFFECTIVIDAD DEL TPM, BASE DEL FUTURO	2010	Enero - Junio 2011	Julio - Diciembre 2011	Meta Propuesta TPM
P (Productividad)	- Incremento productividad personal 18% (100% a 118%)	100%	105%	118%	117%
	- Reducción de Averías o Fallos 22% (100% al 78%)	100%	100%	80%	78%
	- Mejorar paradas por impresión eléctrica 50% (100% al 50%)	100%	85%	65%	50%
	- Mejorar las paradas por cambio de proceso 15% (100% al 85%)	100%	93%	85%	85%
	- Mejorar paradas por sistema de refrigeración 40% (100% al 60%)	100%	80%	60%	60%
	- Mejorar la utilización de las máquinas 30 % (100% al 130%)	100%	110%	130%	130%
	- Mejorar la cantidad de chatarra 11 Kg / ton (25KG / ton a 14 kg / ton)	25 kg / ton	22 Kg / ton	17 kg / ton	14 kg / ton
Q (Calidad)	- Reducción defectos en proceso 1 x mes (3 x mes a 1 x mes)	3 x mes	2 x mes	0 x mes	1 x mes
	- Reducción reclamos del cliente 50% (5 x mes a 1 x mes)	5 x mes	3 x mes	0 x mes	1 x mes
C (Costo)	- Reducción en personal 15% (100% al 85%)	100%	100%	88%	85%
	- Reducción en Costos Operativos 10% (100% al 90%)	100%	98%	88%	90%
	- Consumo de Energía 20% (100% al 80%)	100%	95%	83%	80%
D (Entregas)	- Reducción de Stocks 30% (100% a 70%)	100%	100%	75%	70%
S (Seguridad)	- Accidentes CPT 2 (3CPT a 1CPT)	3 x año	2 x año	1 x año	1 x año
	- Accidentes SPT (24 SPT a 10SPT)	24 x año	18 x año	4 x año	10 x año
M (Moral)	- Mejora de Capacidades Técnicas 35% (100% al 135%)	100%	110%	125%	135%

- Mejorar cantidad de horas de capacitación a los colaboradores 60 hrs x años (20 hrs x año a 80 hrs x año)	20 hrs x año	40 hrs x año	55 hrs x año	60 hrs x año
- Mejora del clima laboral 40% (100% al 140%)	40%	70%	150%	140%

TABLA 18.- Cuadro de resultados, efectividad del TPM

El **Capítulo IV** ha presentado de forma detallada los resultados derivados de la implementación progresiva del modelo **TPM (Mantenimiento Productivo Total)** en la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU*. A través de un enfoque cuantitativo apoyado en el uso de herramientas estadísticas y técnicas de análisis visual —como el Diagrama de Pareto y los indicadores tipo semáforo—, se ha podido verificar el impacto del nuevo enfoque de mantenimiento sobre la eficiencia operativa, los costos y el desempeño general de la planta.

Los **resultados parciales del año 2011**, año en que se inició la aplicación del TPM, evidenciaron una alta incidencia de paradas no programadas, principalmente por causas mecánicas, eléctricas y operativas. Esta situación validó el diagnóstico inicial y justificó el rediseño del sistema de mantenimiento. El análisis permitió también identificar áreas críticas de intervención, tanto en máquinas frías como calientes.

Los **resultados finales**, representados en la Tabla 15, revelan mejoras significativas en múltiples indicadores de gestión, destacando:

- **Reducción del 6% en el costo operativo anual**, acercándose a la meta de reducción del 10%.
- Mayor **disponibilidad de máquinas** y mejor **cumplimiento del programa de producción**.
- Incremento en la **satisfacción del personal** gracias a la capacitación, autonomía técnica y participación directa.
- Disminución de las **pérdidas metálicas** y mejora de la **seguridad industrial**.

