



**Propuesta de implementación metodología TPM en la empresa A'sellaseg
ingeniería**

Sebastián García Saldarriaga

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Tutor

Viviana Andrea Ramírez Montoya, ingeniera de productividad y calidad

Jorge Humberto Baena Dávila, ingeniero mecánico

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería

Ingeniería Mecánica

Medellín, Antioquia, Colombia

2022

Cita	(García Saldarriaga, 2022)
Referencia	García Saldarriaga, S. (2022). <i>Propuesta de implementación metodología TPM en la empresa A'sellaseg ingeniería</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Pedro León Simanca.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Índice

Resumen	6
Introducción.....	6
Objetivos.....	7
Objetivo General.....	7
Objetivos Específicos.....	7
Marco Teórico	8
TPM.....	8
Pilares del TPM	10
Mejoras Enfocadas (ME)	11
Mantenimiento Autónomo (MA)	11
Mantenimiento Planeado (MP)	11
Mantenimiento de la Calidad (MQ)	11
Control Inicial (MI)	11
TPM Administrativo (Mg).....	12
Entrenamiento y formación (EE)	12
Seguridad y Medio Ambiente (Ss)	12
5's	12
Seiri (Organizar o clasificar)	12
Seiton (Orden).....	13
Seiso (Limpiar)	13
Seiketsu (Estandarizar)	13
Shitsuke (Disciplina).....	13
CAPDO.....	14
Plan (Planear).....	14
Do (Hacer)	14
Check (Verificar)	14
Act (Actuar)	14
Pequeño Equipo de Trabajo (PET):	14
Lección de un Punto (LUP):	14
Plan de mejora	15
Indicadores PQCDMSM	15
P (Productividad):	15
Q (Calidad):	15
C (Costos):.....	15
D (Entrega):	16
S (Seguridad y medio ambiente):	16

M (Motivación):.....	16
Pilar de educación y entrenamiento.	16
Árbol de pérdidas:.....	16
Pérdidas que impiden la efectividad de los equipos planeadas.	17
1. Paradas planificadas:.....	17
2. Pérdidas por cambio de producto, arranques y ajustes:	17
Pérdidas que impiden la efectividad de los equipos no planeadas.	17
3. Pérdidas por averías en equipos:	17
4. Pérdidas por averías en los procesos:	17
5. Pérdidas por ajustes y puesta a punto:	18
6. Pérdidas por pequeñas paradas:.....	18
7. Pérdidas por velocidad reducida:	18
8. Pérdidas por fabricación de productos defectuosos y reprocesos	18
Pérdidas que impiden la efectividad del trabajo humano	18
9. Pérdidas por deficiencia en la gestión:	19
10. Pérdidas por Movimientos (Deficiencias en la Operación de Equipamientos):	19
11. Pérdidas por organización ineficiente en la línea de producción:	19
12. Pérdidas Por Falta De Sistemas Automáticos. Deficiencias Logísticas:	19
13. Pérdidas Por Mediciones, Controles Y Ajustes Excesivos:	19
Pérdidas que impiden el uso efectivo de los recursos de la producción:	19
14. Pérdidas de energía:	19
15. Pérdidas de rendimiento de materiales productivos:	20
16. Pérdidas de rendimiento de materiales accesorios:	20
OEE (Overall Equipment Effectiveness):	20
Metodología propuesta para implementación del TPM.....	20
Pasos de implementación de mantenimiento autónomo	27
Paso cero mantenimientos autónomos: 5´s.....	27
Etapa 1 de paso cero	27
Etapa 2 de paso cero	27
Etapa 3 de paso cero	28
Etapa 4 de paso cero	28
Etapa 5 de paso cero	28
Etapa 6 de paso cero	29
Etapa 7 de paso cero	29
Paso 1: Mantenimiento autónomo.....	29
Limpieza con inspección:.....	29
Paso 2 mantenimiento autónomo:	31

Paso 3 Mantenimiento Autónomo.....	33
Resultados y análisis.....	34
Presentación de la empresa, Diagnóstico del estado actual	34
Detección de perdidas principales en el proceso productivo	37
Paso cero, implementación de mantenimiento autónomo.....	38
Etapa 1 paso cero en A'sellaseg.....	41
Etapa 2 de paso cero en A'sellaseg	43
Etapa 3 de paso cero en A'sellaseg	44
Etapa 4 de paso cero en A'sellaseg	46
Etapa 5 de paso cero en A'sellaseg	47
Etapa 6 de paso cero en A'sellaseg	47
Etapa 7 de paso cero en Asellaseg.....	48
Mejoras enfocadas	51
Mejora enfocada redistribución de planta	51
Mejora enfocada red neumática	52
Referencias	73

Resumen

La empresa A'sellaseg ingeniería S.A.S cuenta con un recorrido de 27 años en el mercado colombiano, por el cual ha pasado auditorias para su certificación con el Icontec bajo la norma ISO 9001, sin embargo, esta empresa se encuentra con una alta competencia en el mercado, la cual cuenta con tiempos de entrega más competitivos, el análisis que se acordó realizar bajo la modalidad de practica académica para suplir estas falencias en área de producción, se direccionaron en una propuesta de implementación del TPM, que abarcó las principales falencias encontradas, sin afectar sus altos estándares de calidad, la cual mantienen a la empresa en un alto valor comercial, así mismo, se tuvo en cuenta oportunidades de mejora puntuales que ayudaron a disminuir los tiempos de producción, como lo fue, la redistribución de la red neumática garantizando el suministro de aire requerido y la optimización del molino de caucho con base al estándar LILA, aumentando su confiabilidad, disponibilidad y funcionamiento.

Introducción

A'sellaseg Ingeniería S.A.S es una empresa con sede principal en La Estrella Antioquia, la cual se dedica a la fabricación de repuestos técnicos para la industria en caucho y plástico, entre los procesos de manufactura está la fabricación de moldes para vulcanizado de caucho e inyección de plástico, mecanizado de piezas plásticas, materiales compuestos de origen polimérico y metales. En este trabajo se desea realizar una revisión del estado actual del proceso productivo, efectuando toma de datos, analizando indicadores acordes a las actividades que se realizan, para identificar oportunidades de mejora. Haciendo énfasis en un plan de mantenimiento que permita tener confiabilidad y disponibilidad de las maquinas.

Se analizará disponibilidad de la maquinaria y variantes en el proceso de producción que presentan pérdidas de tiempo, reprocesos por calidad y demora en la entrega del producto terminado, estos factores negativos bajan la competitividad de la empresa frente al mercado.

Se buscará la mejora de los procesos tomando como base el TPM en donde se pretende trabajar el principal objetivo, implementando estándares, teniendo un control adecuado sobre la disponibilidad y estado de las máquinas, para disminuir pérdidas de tiempo productivo y proponiendo herramientas que faciliten actividades que requieran esfuerzo físico por parte de los operarios.

Con la propuesta implementación de la metodología del TPM en la empresa A'sellaseg Ingeniería S.A.S. busca cumplir objetivos que permitan el desarrollo de la compañía con un mejoramiento continuo y aumentar la satisfacción del cliente, para cumplir con estos objetivos, se analizara la viabilidad de implementar la metodología junto con unas observaciones que permitan una mejora en el proceso, en esta mejora se optimizan los activos empresariales como lo son maquinaria, materia prima, mano de obra y la metodología de trabajo.

Objetivos

Objetivo General

Analizar las variables principales del proceso productivo, a través de un programa que permita presentar alternativas de mejora.

Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico para identificar las principales perdidas en el proceso productivo.
- Desarrollo de un programa de mejoramiento.

- Identificar riesgos y pérdidas en el proceso productivo.

Marco Teórico

TPM

El TPM se define como Mantenimiento Productivo Total, en el que se requiere que todas las partes de la fábrica, involucrando todos los departamentos en la implantación del TPM, incluyendo desarrollo, ventas y administración, participen en la búsqueda de una mejora continua en los procesos, creando ambientes de trabajo productivos, seguros y agradables, optimizando el acceso y la ergonomía entre las personas y el equipo que emplean, además de esto el TPM busca tener un resultado donde haya cero accidentes, cero averías, cero defectos y cero paradas no planeadas. (Suzuki, 1995)

Tabla 1*Pasos de implementación de la metodología TPM*

FASE	ETAPA	ASPECTOS DE GESTIÓN
1. Preparación	1. Decisión de aplicar el TPM en la empresa	La alta dirección hace público su deseo de llevar a cabo un programa de TPM a través de reuniones internas, boletines de la empresa etc.
	2. Información sobre TPM	Campañas informativas a todos los niveles para la introducción del TPM.
	3. Estructura promocional del TPM	Formar comités especiales en cada nivel para promover TPM. Crear una oficina de promoción del TPM.
	4. Objetivos y políticas básicas TPM	Analizar las condiciones existentes; establece objetivos y prever resultados
	5. Plan maestro de desarrollo del TPM	Preparar planes detallados con las actividades a desarrollar y los plazos de tiempo que se prevean para ello.
2. Introducción	6. Arranque formal del TPM	Conviene llevarlo a cabo invitando a clientes, proveedores y empresas o entidades relacionadas.
3. Implantación	7. Mejorar la efectividad del equipo	Seleccionar un(os) equipo(s) con pérdidas crónicas y analizar causas y efectos para poder actuar.
	8. Desarrollar en programa de mantenimiento autónomo	Implicar en el mantenimiento diario a los operarios que utilizan el equipo, con un programa básico y la formación adecuada.
	9. Desarrollar un programa de mantenimiento planificado	Incluye el mantenimiento periódico ó con parada, el correctivo y el predictivo.
	10. Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento	Entrenar a los lideras de cada grupo que después enseñaran a los miembros del grupo correspondiente.
	11. Gestión temprana de equipos	Diseñar y fabricar equipos de alta fiabilidad y mantenibilidad.
4. Consolidación	12. Consolidación del TPM y elevación de metas	Mantener y mejorar los resultados obtenidos, mediante un programa de mejora continua, que pueda basarse en la aplicación del ciclo PDCA.