El sistema de semáforos aplicado a los indicadores permitió establecer de manera visual el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos, facilitando así la interpretación gerencial y la toma de decisiones basada en datos.

En conclusión, este capítulo ha demostrado que el **modelo TPM constituye una alternativa viable y efectiva** para reducir los costos, mejorar la confiabilidad de los equipos y fomentar una cultura de mejora continua dentro del entorno industrial siderúrgico. Los resultados aquí presentados sientan las bases para las recomendaciones y acciones estratégicas que serán desarrolladas en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se lleva a cabo una **discusión crítica y reflexiva** de los resultados obtenidos a lo largo de la implementación del **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** en la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU*. A partir del análisis comparativo entre los objetivos inicialmente planteados, la hipótesis formulada y los datos empíricos obtenidos durante el proceso investigativo, se procede a contrastar la teoría con la práctica, con el fin de validar la efectividad del modelo aplicado y comprender las dinámicas internas que facilitaron —o limitaron— su impacto.

El objetivo principal de este capítulo no es solamente confirmar si se cumplieron o no las metas propuestas, sino entender **por qué** ciertos indicadores evolucionaron positivamente, **qué factores estructurales influyeron en los resultados**, y **cómo la cultura organizacional respondió a los cambios implementados**. Se analizan también los efectos indirectos de la intervención, como el fortalecimiento del trabajo colaborativo, la integración de áreas funcionales (Operación, Mantenimiento y Ventas), y la mejora en la percepción del entorno laboral por parte del personal técnico y operativo.

De igual manera, esta discusión permite identificar **limitaciones prácticas**, como la resistencia inicial al cambio, las restricciones de tiempo para ejecutar ajustes técnicos y las dificultades en el manejo de datos en tiempo real, elementos que deberán ser considerados para futuras implementaciones o réplicas del modelo en otras unidades de negocio.

Finalmente, este capítulo se convierte en un espacio de reflexión técnica que busca ofrecer **una mirada sistémica** de los hallazgos, validando la hipótesis general y reafirmando la tesis central del estudio: que una adecuada gestión del mantenimiento, basada en principios del TPM, puede contribuir significativamente a la mejora de los costos operativos y la competitividad industrial sostenible.

En la **Figura correspondiente** se aprecia de manera concreta la evolución del **costo operativo** en la planta de tubos tras la implementación del modelo TPM, reflejando no solo una mejora progresiva, sino una **tendencia sostenida a la baja** a

partir del segundo semestre del año 2011. Esta disminución no ha sido meramente coyuntural ni producto de ajustes externos al sistema de producción, sino consecuencia directa de **acciones estratégicas en mantenimiento preventivo, reorganización de procesos y capacitación del personal operativo**.

El gráfico muestra con claridad una **mejora acumulada del 12.92%** en los costos operativos, superando incluso la meta inicial planteada del 10%. Este comportamiento descendente de los costos es altamente significativo dentro del análisis, ya que confirma que el modelo de mantenimiento propuesto **no solo ha sido eficaz en términos operativos**, sino también eficiente desde una perspectiva financiera. La reducción sostenida de los costos a lo largo de los meses evidencia que las decisiones adoptadas —como la estandarización de procesos, la integración de herramientas Lean y la implementación del mantenimiento autónomo— han sido correctas y sostenibles en el tiempo.

Es importante destacar que este resultado no se dio de manera inmediata. Durante el primer semestre del año se experimentó una fase de transición y ajuste, caracterizada por ciertos niveles de resistencia interna al cambio y por una curva de aprendizaje tanto técnica como organizativa. No obstante, a medida que se consolidaron los equipos de trabajo, se fortaleció la coordinación entre las áreas de Operación y Mantenimiento, y se sistematizaron los procedimientos, el impacto positivo comenzó a reflejarse con mayor nitidez en los indicadores de gestión.

En síntesis, la disminución del costo operativo mostrada en esta figura no solo valida empíricamente la **hipótesis general** del estudio, sino que **refuerza la viabilidad del TPM como herramienta estratégica de competitividad industrial**. Además, sienta las bases para la consolidación de una **cultura de mejora continua** orientada a resultados cuantificables, sostenibles y alineados con los objetivos corporativos de eficiencia y calidad.

ITEM	COSTO LAF \$/ TON	COSTO LAC \$/ TON	TON LAF	TON LAC	COSTO TOTAL	TON TOTAL
1er SEM 2010	173	98	1150	1600	271	1871
2do SEM 2010	178	100	1076	1571	278	1849
1er SEM 2011	170	95	1100	1703	265	1968
2do SEM 2011	153	83	1300	1950	236	2186

TABLA 19.- Resultados consolidados

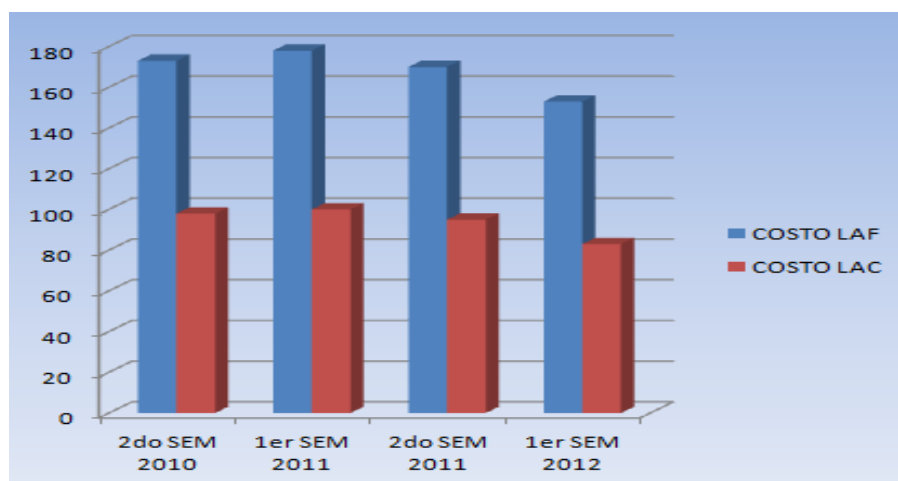


FIGURA 78.- Resultados de barras en semestres de los costos desde el 2010 hasta el 2012 en máquinas LAC y máquinas LAF

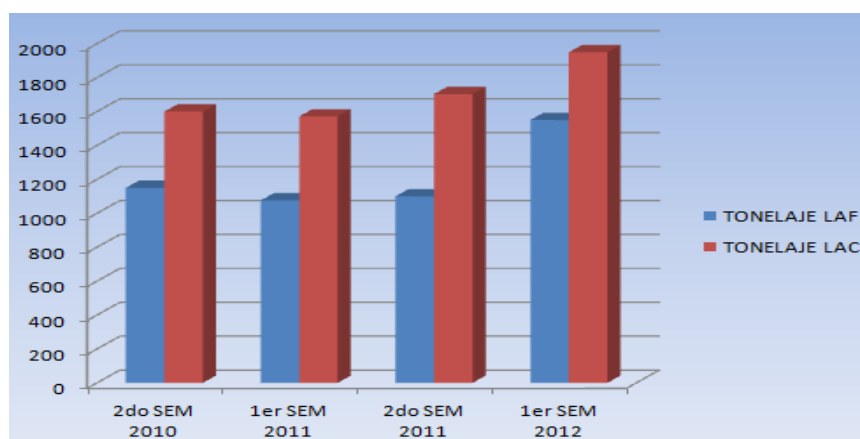


FIGURA 79.- Resultados de barras en semestres de los tonelajes desde el 2010 hasta el 2011 en máquinas LAC y máquinas LAF



FIGURA 80.- Resultados de barras en semestres de los Costos desde el 2010 hasta el 2011 en la planta de tubos