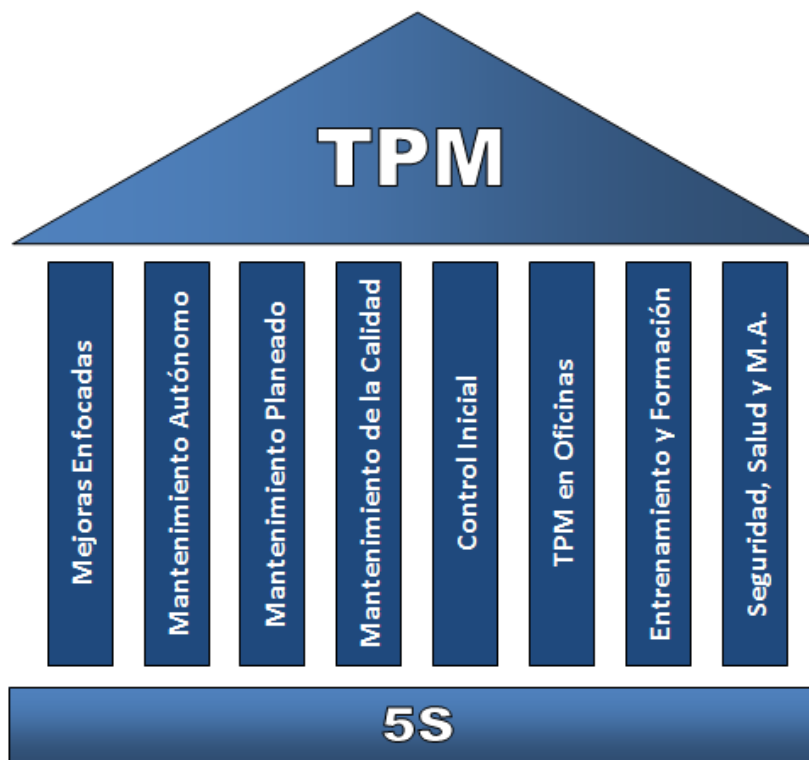
(Rodríguez, 2014)

Pilares del TPM

Para la implementación de la metodología del TPM se requieren tener unas bases sólidas, las cuales están conformadas por 8 pilares fundamentales y un cimiento donde el paso cero o 5's tiene como base para poder construirlos, estos pilares son los encargados de planear y desarrollar estrategias que permitan desarrollar una correcta metodología de trabajo, donde cada pilar tiene un papel único.

Ilustración 1

Pilares del TPM.



Mejoras Enfocadas (ME)

Maximiza la eficiencia del sistema productivo, a través de la identificación, priorización y eliminación de pérdidas en toda la Compañía, ofreciendo metodología a los diversos procesos y Pilares. (Suzuki, 1995)

Mantenimiento Autónomo (MA)

Es un conjunto de actividades que se realizan diariamente por los operarios donde se tiene en cuenta en todo momento la metodología de las 5's, se debe realizar inspección, lubricación, remplazo de piezas, reparaciones pequeñas, ajustes y solución de averías o fallas, chequeo de equipos, entre otras, con el fin de mantener todo en óptimas condiciones. (Suzuki, 1995)

Mantenimiento Planeado (MP)

Asegura la confiabilidad de los equipos, implementando planes de prevención y técnicas de diagnóstico para lograr las Cero Averías, optimizando así los costos. (Suzuki, 1995)

Mantenimiento de la Calidad (MQ)

Realiza sistemáticamente actividades que le permiten identificar y lograr en los equipos las condiciones necesarias para alcanzar cero defectos de calidad. (Maintenance, TPM en Industrias en Proceso., 1995)

Control Inicial (MI)

Incorpora el aprendizaje y las necesidades de todos los pilares en el desarrollo de nuevos productos y puesta en marcha de nuevas tecnologías, minimizando los costos y tiempos asociados. (Suzuki, 1995).

TPM Administrativo (Mg)

Mejora la organización y gestión de los procesos administrativos y de apoyo, incrementando los conocimientos y habilidades del personal, creando un sistema capaz de responder al cambio mientras se cumplen los objetivos. (Suzuki, 1995)

Entrenamiento y formación (EE)

Promueve el desarrollo de competencias a través de la aplicación del Ciclo Ideas, facilitando el cumplimiento de los objetivos de la Organización. (Suzuki, 1995)

Seguridad y Medio Ambiente (Ss)

Crea un sistema de gestión que promueve y apoya a todos los procesos para lograr un ambiente de trabajo sano, ordenado, libre de contaminación y con Cero Accidentes. (Suzuki, 1995)

5's

Las 5'S provienen de unas siglas en japones las cuales son:

Seiri (Organizar o clasificar)

Consiste en identificar el material indispensable para realizar las labores que el proceso requiere. Lo de más se considera como innecesario, así que se elimina o se separa para darle otro lugar. A partir de esto se realiza un inventario estándar de cada puesto de trabajo. (Berganzo, 2016)

Seiton (Orden)

Después de clasificar se debe ordenar, lo que se refiere a encontrar la ubicación más adecuada para cada cosa, dependiendo de su frecuencia de uso y requerimientos de almacenamiento, usando dibujos, etiquetas o moldes para facilitar su identificación. (Berganzo, 2016)

Seiso (Limpiar)

Mientras se ordena, se realiza limpieza en la zona de trabajo y de almacenamiento, para garantizar un ambiente adecuado para realizar las labores y reduciendo accidentes. (Berganzo, 2016)

Seiketsu (Estandarizar)

En los estándares se busca mantener el orden y la limpieza, estandarizar procedimientos que aumenten el rendimiento manteniendo la calidad del producto o mejorándolo, detectar y señalar anomalías o irregularidades en el proceso. (Berganzo, 2016)

Shitsuke (Disciplina)

Mantener lo realizado en las “S” anteriores y tener una mejora continua es a lo que se refiere con disciplina, ya que las 5´s se refiere a un ciclo que se repite, se requiere de un método el cual es el PDCA también conocido como CAPDO, para una mejora continua. (Berganzo, 2016)

CAPDO

Plan (Planear)

Identificar los problemas que se pueden enfrentar en la ejecución de un proyecto, requisitos, recursos necesarios y objetivos. (Escuela Europea de Excelencia, 2020)

Do (Hacer)

Desarrollar soluciones y prototipos que pongan en práctica los objetivos y dificultades del proyecto para obtener información. (Escuela Europea de Excelencia, 2020)

Check (Verificar)

Se miden y se evalúan los resultados, donde se plantean rediseños, ajustes y mejoras. (Escuela Europea de Excelencia, 2020)

Act (Actuar)

Fase final donde se observan oportunidades de mejora y se pone en marcha por completo el proyecto, generando acciones correctivas y se reinicia el ciclo. (Escuela Europea de Excelencia, 2020)

Pequeño Equipo de Trabajo (PET):

Está compuesto por los colaboradores que operan una máquina, este se integra por operarios y técnicos, busca el desarrollo de habilidades y capacitación técnica, compromiso con el desarrollo de las actividades, utiliza los cinco sentidos y el sentido común, realiza las actividades preestablecidas por los pilares, expone sus dificultades del trabajo y realiza mejoramientos alcanzando las metas establecidas por el comité gerencial. (Suzuki, 1995)

Lección de un Punto (LUP):

Es el eje de formación TPM donde se plasma un concepto básico que puede ser enseñado o aprendido en 10 minutos. (Skool). En la Gráfica 6 se muestra un ejemplo de cómo debe ser una LUP, una de las características de esta herramienta es que debe ser 80% gráfica y 20% textual. (Rodríguez, 2014)

Plan de mejora

Se trata de un conjunto de acciones planeadas, organizadas, integradas y sistematizadas para obtener cambios y mejoras de procedimientos en la organización.

La metodología consta de cinco niveles: análisis de las causas que generan problema, propuesta y planificación del plan de mejora, implementación de la mejora seguimiento continuo, evaluación de toda la metodología aplicada. (Proaño et al, 2017)

Estas acciones buscan proporcionar beneficios a la organización, como reducción de costos, incremento de la productividad, mejora de la calidad, satisfacción del cliente, una adecuada comunicación entre las áreas y mayor nivel productivo.

Indicadores PQCDMSM

P (Productividad): incrementar capacidad productiva por persona, mejorar la producción, el EGE (efectividad global del equipo), disminuir fallas, recortes y sobrecarga de labor. (Rodríguez, 2014)

Q (Calidad): reducir defectos, reprocesos y garantías en la producción. (Rodríguez, 2014)

C (Costos): reducir el costo operacional, de mantenimientos y el gasto energético. (Rodríguez, 2014)

D (Entrega): reducir el almacenamiento en bodega, aumentar la rotación de inventarios. (Rodríguez, 2014)

S (Seguridad y medio ambiente): cero accidentes en el personal y gestión adecuada de los residuos. (Rodríguez, 2014)

M (Motivación): aumentar el desempeño de los colaboradores, adquiriendo así un aumento en las propuestas de mejora por parte de ellos, en este indicador se encuentran las tarjetas rojas y azules, así como su gestión, estándares y LUP'S. (Rodríguez, 2014)

Pilar de educación y entrenamiento.

Este pilar tiene como objetivo capacitar los colaboradores, así como reforzar y transferir conocimientos a todo el personal del área de trabajo, con el fin de obtener un equipo de trabajo en igualdad de condiciones y conocimientos, generando estándares altos.

Para este pilar se debe tener muy en cuenta en qué nivel se encuentra cada uno de los colaboradores, realizar estándares con los más experimentados, los cuales sean útiles para capacitar a los de menor experiencia, para mejorar sus habilidades y conocimientos, además es importante mantener actualizados estos estándares con retroalimentación con los colaboradores, tratando de mejorar tiempos y calidad. (Rodríguez, 2014)

Árbol de pérdidas: Es una herramienta que permite identificar todas las pérdidas de la organización, cuantificándolas y valorándolas. Permite hacer la priorización de las pérdidas de manera que se puedan eliminar una a una, por medio de grupos de mejora, en un determinado período de tiempo. Su objetivo es la eliminación de las pérdidas y, por consiguiente, la obtención de ganancias (im&c Internacional, 2009).

Las 16 grandes pérdidas industriales en las cuales se basa el TPM, como guía para poder identificar el estado de una empresa, está dividida en dos tipos de pérdidas, las pérdidas

que impiden la efectividad de los equipos, (que se subdividen en planeadas y no planeadas) y las pérdidas que impiden la efectividad del trabajo humano.

Pérdidas que impiden la efectividad de los equipos planeadas.

1. Paradas planificadas: estas pérdidas en sí, no se toma como pérdida de la línea, ya que está compuesta de actividades necesarias para el buen funcionamiento, la calidad de producción y la confiabilidad de los equipos, como lo son, ajustes de la línea, mantenimiento planeado, inspección, chequeo, limpieza, reuniones, capacitaciones, pausas activas del personal, pruebas de calidad, entre otras. Este tipo de actividades deben ser monitoreadas, para garantizar un uso adecuado del tiempo que se dispone, disminuyendo este al máximo posible (Pérez, 2013).