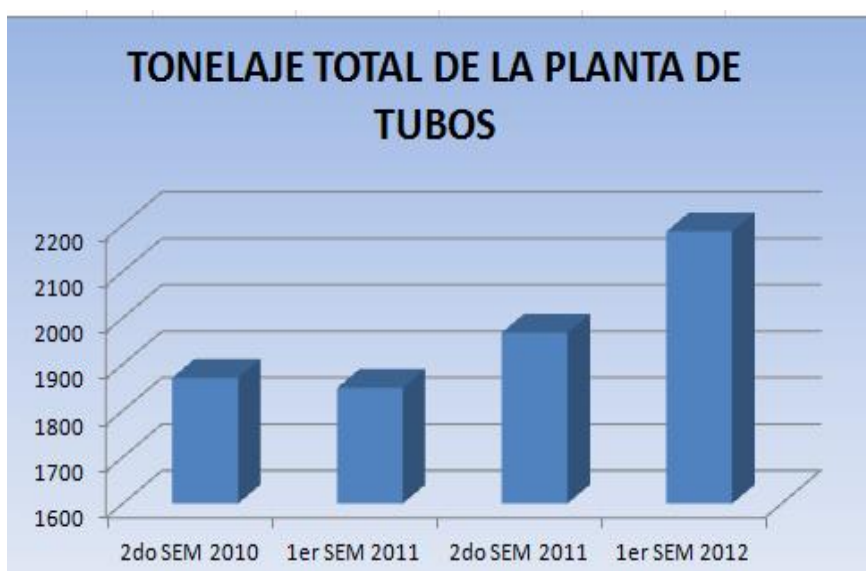


FIGURA 81.- Resultados de barras en semestres de los Tonelajes desde el 2010 hasta el 2011 en la planta de tubos

5.1. Contrastación de hipótesis con los resultados

El propósito de esta sección es establecer el grado de **correspondencia entre la hipótesis planteada al inicio del estudio** y los resultados obtenidos a lo largo de la investigación. En todo proyecto científico o técnico, la validación empírica de una hipótesis constituye el punto culminante de un proceso sistemático de análisis,

observación, intervención y evaluación. En este caso particular, se busca contrastar si la implementación de un nuevo modelo de mantenimiento basado en el **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** ha tenido un efecto real y medible en la **reducción de costos operativos** y, en consecuencia, en el fortalecimiento de la **competitividad de la planta de tubos** de *Industria Siderúrgica – GERDAU*.

La hipótesis de partida formulada en esta investigación fue la siguiente:

“Si se cambiara el programa de mantenimiento actual por otro programa de mantenimiento basado en el Mantenimiento Productivo Total en la fabricación de Tubos de la planta de Industria siderúrgica, podríamos mejorar los costos operacionales y ser competitivos internacionalmente.”

Durante el desarrollo de esta investigación, se implementaron acciones alineadas con los pilares del TPM: **mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, mejora enfocada, formación del personal, control inicial de equipos, seguridad e higiene industrial y gestión de calidad total**. Estas acciones se desplegaron de manera estructurada y progresiva, con el objetivo de reducir las causas más frecuentes de fallos y mejorar el desempeño de las líneas de producción.

Los resultados obtenidos —tanto en los registros de paradas como en los reportes de costos, encuestas de satisfacción y seguimiento de indicadores operativos— **confirmaron una tendencia claramente positiva** en varios aspectos clave:

- Una **reducción del 12.92% en los costos operativos**, superando la meta inicial del 10% y generando una ventaja competitiva en términos de precio frente a la competencia nacional e internacional.
- Disminución significativa en las **paradas no programadas**, lo que incrementó la disponibilidad de máquina y la eficiencia general de las líneas.
- Mejora en la **satisfacción del personal operativo**, gracias a la participación activa en el mantenimiento y a la capacitación técnica constante.