2. Pérdidas por cambio de producto, arranques y ajustes: Se refiere al tiempo necesario para preparar o ajustar el equipamiento entre una parada y la puesta en marcha en régimen. Se contabiliza desde que se paró hasta que el equipamiento se encuentra nuevamente a la velocidad de diseño, o en su defecto a la velocidad planificada de producción, fabricando productos conformes (Pérez, 2013).

Pérdidas que impiden la efectividad de los equipos no planeadas.

3. Pérdidas por averías en equipos: este se refiere a las fallas que tenga un equipo y que esta afecte la calidad o impida completa o parcialmente la continuación de la producción (Pérez, 2013).

4. Pérdidas por averías en los procesos: estas fallas son ajenas al equipo, son causadas por factores en el proceso de producción como lo son metodología de trabajo, materia prima y obstrucciones por factores inseguros (Pérez, 2013).

5. Pérdidas por ajustes y puesta a punto: Son pérdidas de tiempo por cambios no planificados de herramientas de corte y/o piezas de desgaste. Estos cambios requieren la paralización de la línea para reposición de estos elementos debido al desgaste normal o acelerado ocasionado por el uso. Esta pérdida incluye el reemplazo de moldes, brocas, matrices, cuchillas, etc. (Pérez, 2013).

6. Pérdidas por pequeñas paradas: La pérdida por paradas cortas es diferente de las otras pérdidas, pues corresponde a la parada o inactividad durante poco tiempo (menos de 5 o 10 minutos), debido a problemas temporarios. Este tipo de pérdida tiende a ser considerado un problema “de importancia secundaria” y normalmente no es registrado (Pérez, 2013).

7. Pérdidas por velocidad reducida: Las pérdidas por velocidad corresponden a la diferencia entre la velocidad teórica proyectada por el fabricante para la operación del equipamiento y la velocidad real de funcionamiento de este (Pérez, 2013).

8. Pérdidas por fabricación de productos defectuosos y reprocesos: este tipo de pérdida sucede cuando hay producción inconforme, que no cumple con los requerimientos básicos solicitados por el cliente (Pérez, 2013).

Pérdidas que impiden la efectividad del trabajo humano

A pesar de que las 8 pérdidas que constituyen obstáculos a la efectividad de los equipamientos son las más conocidas, es necesario destacar que las pérdidas asociadas al trabajo humano suelen acompañarlas (Pérez, 2013).

La cantidad / frecuencia de las pérdidas originadas en el trabajo de las personas depende de la capacidad (competencias) de los trabajadores, de los métodos operacionales, de la localización física de los operadores en el área de trabajo y del

nivel de competencias de las jefaturas encargadas del área de producción industrial, entre otros (Pérez, 2013).

9. Pérdidas por deficiencia en la gestión: Las pérdidas por deficiencias en la gestión son causadas por el tiempo de espera de materiales, personal, instrucciones, reinicio luego de refrigerios o cambio de turnos, ineficiencias de los Servicios de Terceros, piezas que deben ser retrabajadas, reparaciones mal hechas, etc. Es decir, tiempos en los que se deja de producir debido a desorganización (Pérez, 2013).

10. Pérdidas por Movimientos (Deficiencias en la Operación de Equipamientos): Estas pérdidas están constituidas por pérdidas de tiempo de las personas para realizar distintas operaciones, como por ejemplo ajustes, cambio de moldes, etc. Puede deberse a falta de capacitación y/o diferentes niveles de experiencia entre los operadores (Pérez, 2013).

11. Pérdidas por organización ineficiente en la línea de producción: Se refiere a tiempo perdido de las personas como resultado de un balance inadecuado de la línea (Pérez, 2013).

12. Pérdidas Por Falta De Sistemas Automáticos. Deficiencias Logísticas: Son aquellas pérdidas por falta de tecnología que automatice y por lo tanto se requiere más personas que las estrictamente necesarias (Pérez, 2013).

13. Pérdidas Por Mediciones, Controles Y Ajustes Excesivos: Son pérdidas de tiempo debido a mediciones, controles y ajustes demasiado frecuentes realizados por el operador como consecuencia de procesos inestables (Pérez, 2013).

Pérdidas que impiden el uso efectivo de los recursos de la producción:

14. Pérdidas de energía: Las pérdidas de energía están constituidas por la energía invertida (agua, electricidad, gas, combustibles, gas de auto-elevadores, vapor, aire

comprimido, etc.) que no se utiliza con eficiencia en el procesamiento industrial. Esta categoría incluye las pérdidas ocasionadas por accionamiento, las pérdidas de temperatura durante el procesamiento y las pérdidas por tiempo ocioso (Pérez, 2013).

15. Pérdidas de rendimiento de materiales productivos: Son pérdidas asociadas a la diferencia entre el peso de las materias primas utilizadas en la fabricación y el peso de los respectivos productos acabados con calidad aprobada (productos conformes) (Pérez, 2013).

16. Pérdidas de rendimiento de materiales accesorios: Las pérdidas de rendimiento de materiales accesorios son constituidas por el dinero adicional gastado para reemplazar herramientas y repuestos o reacondicionar matrices, moldes y plantillas, resultado tanto de roturas como de desgaste por el uso (Pérez, 2013).

OEE (Overall Equipment Effectiveness): También conocido en español como EGE (Eficiencia Global de los Equipos), es un indicador que hace parte del árbol de pérdidas, el cual nos indica la situación actual de los equipos, describiendo su eficiencia de uso basado en la tasa de disponibilidad de la máquina, la cual se refiere al estado óptimo para realizar un trabajo, la tasa de rendimiento que tiene la máquina al realizar un trabajo y la tasa de calidad de producción. Este indicador envuelve todas las posibles pérdidas por las cuales la máquina no dispone de su total capacidad de trabajo. (Cuatrecasas, 2000)

Metodología propuesta para implementación del TPM

Para garantizar el buen desarrollo de la implementación de la metodología en la empresa A'sellaseg Ingeniería S.A.S., se requiere de un acompañamiento constante de un equipo de trabajo que vele por el cumplimiento de las actividades que encaminan el proyecto

al éxito. Inicialmente se realiza un plan de implementación, el cual será enfocado en un área piloto, el cual se indica a continuación.

Como estrategia inicial, se desea iniciar con la metodología de las 5'S, la cual corresponde al paso cero del TPM, donde se busca clasificar, limpiar, ordenar, estandarizar el proceso y tener una mejora continua (disciplina), generando así una cultura de mantener el espacio de trabajo en condiciones adecuadas para realizar las diferentes labores a las cuales han sido designados, desarrollando la habilidad de tener un control visual, auditivo y sensitivo, que permita detectar anomalías en el funcionamiento de los equipos y herramientas, para esto es necesario tener un conocimiento básico del funcionamiento, las partes, rangos de temperatura y presión de trabajo normales de la máquina.

La forma principal de utilizar los cinco sentidos en una operación de inspección en una máquina es realizando una limpieza, detectando partes desajustadas, fugas o filtraciones, cables mal anclados o descubiertos, residuos, contaminación y otro tipo de anomalías que alteren el buen funcionamiento del equipo o afecte la calidad de la producción, este tipo de limpieza se realiza de forma profunda, donde se tiene contacto con todas las partes del equipo.

Los sentidos ayudan a detectar fácilmente fallos o situaciones anormales en el equipo que operamos, con el olfato podemos detectar fuego o cortos eléctricos, con el tacto podemos encontrar desajuste de piezas, vibraciones, variantes de temperatura, con el oído podemos detectar sonidos inusuales y con la vista se puede detectar cualquier perturbación como fugas, objetos fuera de lugar, lecturas de instrumentos de medición y movimientos anormales.

Después de detectar las anomalías en la máquina, se deben generar acciones correctivas, que garanticen una seguridad a la hora de operar la máquina y su buen funcionamiento, para este se realizan tarjetas rojas y tarjetas azules, que, dependiendo del

requerimiento de la acción, interviniendo de forma inmediata o con programación previa, las fallas se deben clasificar y dependiendo del tipo de falla se toma decisiones correctivas o de mejora.

Para poder profundizar en el estado actual de la empresa, se usan los indicadores PQCDMS en los cuales se debe tener en cuenta cuales son los criterios que se usan para poder ser implementados adecuadamente; adicionalmente se realiza un árbol de perdidas, el cual complementa lo obtenido con los indicadores, dando una guía más clara de cómo se debe actuar frente a los problemas y debilidades encontradas.

Línea de producción o proceso: se miden eficiencias, perdidas, accidentes, fallas y defectos.

Maquina o equipo: se mide la frecuencia de mantenimiento, MTBF, defectos y fallas.

Producto: se mide su calidad, costos y defectos.

Personal: se mide desempeño, conocimientos, habilidades, accidentabilidad e incidentes.

Tabla 2

Matriz de resultados y desempeño.

Indicadores PQCDMS				
Tipo de indicador	Indicador evaluado	Unidades del indicador	Forma de calcular el indicador	Área responsable del indicador
P	OEE, Disponibilidad,	%	$\%Disponibilidad \times \%Rendimiento \times \%Calidad$	Ingeniería y Departamento

	Desempeño y Calidad.			de producción.
Q	Reclamos y Defectos.	#	Numerar la cantidad	Ingeniería, departamento de producción y calidad.
C	Margen de ganancia.	%	$\frac{\$ \text{ de venta} - \$ \text{ de producción}}{\$ \text{ de venta}} \times 100$	Departamento administrativo
D	Cumplimiento de entrega.	%	$\frac{\text{pedidos entregados a tiempo}}{\text{pedidos solicitados}} \times 100$	Departamento de producción y ventas.
S	Generación de residuos no aprovechables, tasa de accidentalidad.	Kg, % y #.	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de kg producidos - $\frac{\text{material desperdiciado}}{\text{materia prima preparada}} \times 100$ - $\frac{\# \text{ de accidentes}}{\# \text{ de colaboradores}} \times 100$ 	Seguridad y salud, producción.
M	Lup's, habilidades adquiridas, estándares, gestión de tarjetas rojas y azules, satisfacción del personal.	# y %.	$\frac{\text{resultado obtenido}}{\text{resultado esperado}} \times 100$	Seguridad y salud, talento humano

(Rodriguez, 2014)

Para el cálculo del OEE se tienen en cuenta 6 grandes pérdidas las cuales se clasifican en disponibilidad, rendimiento y calidad (tabla 3), debido a que el indicador de OEE se enfoca en las pérdidas de los equipos, no se tienen en cuenta las pérdidas programadas y administrativas como se indica en la ilustración 2

Tabla 3

Tabla de tiempo y de pérdidas

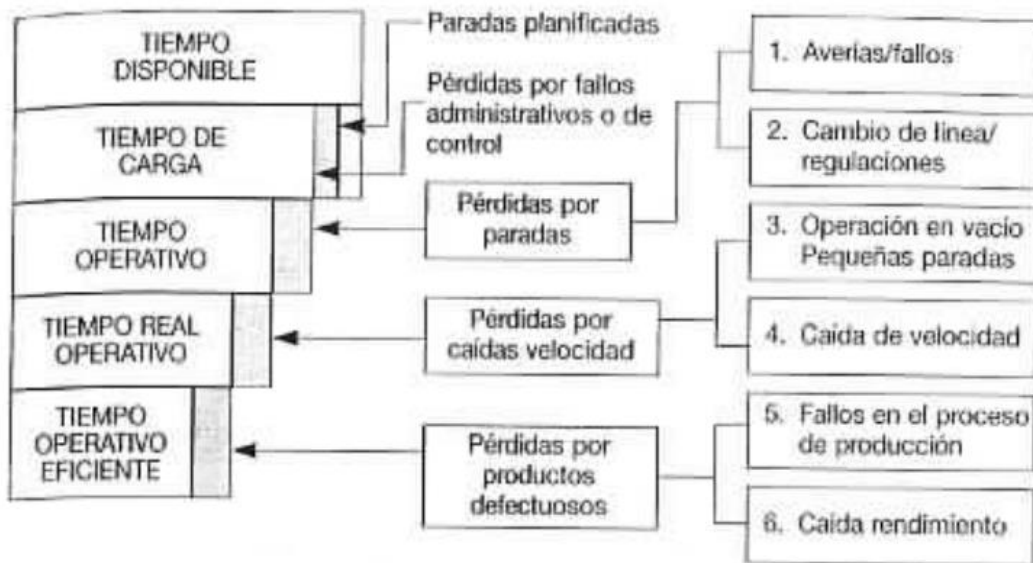
Tipo	Pérdidas	Tipo y características	Objetivo
Tiempos muertos (Disponibilidad).	1. Averías.	Fallos o averías.	Eliminar.
	2. Tiempos de preparación y ajuste de los equipos.	Disposición de herramientas necesarios o ajustes para iniciar marcha.	Reducir.
Pérdidas de velocidad del proceso (Rendimiento).	3. Tiempo en vacío y paradas cortas.	Tiempo en espera del equipo para poder continuar.	Eliminar.
	4. Funcionamiento a velocidad reducida.	Velocidades reducidas según las proyectadas.	Anular o hacer negativa la diferencia.
Productos o procesos	5. Defectos de calidad.	Producción defectuosa,	Eliminar.

defectuosos (Calidad).		incumplimiento de calidad.	
	6. Reproceso.	Trabajos en producción por garantía.	Eliminar.

(Cuatrecasas, 2000)

Ilustración 2

Tiempos operativos de acuerdo con las pérdidas asociadas a los equipos.



(Cuatrecasas, 2000)

Para poder determinar el tiempo real de operación se debe relacionar los tiempos asociados a cada una de las pérdidas (ver tabla 4).

Tabla 4

Obtención de tiempos en la eficiencia de los equipos.

Tiempo	Tiempo obtenido deduciendo la pérdida	Sigla para cálculo
---------------	--	---------------------------

Tiempo disponible	Tiempo previsto en que el equipo se pueda utilizar	TD
Tiempo de carga	Mantenimiento productivo, preventivo, pausas activas y ajustes.	TC
Tiempo operativo	Averías, reparaciones, ajustes y preparaciones.	TO
Tiempo operativo real	Paradas cortas, reducción de velocidad.	TOR
Tiempo operativo eficiente	Producción defectuosa, garantías.	TOE

(Cuatrecasas, 2000)

Teniendo en cuenta las siglas anteriores y su relación con los tiempos de los cuales se deben realizar las deducciones, las fórmulas para realizar el cálculo del OEE son:

Ecuación 1.

$$OEE = \%Disponibilidad \times \%Rendimiento \times \%Calidad \quad (1)$$

Donde:

$$\%Disponibilidad = \frac{TO}{TC} \times 100 \quad (2)$$

$$\%Rendimiento = \frac{TOR}{TO} \times 100 \quad (3)$$

$$\%Calidad = \frac{TOE}{TOR} X 100$$

(4)

El ideal de este indicador es llegar a un OEE=100%, en la búsqueda de este se deben plantear costos, requerimientos de habilidades en el personal, herramientas y gestión adecuadas de las actividades, que me garanticen satisfacción en la calidad.

Pasos de implementación de mantenimiento autónomo

Paso cero mantenimientos autónomos: 5's

El paso cero, busca implementar una cultura con disciplina y constancia, la cual está fundamentada en la metodología de las 5'S.

La aplicación de las 5's, se inicia identificando las zonas donde más se encuentren objetos innecesarios, mal ubicados y en mal estado, despejando la zona de trabajo.

El paso cero del TPM va ligado de otros pasos, los cuales hacen posible desarrollar la implementación de este, como lo es el listado de elementos necesarios e innecesarios y el mapa de orden y verificación de estos elementos.

Generar Pequeños equipos de trabajo para desempeñar labores a los colaboradores, direccionadas hacia la implementación y mejora de los pilares desarrollados en el área de trabajo.

Etapa 1 de paso cero

Limpieza con inspección: en este paso se elimina, el polvo y suciedad en los equipos y sus alrededores, con el propósito de detectar y corregir anomalías.

Etapa 2 de paso cero

Eliminación de lugares de difícil acceso (LDA) y focos de contaminación (FC):

Se realizaron disminuciones en las fuentes de suciedad, medidas contra la diseminación de la suciedad y mejoras en los lugares de difícil acceso con el objetivo de reducir tiempos dedicados a limpieza y actividades de mantenimiento.

Se ha planteado un determinado número de mejoras para los focos de contaminación detectados anteriormente, los cuales están siendo evaluadas por gerencia, para ser tomadas en el presupuesto de mejoras enfocadas.

Etapa 3 de paso cero**Lubricación y ajuste (estándares LILA)**

Elaborar normas de procedimiento, para que los trabajos de limpieza, lubricación, ajuste e inspección sean realizados de modo consistente, se debe definir el tiempo durante el cual las actividades del estándar tienen que realizarse para no intervenir en tiempos de producción.

Etapa 4 de paso cero

Inspección general: educación y capacitación técnica con base en los manuales de inspección. Detección y corrección de fallas mínimas a través de la inspección general.

(Villegas, 2008)

Etapa 5 de paso cero

Inspección autónoma: revisión de las normas provisionales de limpieza, lubricación e inspección, para la elaboración de normas que pueda ser aplicadas de modo eficaz y consistente. Elaboración y utilización de formularios de mantenimiento autónomo.

Elaboración y utilización de formularios de Mantenimiento Autónomo. (Villegas, 2008)

Etapa 6 de paso cero

Estandarización de sistema de MA (mantenimiento autónomo): estandarización de los diversos ítems controlados en el puesto de trabajo con el objetivo de sistematizar completamente el mantenimiento y la gestión: normas sobre la logística de planta, estandarización de los registros de datos, normas para el control de las herramientas, normas para la garantía de calidad en el proceso. (Villegas, 2008)

Etapa 7 de paso cero

Control autónomo pleno: desarrollo de directrices y metas de la empresa como incorporación de actividad de mejora a la rutina, análisis y registro preciso de MTBF (tiempo medio entre fallas), con realización de estudios y mejoras en los equipos.

Paso 1: Mantenimiento autónomo

Limpieza con inspección:

El mantenimiento de las condiciones básicas de un equipo es indispensable, este se busca a través de los estándares de limpieza, inspección, lubricación y ajuste, conocidos en TPM como LILA.

La limpieza se basa en la eliminación de todo contaminante que altere el funcionamiento óptimo de la máquina, poniendo en riesgo la calidad de los productos y la seguridad del personal de operación.

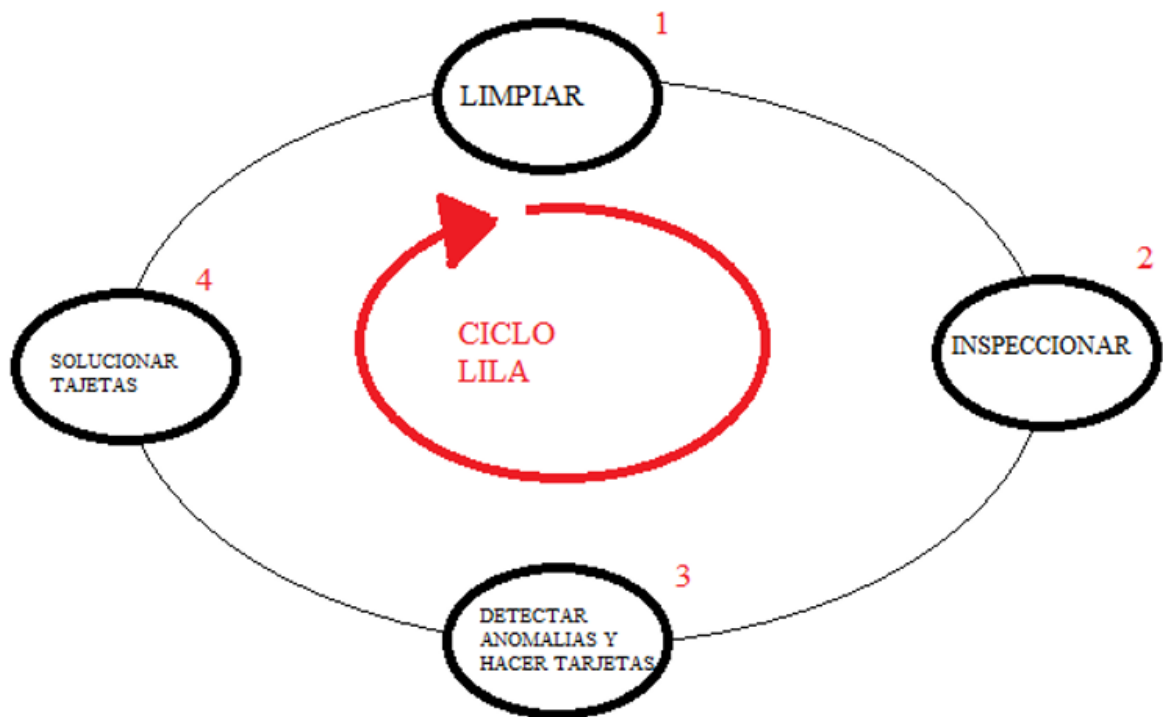
La inspección está acompañada de la limpieza, donde a través de revisiones minuciosas y detalladas, se pueden determinar fallas o alteraciones donde su condición óptima este alterada, poniendo en riesgo el funcionamiento de la maquina y ocasionando fallas más graves.