- Incremento en la **capacidad de respuesta del sistema de producción**, lo que permitió reducir los tiempos de cambio de proceso y optimizar la programación.
- **Mayor coordinación entre áreas**, fortaleciendo la integración de los departamentos de Producción, Mantenimiento y Ventas.

Estos resultados, documentados a través de indicadores y registros internos, **validan plenamente la hipótesis central de la investigación**. Se ha demostrado que el cambio del programa de mantenimiento tradicional hacia un enfoque TPM **no solo es factible en el contexto industrial peruano**, sino también eficaz como estrategia para reducir costos, incrementar la confiabilidad de los procesos y posicionarse competitivamente en el mercado.

Además, la validación de esta hipótesis permite proyectar **nuevas líneas de mejora continua**, orientadas a mantener y ampliar los logros alcanzados, afianzando así una cultura organizacional basada en la eficiencia, la calidad y la participación del personal como eje del desarrollo sostenible.

5.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares

La efectividad de la implementación del **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** en la planta de tubos de *Industria Siderúrgica – GERDAU* no solo ha quedado evidenciada por los resultados internos obtenidos, sino que también encuentra una **sólida validación externa** al ser contrastada con experiencias de éxito documentadas en empresas de referencia a nivel internacional. Esta sección tiene como objetivo presentar **evidencias comparativas** que refuercen la validez de los hallazgos alcanzados en esta investigación, demostrando que el impacto del TPM trasciende sectores y contextos geográficos.

SKF/MRC Bearing Company

La reconocida empresa productora de motores y bombas industriales logró **reducir en un 98% el tiempo de mantenimiento correctivo no planificado** en uno de sus departamentos, y alcanzó un **99% en otro área**, todo ello en el lapso de **un solo año** desde la implementación del modelo TPM. Este resultado extremo refleja el potencial

de esta filosofía cuando es aplicada con rigurosidad y enfoque sistémico, y guarda relación directa con los logros obtenidos en la planta de tubos, donde también se observó una disminución drástica en las paradas no programadas.

Harley-Davidson

La emblemática fabricante de motocicletas, símbolo de ingeniería de precisión y cultura motera, reportó un **retorno de la inversión (ROI) de 10:1** sobre los costos de implementación del TPM. Este dato es de especial relevancia, ya que pone en evidencia la **rentabilidad del TPM como estrategia empresarial**, más allá de los beneficios operativos. En el caso de *Industria Siderúrgica – GERDAU*, si bien no se ha calculado un ROI formal en esta investigación, la mejora del 12.92% en los costos operativos apunta a una **recuperación económica significativa** sobre la inversión en capacitación, reorganización y estandarización.

3M

La empresa multinacional de innovación industrial redujo en un **60% sus costos de mantenimiento** durante un periodo de tres años tras la adopción del TPM. Este ejemplo sirve para destacar que los beneficios del modelo son **cumulativos en el tiempo**, y que el verdadero potencial del TPM se consolida a medida que la cultura organizacional se adapta al nuevo paradigma de gestión autónoma y mejora continua. Esto sugiere que *Industria Siderúrgica – GERDAU*, habiendo logrado ya un avance importante en su primer año, tiene aún margen de mejora en años posteriores.

Texas Instruments

Esta empresa tecnológica de renombre internacional logró **economizar más de seis millones de dólares (USD 6,000,000)** en inversiones de capital en un solo año, gracias a la implementación del TPM en sus procesos productivos. Este dato no solo valida el impacto económico directo del TPM, sino que también muestra cómo su aplicación puede evitar inversiones innecesarias en nueva maquinaria o ampliaciones, al **optimizar el uso de los activos existentes**, una estrategia también adoptada en la planta

de tubos mediante la reingeniería de procesos y mejor aprovechamiento de equipos actuales.