La lubricación consiste en mantener con la cantidad correcta de aceite, grasa o agente lubricante que disminuya la fricción de partes móviles y conserve el buen estado de las piezas evitando corrosión y suave operación de las piezas en contacto.

El proceso de ajuste es donde el operario hace una verificación de la tornillería, guías, bancadas y elementos mecánicos que entran en operación cuando la maquina esté en funcionamiento, garantizando así su correcto posicionamiento, aprietes y holguras.

Ilustración 3.

Ciclo Lila



Fuente: Propia.

Para poder realizar correctamente este paso, es necesario generar estándares de limpieza, inspección, lubricación y ajuste, donde se garantice una correcta aplicación de la herramienta, también es importante eliminar los LDA y FC posibles, para facilitar las actividades de limpieza y mantenimiento.

La elaboración de la guía de limpieza LILA está dividido por etapas:

Etapa 1: reunión de las áreas encargadas como son mantenimiento planeado, mantenimiento autónomo, mantenimiento de la calidad y seguridad, salud y medioambiente, donde se determinará que equipos se les va a realizar guías de limpieza y generar un cronograma de las actividades.

Etapa 2: se determina que integrantes del PET de la zona, realizaran las guías de limpieza, y que deben coordinar con los responsables designados por los pilares para acompañamiento de la actividad.

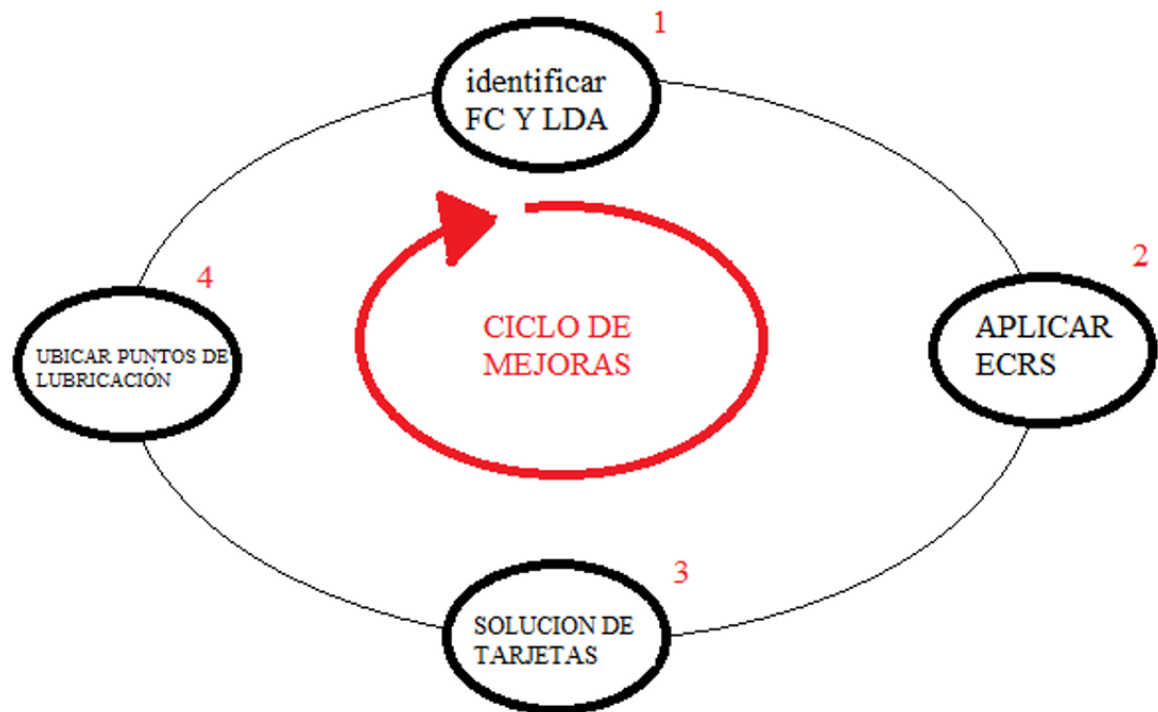
Etapa 3: se realizan LUP'S que indique con claridad y correctamente como se debe realizar la actividad y que puntos deben ser lubricados, principios de funcionamiento, puntos clave, después de realizar la lubricación, el PET realizará una limpieza adecuada donde se tenga claro el destino de los residuos, estas actividades deben ser con toma de tiempo para garantizar mejoras en los estándares.

Etapa 4: el resultado debe ser plasmado en el formato suministrado para realizar la guía de limpieza para posteriormente ser revisado y aprobado por los miembros de los pilares.

Paso 2 mantenimiento autónomo:

Eliminación de fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso.

La eliminación de FC y LDA, trae como beneficio reducir hasta en un 60% el tiempo requerido para realizar limpieza, lubricación y ajuste, generando así más tiempo disponible para la producción. Al igual que en el ciclo LILA, se toma una base similar para garantizar un constante flujo en las tareas para ejecutar esta eliminación.

ETAPA 1**Ilustración 4.***Ciclo de mejoras*

Fuente: propia.

ECRS

- **ELIMINAR:** tratar de disminuir pasos innecesarios, buscando puntos que no den valor al trabajo, suprimiendo estos. (Jimenez, 2018)
- **COMBINAR:** si la eliminación es algo que no se puede hacer, se opta por combinar, tratando así de disminuir tiempos o actividades innecesarias, esta combinación debe estar abordada con un quién, dónde y cuándo. (Jimenez, 2018)
- **REORGANIZAR:** verificar si la secuencia de la actividad es la mejor o se puede organizar de una forma diferente. (Jimenez, 2018)

- **SIMPLIFICAR:** disminuir la dificultad de la tarea o suministrando herramientas que ayuden a optimizar la labor. (Jimenez, 2018)

Paso 3 Mantenimiento Autónomo

Estándares LILA

ETAPA 2

Ilustración 5.

Ciclo de confiabilidad.



Fuente: Propia.

El estándar de lubricación debe estar compuesto de:

- Elementos de seguridad necesarios para realizar la operación
- Condiciones en las que debe estar la máquina para una operación segura y eficaz.
- Herramientas necesarias para realizar la operación de lubricar.

- Cantidad, frecuencia y tipo de lubricante a utilizar.
- Descripción clara de el orden en el que se debe ejecutar la operación.
- Condiciones finales de la maquina después de ser lubricada.
- Disposición final de los residuos.

Resultados y análisis

Inicialmente, se realiza un análisis a través de una matriz DOFA para determinar los puntos clave a tratar, identificando las debilidades, fortalezas, oportunidades y amenazas que puedan afectar el proyecto.

Presentación de la empresa, Diagnóstico del estado actual

Debilidades

Aunque la empresa lleva 27 años en el mercado, solo se ha dedicado a realizar mantenimientos correctivos, con lo cual las paradas de planta y el estado óptimo de las máquinas son algo que no se tiene controlado, también se observa que el mal estado de las herramientas y equipos son debido a la inadecuada gestión, limpieza y manejo, esto indica que hace falta una cultura que genere sentido de pertenencia por el espacio y maquinaria en donde esté trabajando el operario.

La seguridad es otro factor que se ve afectado con la inadecuada distribución de la planta, la falta de marcación de zonas de riesgo, alta temperatura y tensión eléctrica, se deben identificar tanto para operarios, personal visitante y de mantenimiento.

Los estándares de trabajo deben garantizar producción de calidad, donde los procedimientos sean adecuados, seguros y sin afectación de las herramientas o equipos, además la inspección visual y el conocimiento del funcionamiento de la maquinaria son factores que permite identificar de manera oportuna las posibles fallas.

Oportunidades

Debido a todas las debilidades encontradas, las oportunidades de mejora son más claras, una oportunidad es el cambio de cultura empresarial que genere sentido de pertenecía, donde se cree un ambiente de trabajo limpio, seguro y agradable.

Hay oportunidades de mejora en la redistribución de planta, donde se aproveche de una mejor manera el espacio, como la distribución de la red hidráulica, neumática y áreas de trabajo.

Fortalezas

La empresa ha estado certificada por el ICONTEC bajo la norma ISO 9001, la cual bajo sus exigencias ha permitido que haya una evolución en la parte de calidad, con esta se han implementado mejoras en el proceso para mantener la competitividad cumpliendo las solicitudes.

Amenazas

La principal amenaza detectada es el personal que no cuenta con disposición de cambiar el trabajo individual, con desinterés por el estado de las herramientas y maquinaria, siguiendo así con el mantenimiento correctivo al no implementar la metodología del TPM.

Tabla 5*Matriz Dofa.*

DOFA	FORTALEZAS Disposición por parte del área ejecutiva de apoyar la propuesta de implementar metodologías como el TPM, que permitan una mejora continua en la empresa. Certificación ISO9001, que indica un cumplimiento de calidad y la implementación de requisitos para cumplir metas.	DEBILIDADES Poco orden y limpieza en las áreas de trabajo y almacenamiento de herramientas. Inadecuado manejo de las herramientas de trabajo. Gestión y conocimiento indebido de los equipos y herramientas. Falta de demarcación de las zonas de riesgo.
OPORTUNIDADES Implementar metodologías que mejoren el ambiente laboral, la cultura, la disponibilidad de la maquinaria y el uso adecuado de los equipos. Redistribución de zonas de producción que permitan un mejor flujo de los productos manufacturados.	FO: Estrategia de éxito Apoyo entre el gestor de calidad, los auditores internos y las observaciones realizadas en auditorias anteriores, donde se obtengan estrategias de mejora. Aplicación de las 5'S, que permitan tener una zona ordenada con un flujo adecuado en la línea de producción.	DO: Estrategia de adaptación Mantener áreas de trabajo limpias y libres, con herramientas y equipos disponibles donde se garantice su buen estado. Estándares que permitan desarrollar labores de la mejor forma posible, siendo seguras y eficientes. LUP'S que indiquen como se deben usar las herramientas y equipos, para transmitir el conocimiento de manera asertiva. Distribución correcta de las zonas de la empresa, así como señalar las mismas áreas donde se tenga riesgo.
AMENAZAS Personal que no favorezca el cambio de metodología, queriendo obstaculizar el proceso de mejora, evitando un trabajo en equipo. Desmotivación por parte de la gerencia al ver la poca receptibilidad de los empleados por el cambio de metodología.	FA: Estrategia de reacción. Motivar al personal, mostrando los beneficios que se tienen al implementar la metodología. Trazar metas alcanzables, donde el personal vea oportunidades de mejora en ambiente y condiciones laborales.	DA: Estrategia de supervivencia. Continuo acompañamiento por parte de supervisores, líderes y gerencia, que genere una apropiación por parte del personal. Cumplimiento de las mejoras propuestas que sean viables, generando una cultura que permita un desarrollo continuo de mejoras.