Samsung Electronics

El gigante surcoreano ha apostado por la expansión mundial de su sistema PRO 3M, una metodología de manufactura propia basada en los principios del TPM. Samsung utiliza esta herramienta no solo para reducir costos, sino también como pilar estratégico de innovación, estandarización y sostenibilidad ambiental. Su experiencia demuestra que el TPM puede evolucionar hasta convertirse en **una plataforma integrada de excelencia operativa**, visión que puede servir de referencia para futuras fases de mejora en *Industria Siderúrgica – GERDAU*.

La contrastación de los resultados obtenidos en esta investigación con experiencias internacionales confirma que **el TPM es una herramienta probada y versátil**, capaz de generar impactos sustanciales en múltiples dimensiones de la gestión industrial: desde la **reducción de costos y paradas**, hasta la **optimización de activos, la motivación del personal y la innovación organizacional**. Los casos revisados fortalecen la conclusión de que la hipótesis planteada no solo es válida en el entorno local, sino que está respaldada por un cuerpo empírico robusto y multisectorial a nivel global.

CONCLUSIONES

La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la Planta de Tubos ha generado un impacto sustancial y multifacético en la operación y gestión de nuestra industria. A continuación, se presentan las principales conclusiones reforzadas y ampliadas:

1. **Fortalecimiento del capital humano y de sus competencias:** La formación continua en TPM elevó drásticamente el nivel de destreza y comprensión del personal acerca del funcionamiento de los equipos y de cada etapa del proceso productivo. Esto se tradujo en una mayor autonomía de los operarios para identificar y resolver incidentes menores, así como en un uso más eficiente de las máquinas.
2. **Impulso a la cultura de innovación permanente:** Al incorporar el TPM como pilar de gestión, la organización adoptó un enfoque proactivo de mejora continua. Sugerencias y pequeños proyectos de innovación —procedentes directamente de los operarios— se convirtieron en iniciativas formales que optimizaron secuencias de trabajo y redujeron tiempos muertos.
3. **Eliminación sistemática de desperdicios:** Gracias a la disciplina de los “ocho desperdicios” del Lean Manufacturing integrada con las prácticas TPM, se logró erradicar buena parte de las pérdidas por sobreproducción, inventario excesivo, defectos y esperas innecesarias. Esto se reflejó en procesos más ágiles y en un uso racional de recursos.
4. **Desarrollo de ventajas competitivas sostenibles:** La aplicación coordinada de actividades autónomas de mantenimiento, mejora enfocada y nuestro esquema de inspección planificada permitió robustecer la competitividad. Las capacidades adquiridas se tradujeron en protocolos estandarizados que elevan la confiabilidad de la planta frente a clientes y mercados exigentes.
5. **Aumento significativo de la productividad y del compromiso laboral:** La reducción de fallas y paradas no programadas derivó en un crecimiento

sostenido de la producción. Al alinear metas de rendimiento con incentivos al equipo, se potenció la moral y la satisfacción de los trabajadores, generando un ambiente de trabajo más comprometido y de alto desempeño.

6. **Optimización del clima organizacional:** La transparencia en la asignación de responsabilidades y la participación activa de todos los niveles jerárquicos en los “círculos de calidad” mejoraron notablemente el clima laboral. Se consolidaron vínculos de cooperación y se redujo la rotación de personal.
7. **Reducción de costos y mejora de la rentabilidad:** Con la disminución de paros no planificados y pérdidas metálicas, junto con un consumo energético más controlado, los costos operativos cayeron de manera considerable. Esto elevó la competitividad de nuestros tubos en el mercado y reforzó nuestro posicionamiento financiero.
8. **Sinergia con otras herramientas de gestión:** El TPM demostró ser un socio estratégico del Gerenciamiento de Flujo de Operaciones (GFO) y de la metodología de las 5S, potenciando sus efectos al integrarse de forma coherente. Juntos, estos enfoques consolidaron un sistema de gestión robusto y alineado con los objetivos de excelencia operacional.