Detección de pérdidas principales en el proceso productivo

Debido a que la empresa cuenta con una base de datos en la cual se registran el número de garantías y las paradas de máquina, se sugiere complementar esta información con los tiempos muertos entre procesos, por gestión de suministro de materias primas, eficiencia de las herramientas de corte, optimización de parámetros y creación de estándares de trabajo con LUP'S que ayuden a incrementar las habilidades de los operarios y mejoras en el proceso que disminuyan el consumo de materia prima, como lo es en el área de inyección y vulcanizado, para poder identificar el estado de la empresa es necesario apoyarse de los indicadores PQCDMSM, el indicador OEE y finalmente construir un árbol de pérdidas, para poder definir claramente las estrategias a seguir para atacar los problemas más críticos.

En el caso de A'sellaseg que dispone de prensas vulcanizadoras de caucho, inyectora de plásticos, tornos convencionales, fresadoras convencionales, torno CNC, ruteadora CNC y fresadora CNC, la eficiencia va ligada a parámetros y estándares, los cuales son ausentes en la compañía, por esto no se tiene conocimiento de los indicadores de eficiencia.

Para poder realizar una correcta labor con los indicadores, la información debe ser sólida, donde se identifiquen las pérdidas, se evalúen las pérdidas para poder determinar dónde está el problema y posteriormente se priorice la pérdida, con el fin de intervenir la pérdida más significativa, ya que no se puede atacar todas las pérdidas debido a que sería necesario recursos tanto humanos como financieros para poder hacer esto. Se deben realizar proyectos que permitan ir ejecutando la solución de pérdidas gradualmente.

Analizando profundamente las falencias de la empresa durante el acompañamiento de las prácticas académicas, se observó un déficit en el área de vulcanizado y de inyección, donde se ven grandes pérdidas por garantías, pérdida de materia prima por cambio de colores

en inyección de plástico, bajo rendimiento en habilidades de operarios inexpertos, falta de LUP'S y capacitaciones.

Paso cero, implementación de mantenimiento autónomo

Se detectó la falta de las 5's para garantizar una disponibilidad de los equipos y herramientas, condiciones óptimas para ejecutar los trabajos a tiempo, suministro de materia prima, almacenamiento excesivo generando LDA, FC y áreas de alto riesgo para el trabajo del personal.

Ilustración 6

a) almacenamiento eléctrico. b) almacén de materias primas y producción. c) guarda para línea hidráulica. d) mesa de trabajo área de prensado. e) zona de vaciado poliuretano. f)

cajón de herramientas. g) estantería de químicos para vaciado. h) cajones herramentales prensado.





Observando la ilustración 2, se puede evidenciar que:

- Existen zonas de riesgo con químicos altamente tóxicos, los cuales son expuestos a elementos de protección y alimentos mal ubicados por el personal.
- Se cuenta con una ubicación inadecuada de elementos de aseo, herramientas y elementos innecesarios.
- Se dispone de un mal estado de las guardas de protección para la distribución hidráulica, así como mala ubicación de estas.
- Herramientas en mal estado.

Debido a las prácticas indebidas realizadas por los operarios de la empresa, se determina que se debe iniciar con el paso cero del TPM, generando educación hacia todo el personal con la metodología de las 5's.

Etapa 1 paso cero en A'sellaseg

Limpieza con inspección.

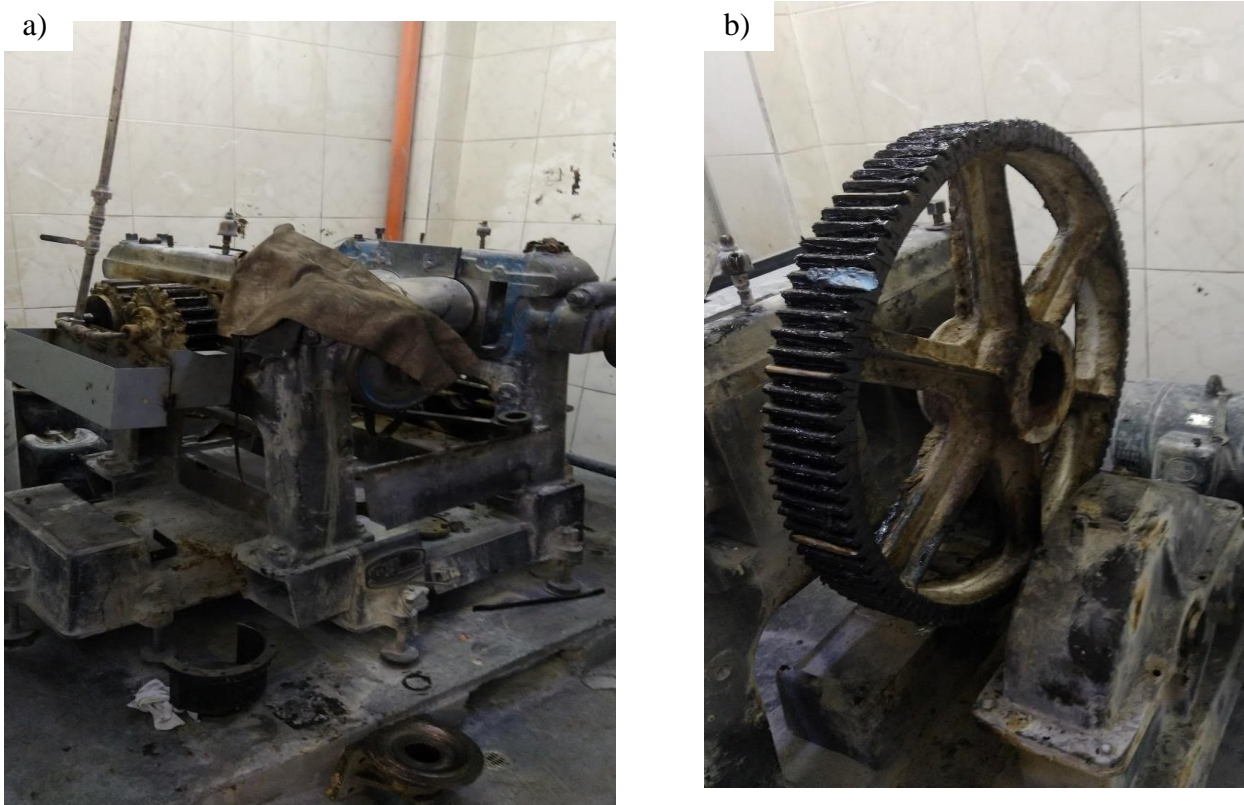
En A'sellaseg ingeniería, se detectaron 3 focos principales generadores de este polvo y suciedad los cuales fueron: esmeriles, rectificadora y molino.



Estos tres FC (focos de contaminación), afectan la contaminación de toda la empresa, generando polvo y suciedad en todas las mezclas de caucho, maquinaria y aceites, generando así averías prematuras en el funcionamiento del sistema hidráulico de las vulcanizadoras y estado óptimo de bancadas de tornos y fresadoras.

Ilustración 7

a) y b) molino de caucho antes de limpieza con inspección



Al realizar la etapa 1 del paso cero en el molino, se detectó que se usaba brea para su lubricación y esta aumentaba el desgaste prematuro de los rodamientos, al llevar a cabo una limpieza profunda, se encontró un piñón defectuoso con fractura de dos dientes, lo cual generaba grandes vibraciones y fatiga en el eje.

Posterior a la limpieza con inspección del molino se procedió a instalar un sistema de refrigeración para las masas ya que estaban generando un pre-vulcanizado a las mezclas, se dispuso de unas guardas de seguridad que además de proteger, evitan el ingreso de polvo al sistema de lubricación y refrigeración, ajuste y remplazo de piezas en mal estado como el piñón, rodamientos y eje de tracción, adicionalmente se dispuso de un lubricante adecuado para este tipo de maquinaria, el cual corresponde a grasa para molinos de alta carga.

Asimismo, se implementó cortadores para las mezclas de caucho, facilitando así el trabajo de seccionar el caucho, obteniendo una carga para el molde mucho más homogénea, garantizando así que cada pieza vulcanizada salga con la cantidad de adecuada, reduciendo el tiempo entre operaciones.

Ilustración 8

a) guarda de protección. b) guarda del sistema de refrigeración. c) cortadora de caucho



Etapa 2 de paso cero en A'sellaseg

Eliminación de lugares de difícil acceso (LDA) y focos de contaminación (FC):

Las mejoras de respuesta corta han sido: implementar un extractor con filtro en el molino para extraer los polvos contaminantes, en el que se deberá realizar mantenimiento una vez por semana y fabricar una mampara que cubra el torno donde se realiza el proceso de rectificado, con ayuda de una aspiradora industrial para atrapar la generación del material particulado.

Ilustración 9.

Eliminadores de LDA y FC.

**Etapa 3 de paso cero en A'sellaseg****Lubricación y ajuste (estándares LILA)**

Algunas de las máquinas de A'sellaseg ingeniería, cuentan con un sistema de lubricación automático (ilustración 9), lo cual genera una ventaja al momento de cuidar la máquina, con base a los períodos de lubricación y con los manuales de mantenimiento de cada máquina se debe llevar a cabo una frecuencia de limpieza, inspección, lubricación y ajuste, que me garantice el buen funcionamiento de las maquinas, antes, durante y después de cada operación, en esta etapa se crean estándares tentativos, los cuales serán evaluados para posteriormente ser ajustados y aceptados en la etapa 6.