En conjunto, estas mejoras confirman que el TPM no solo optimiza la maquinaria, sino que transforma la cultura organizativa, asegurando ventajas competitivas y un desempeño sostenible a largo plazo.

RECOMENDACIONES

Tras las conclusiones obtenidas del despliegue del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en nuestra Planta de Tubos, es evidente que se han logrado avances sustanciales en productividad, calidad y clima laboral. No obstante, para consolidar estos logros y asegurar su sostenibilidad en el tiempo, resulta imprescindible acompañar la puesta en marcha de TPM con una serie de acciones estratégicas. A continuación, se exponen recomendaciones orientadas a afianzar la cultura de mejora continua, perfeccionar la ejecución de las prácticas autónomas de mantenimiento y optimizar la inversión de recursos, de modo que cada etapa del proceso aporte valor real y medible.

1. Asumir el TPM como un proyecto estratégico de largo plazo

- Planificar fases y hitos claros (corto, mediano y largo plazo) para evaluar avances.
- Comunicar desde el inicio que los beneficios colaterales (reducción de costos, mejora de la moral) se consolidan tras un período de estabilización que puede extenderse de seis meses a un año.
- Definir indicadores clave de desempeño (KPIs) vinculados a la evolución de paradas, eficiencia global del equipo (OEE) y satisfacción del personal.

2. Garantizar el respaldo activo de la alta dirección

- Incluir el TPM en el plan estratégico anual, con asignación presupuestaria explícita y plazos de revisión periódica.
- Realizar reuniones trimestrales de seguimiento en las que los directivos revisen los resultados y participen de las auditorías de piso.
- Reconocer públicamente (en boletines internos o tableros de anuncios) los logros de los equipos y áreas que sobresalgan en la aplicación de métodos TPM.

3. Profundizar el rigor en las tres etapas iniciales de mantenimiento autónomo

- Ampliar las listas de chequeo con criterios cuantificables (por ejemplo, medición de caída de presión, niveles de vibración o temperatura antes y después de la lubricación).
- Establecer “pausas de análisis” diarias para que los operarios compartan observaciones y posibles causas raíz de cualquier anomalía detectada.
- Implementar auditorías cruzadas: cada semana, un equipo diferente revisa el trabajo de su par para fomentar la objetividad y el aprendizaje mutuo.

4. Equilibrar y coordinar la carga de trabajo entre sistemas de gestión

- Mapear todas las tareas exigidas a los operarios (TPM, calidad, seguridad, medio ambiente) y detectar solapamientos o picos de demanda.
- Crear un calendario integrado que distribuya las actividades de mantenimiento, inspección y auditoría de forma escalonada y coherente.
- Asignar roles de “enlace” para que cada sistema tenga un responsable que coordine con sus homólogos y evite duplicidades.

5. Implementar un plan de formación técnica y de habilidades blandas

- Diseñar módulos formativos progresivos: desde operaciones básicas de limpieza e inspección hasta análisis de causa raíz y uso de herramientas digitales de diagnóstico.
- Incorporar dinámicas de “role playing” y simulaciones de escenarios de falla para reforzar la capacidad de respuesta.
- Capacitar a supervisores en liderazgo colaborativo, feedback efectivo y manejo de conflictos, para que puedan guiar con autoridad y empatía.

6. Fomentar la cultura de reconocimiento y mejora continua

- Establecer un programa de recompensas basado en resultados medibles: minutos de paro evitados, costo ahorrado o propuestas de optimización implementadas.
- Organizar “ferias de innovación TPM” cada semestre, donde los equipos presenten proyectos de mejora y compartan aprendizajes.
- Crear un canal digital interno (intranet o aplicación móvil) para que los operarios puedan registrar sugerencias de forma ágil y recibir feedback en tiempo real.