Ilustración 10.

Lubricación automática.



Diariamente al iniciar la jornada laboral, antes de encender la máquina, se realiza una inspección de niveles de aceite y refrigerante, posterior a esto se enciende la máquina y se verifica que esta no tenga sonidos extraños, se lubrica la bancada y guías, se encienden los automáticos de la maquina y se revisan los diales, finalmente se procede a iniciar labores. Después de iniciar labores es necesario realizar una constante inspección y lubricación de las partes móviles, guías y bancadas con una frecuencia de 3 horas máximo. Al finalizar la jornada laboral, se limpia la máquina, se lubrica y se apaga.

Tabla 7.6
Formato estándar LILA.

FECHA:	ESTANDAR DE LIMPIEZA PROFUNDA Y MANTENIMIENTO AUTÓNOMO LILA							
VERSIÓN DE ESTANDAR:								
PÁGINA _ DE _								
PET:..... LÍDER DE PROCEDIMIENTO:..... MÁQUINA O EQUIPO:..... SISTEMA AL CUAL SE LE REALIZARA EL ESTANDAR:..... NIVEL DE CONOCIMIENTO REQUERIDO PARA REALIZAR EL ESTANDAR:.....								
GRÁFICAS DE PARTES DE MÁQUINA O EQUIPO	LIMPIEZA, INSPECCIÓN Y AJUSTE							
	PARTE	ESTADO NORMAL	ACTIVIDAD	HERRAMIENTA	ACCIÓN CORRECTIVA	TIEMPO (MIN)	FRECUENCIA	RESPONSABLE
	LUBRICACIÓN							
	PARTE DE LUBRICACIÓN	TIPO DE LUBRICANTE	CANTIDAD	MÉTODO	HERRAMIENTA	TIEMPO (MIN)	FRECUENCIA	RESPONSABLE

Fuente: Propia

Etapa 4 de paso cero en A'sellaseg

Inspección general

Según el proveedor Aeromaquinados el cual ha suministrado en gran mayoría la maquinaria de A'sellaseg, dejan claro los alcances del operario, para evitar intervenciones que generen daños irreversibles en la máquina, siendo enfáticos que lugares de la máquina no deben ser intervenidos por personal que no tenga la capacitación adecuada y especializada en la máquina a tratar.

En esta etapa, los LUP'S y estándares tentativos creados en la etapa 3, serán ajustados a partir de experiencias de los operarios, manuales de usuario y manuales de servicio de los

equipos, durante el desarrollo de estas actividades es indispensable desarrollar habilidades en los colaboradores, creando así un personal capacitado para realizar mantenimiento autónomo.

Los LUP'S deben ser gráficos que expresen claramente la actividad a realizar, el problema a atacar, la lección de seguridad a tener en cuenta o la propuesta de mejora a implementar, con una descripción muy corta de palabras.

Etapa 5 de paso cero en A'sellaseg

Inspección autónoma:

Para la inspección autónoma, Asellaseg debe crear estándares tentativos los cuales estarán bajo evaluación. El apoyo de los colaboradores es esencial para el ajuste de los estándares y normas de limpieza, ya que ellos se encuentran en constante contacto con la máquina y pueden detectar fácilmente las mejoras que pueden ser realizadas, la frecuente comunicación y retroalimentación de las normas y estándares, desarrollan una correcta inspección autónoma.

Etapa 6 de paso cero en A'sellaseg

Estandarización de sistema de MA (mantenimiento autónomo):

En esta etapa se definirán las actividades a desarrollar de manera inmediata, programada o a largo plazo, definiendo las prioridades que determinen su importancia, estas actividades estarán dirigidas por un líder de cada PET, con el fin de realizar una correcta gestión.

Los estándares propuestos realizados en la etapa 3 del paso cero, se ajustan y se pulen para quedar como estándares definitivos, estos estándares están constantemente siendo actualizados con base en el resultado de las actividades de mantenimiento autónomo, adicionalmente se realizan normas para el control de herramientas y garantía de la calidad de producción.

Etapa 7 de paso cero en Asellaseg

Control autónomo pleno

Con la matriz de conocimientos y habilidades, se puede determinar en qué nivel de mantenimiento autónomo está cada colaborador, con el fin de desarrollar más habilidades a través de capacitaciones y compartir el conocimiento con los demás colaboradores.

Todas las actividades serán tomadas en cuenta en una matriz de habilidades, donde se evaluarán las habilidades que ha desarrollado el operario, durante toda la gestión de cada pilar implementado.

Tabla 8.7

Matriz para evaluación de habilidades y conocimientos.

Matriz de conocimientos y habilidades																
Horno:	Pet:	Instrucciones			Fecha:	Lider MP:										
	No conoce	I. Situación inicial D. Nivel deseado H. habilidad desarrollada	Meta alcanzada o mayor 85 a 99% de la meta <85% de la meta	Colaboradores									Nro de colaboradores habilitados			
	Conoce la teoría												Antes del entrenamiento	Meta	Después del entrenamiento	Estado
	Realiza trabajo/supervisión															
	Realiza trabajo solo															
	realiza el trabajo solo y es capaz de intervenir															
Es capaz de enseñar																
Conocimientos y habilidades requeridas																
1																
1.1																
1.2																
1.3																
1.4																
1.5																

Implementación de tarjetas rojas y azules

Las tarjetas rojas y azules son utilizadas para identificar las no conformidades o anomalías, antes de que se presenten accidentes, daños parciales o totales en el equipo, o cuando se pone en riesgo la integridad física de algún colaborador, estas tarjetas también son utilizada para identificar las acciones o comportamientos que sean contrarias a las 5's.

Tarjetas rojas: en estas tarjetas se usan en momentos en el que la solución de esta no depende del PET o el colaborador que la realiza y se necesita la intervención de otras áreas y pilares, como una mejora enfocada.

Ilustración 11

Tarjeta roja.

PRIORIDAD A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>	
Asellaseg	0000001
CÓDIGO DE EQUIPO	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
COMPORTAMIENTO	<input type="checkbox"/>
ESTADO	<input type="checkbox"/>
SEGURIDAD	<input type="checkbox"/>
HALLAZGO	<input type="checkbox"/> SS <input type="checkbox"/> MA <input type="checkbox"/> MQ <input type="checkbox"/> ME <input type="checkbox"/> S'S
ANOMALÍA DETECADA	
Equipo o Área afectada	Fecha DD/MM/AA
Hallado por	_____
PET Responsable	_____
DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	

Tarjetas azules: estas tarjetas se usan cuando la solución de esta se puede realizar por el PET o por la misma área de producción donde está el colaborador.

Ilustración 12

Tarjeta azul.

PRIORIDAD A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>	
Asellaseg	0000001
CÓDIGO DE EQUIPO	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
COMPORTAMIENTO	<input type="checkbox"/> ESTADO <input type="checkbox"/> SEGURIDAD <input type="checkbox"/>
HALLAZGO	SS <input type="checkbox"/> MA <input type="checkbox"/> MQ <input type="checkbox"/> ME <input type="checkbox"/> S'S <input type="checkbox"/>
ANOMALÍA DETECADA	
Equipo o Área afectada	Fecha DD/MM/AA
Hallado por	_____
PET Responsable	_____
DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALÍA	

Como llenar el formato:

Prioridad: en la prioridad se indica que tan rápido se debe dar solución a la tarjeta, siendo:

A: peligro donde se ve afectado el equipo o la producción, puede generar un accidente o generar una sanción legal.

B: riesgo donde se ve afectado el equipo, la producción y la salud, pero no requiere corrección inmediata.

C: riesgo de afectación estética o en áreas de trabajo.

Código de equipo: se identifica el equipo con su nombre y número.

La anomalía puede estar dividida en 3 clasificaciones las cuales son:

Comportamiento: donde se detecta una falla en el funcionamiento de la máquina o equipo.

Estado: donde el equipo se encuentre incompleto o este algún elemento de forma inadecuada.

Seguridad: situación o comportamiento en el cual esté en riesgo la integridad de algún colaborador.

Hallazgo: que área está implicada.

Ss: seguridad, salud y medioambiente.

Ma: mantenimiento autónomo.

MQ: mantenimiento de la calidad.

ME: mejora enfocada.

5'S: organización, orden, limpieza, estandarización y disciplina.

Anomalía detectada: se describen las demás características de la anomalía incluyendo lugar, tipo de falla, que evidencia la falla, lugar y consecuencias.

Mejoras enfocadas

Mejora enfocada redistribución de planta Plano redistribución de planta.

Una de las pequeñas pérdidas identificadas en la empresa, es la mala distribución de los elementos, esta mala distribución implica un gran desplazamiento para los operarios, concentración de exceso almacenamiento y zonas de riesgo como las vistas en la ilustración 2.

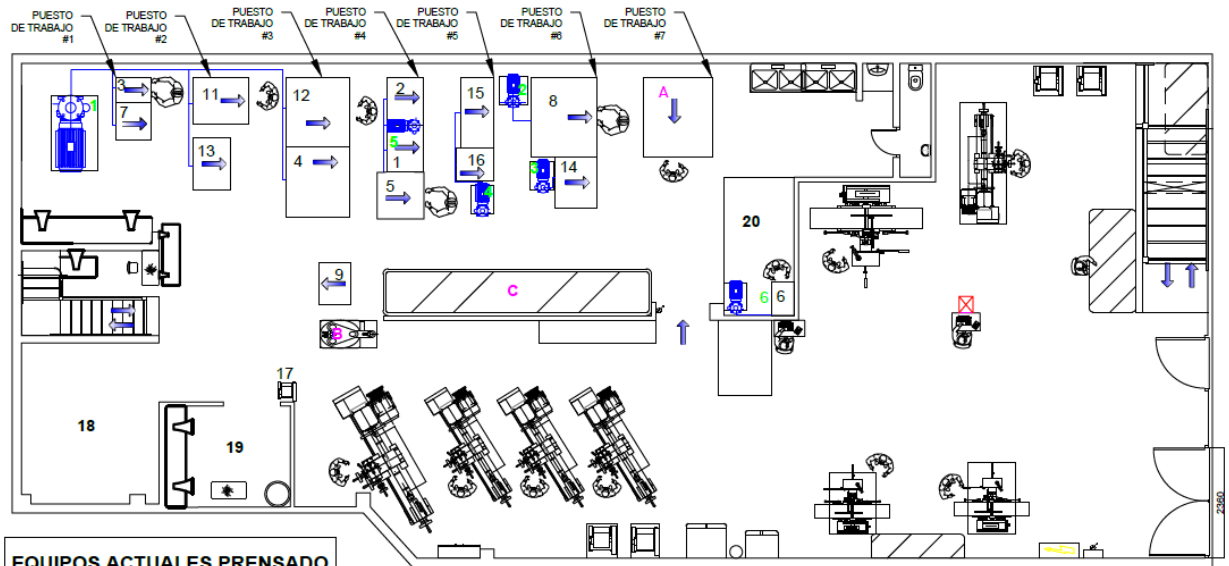
Teniendo en cuenta esta falla detectada, se planteó una redistribución de planta, la cual en la zona de prensado requiere redistribución de la red hidráulica y parte del sistema de alimentación eléctrica. Los beneficios adquiridos con esta redistribución de planta se verían

reflejado en reducción de tiempos muertos por parte de los operarios, mejorando su área de trabajo, haciéndola más segura y dispuesta con herramientas esenciales.