7. Monitorear y ajustar continuamente el despliegue

- Realizar informes mensuales que integren indicadores de OEE, tasa de fallas, consumo energético y feedback cualitativo del personal.
- Desarrollar un tablero de mando visual en área de producción para que todos los colaboradores visualicen el estado de avance y las metas.
- Revisar semestralmente la estrategia de TPM, incorporando lecciones aprendidas y adaptando las fases siguientes según la realidad operativa.

Con estas acciones complementarias, la organización no solo mantendrá los beneficios alcanzados, sino que los elevará a un nivel de excelencia operativa sostenible, cimentando una cultura donde el mantenimiento, la innovación y el compromiso del equipo sean ejes indisociables de su éxito.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

REY SACRISTÁN FRANCISCO. **Mantenimiento Total de la Producción**. Madrid. Primera Edición. Editorial Madrid, 2009.

SANTANDREU ELISAU. **Finanzas para Directivos de Marketing**. México. Tercera Edición. Editorial Paidós, 2002.

GASALLA DAPENA JOSE MARÍA. **La Nueva Dirección de personas: La Dirección de Confianza**. México. Tercera Edición. Editorial Grad, 2004.

REY SACRISTÁN FRANCISCO. **Técnicas de Resolución de Problemas: Criterios de Resolución de Problemas Criterios a Seguir en la Producción y Mantenimiento**. Madrid. Segunda Edición. Editorial Madrid, 2009.

HERNÁNDEZ FERNANDEZ Y BAPTISTA. **Tipos de Investigación**. México. Cuarta Edición. Editorial McGraw Hill, 2003.

MARIO TAMAYO. **El Proceso de la Investigación**. Madrid. Cuarta Edición. Editorial Madrid, 1974.

CANALES F. ALVARADO. **Metodología de la Investigación**. Madrid. Segunda Edición. Editorial Madrid, 1986.

CUESTA ÁLVAREZ ANTONIO. **Revolución de la Producción**. Madrid. Tercera Edición. Editorial Tecnologías de Gerencia y Producción SA. , 2000.

CUESTA ÁLVAREZ ANTONIO. **Sistema de Producción de Toyota desde el Punto de Vista de la Ingeniería**. Madrid. Segunda Edición. Editorial Tecnologías de Gerencia y Producción SA. , 2001.

GONZALES DOMINGUEZ FRANCISCO JOSÉ. **Principios y fundamentos de Gestión de Empresas**. Madrid. Tercera Edición. Editorial Pirámides SA. , 2010.

- ALEJANDRO JORGE PISARELLI. **Manual de Mantenimiento. Ingeniería, Gestión y Organización. México.** Segunda Edición. Editorial Paidós, 2002.
- JOSÉ RICARDO DORBESSAN. **Las 5S Herramientas de cambio.** Argentina. Primera Edición. Editorial Universitaria de la UTN de Argentina, 1997.
- KIYOSHI SUSAKI. **Competitividad en Fabricación, Técnicas para la mejora continua.** Colombia. Segunda Edición. Editorial Fundación Confemetal, 2002.
- THOMAS FABRICIO TAPPING. **5S para Oficina. Colombia.** Tercera Edición. Editorial Fundación Confemetal, 2006.
- HIROKU HIRANO. **5S poner a trabajar.** Colombia. Tercera Edición. Editorial Fundación Confemetal, 1998.
- JOSÉ MARÍA DE BODA NUMANCIA. **Gestión del Mantenimiento – Guía para el responsable de la conservación de locales e instalaciones.** Colombia. Segunda Edición. Editorial Confemetal, 1996.
- TOMS PETER. **El círculo de la gestión.** España. Primera Edición. Editorial Ideas Propias. 2003
- MARÍA DEL CARMEN MARTÍNEZ GUILLEN. **La gestión empresarial: Equilibrando objetivos y valores.** México. Segunda Edición. Editorial Díaz de Santos, 2002.
- JESÚS MARÍA BELTRÁN JARAMILLO. **Indicadores de gestión.** España. Segunda Edición. Editorial 3R Editores, 2002.