La redistribución plantea ubicar las prensas de vulcanizado a un solo costado de la planta, dividiendo en puestos de trabajo, evitando el desplazamiento excesivo de los operadores y disponiendo sus herramientas de trabajo en cada uno de ellos.

Ilustración 13.

Plano propuesta de redistribución de planta.



EQUIPOS ACTUALES PRENSADO			
	TIPO		
1	PRENSA	11	PRENSA
2	PRENSA	11	PRENSA
3	PRENSA	12	PRENSA
4	PRENSA	13	PRENSA
5	PRENSA	14	PRENSA
6	PRENSA	15	PRENSA
7	PRENSA	17	ESMERIL
8	PRENSA	18	MOLINO
9	PRENSA	19	SOLDADOR
10	PRENSA	20	POLIURETANO

DISPOSICIÓN BOMBAS HIDRÁULICAS	
BOMBA HIDRÁULICA	PRENSAS QUE ALIMENTA
1	3-4-7-9-12-13
2	8
3	14
4	15-16
5	1-2-5
6	6

EQUIPOS NO INSTALADOS PRENSADO	
	TIPO
A	PRENSA
B	MALACATE
C	MESA

Fuente: Propia.

Mejora enfocada red neumática

Cálculo de red de aire A'sellaseg Ingeniería s.a.s.

Situación actual de la empresa con la red de aire comprimido:

Actualmente A'sellaseg Ingeniería S.A.S, cuenta con un compresor de pistón con capacidad de 11.3 CFM (5.33 l/s) y un tanque con capacidad de almacenamiento de 60 galones (227.13 litros) en disposición vertical, el cual suministra aire comprimido por medio de una red neumática de manguera de caucho, con fugas muy notables y difíciles de controlar, esto genera un desgaste prematuro en el compresor, ya que debe encenderse con mucha frecuencia en el día para suplir solo el consumo de las fugas de la red, así mismo la red no tiene una configuración que permita que a todas las herramientas llegue una presión de aire adecuada para ejecutar su labor, también se analizó el consumo actual del compresor en términos financieros que indiquen las verdaderas pérdidas que tiene la empresa por esta mal distribución de la red neumática.

Ilustración 14.

Compresor neumático.



Ilustración 15.

Unión manguera de aire



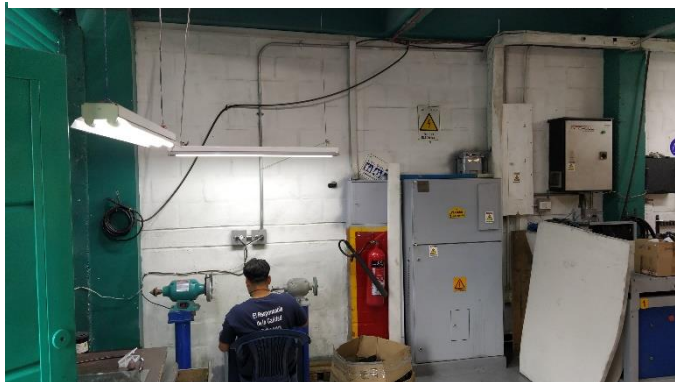
Ilustración 17.

Línea de aire



Ilustración 16.

Suministro de aire.



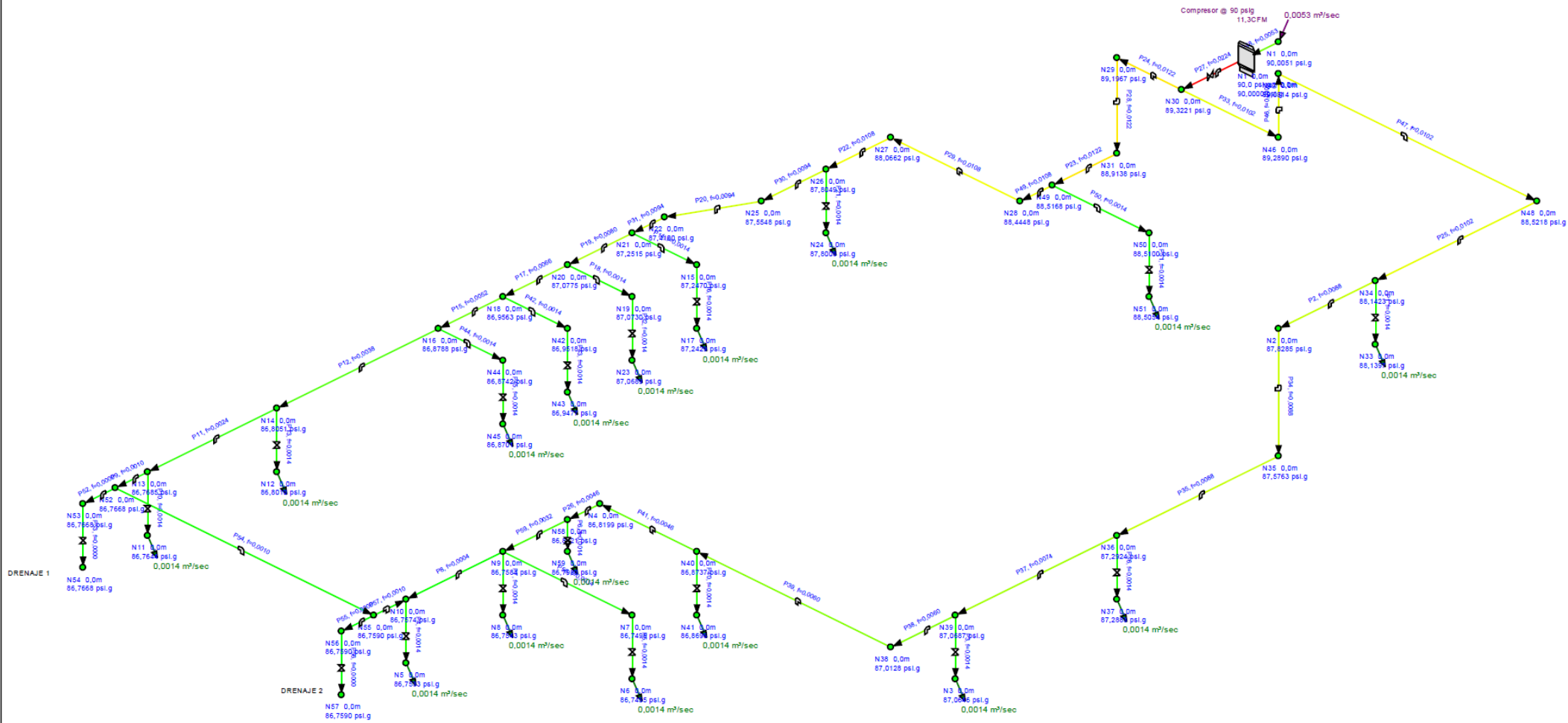
Se decide tomar un diseño de configuración cerrada para garantizar una distribución homogénea de la presión hacia todos los puntos de servicio, además de esto se toma la decisión de gerencia, de realizar la construcción lo más económico posible, con el fin de que

sea funcional y reducir costos por las fugas actuales y la ineficiencia del sistema, ya que se encuentra actualmente construida en manguera de caucho, otra condición para la mejora de la red de aire, es utilizar el mismo compresor, puesto que no se quiere realizar alguna inversión adicional en este.

DISEÑO PROPUESTO

Ilustración 18

Plano red neumática.



Las fugas o la pérdida de aire comprimido en una instalación, es la cantidad de aire comprimido que se “escapa” de la red, al ser un gas incoloro e inodoro, las pequeñas fugas son difíciles de detectar, por lo tanto, se necesitarían equipos especializados de ultrasonido para poder identificar estas fugas, el cual no se dispone en el momento. Es importante tener precaución con las fugas, las cuales deben ser corregidas para evitar pérdidas monetarias, de presión y caudal.

Ya que la red de aire es pequeña, las fugas del sistema son más fácil de controlar, debido a esto no serán tomadas en cuenta en el cálculo de la red.

DEFINICION DE VARIABLES

$Q = \text{CAUDAL}$

$L = \text{LONGITUD}$

$P = \text{PRESIÓN}$

$A = \text{AREA}$

$V = \text{VELOCIDAD}$

CONDICIONES PARA TENER EN CUENTA

1. Se admite una caída de presión (entre el compresor y el punto útil) no superior a un 2 % de la presión efectiva del compresor.
2. La presión de entrega del compresor de A'sellaseg Ingeniería S.A.S es de 90 psi (6.205 bar).
3. La velocidad máxima de una red de aire esta entre 15 a 20 m/s.
4. Evitar el condensado en las líneas de servicio.

5. Instalar un filtro de secado de aire y trampa de condensados.
6. La tubería debe tener una caída de 5° en la dirección del flujo para la toma del condensado en un acumulador de agua.

Tabla 9.**Cálculo consumo neumático.**

Maquina	consumo de aire [CFM]	Cantidad de dispositivos	Tiempo de uso [h]	Grado de utilizacion	Necesidad de aire [CFM]	Presión [bar]
ZONA PRENSADO	4	3	3	0,3	3,6	6,0
ZONA SOLDADOR	4	1	1	0,1	0,4	6,0
ZONA METALMECÁNICA	3	8	2	0,2	4,8	6,0
ZONA CALIDAD, PULIDO, LIMPIEZA Y DESPACHOS	4	2	5	0,5	4	6,0
ZONA MEZCLA DE CAUCHO	3	1	1	0,1	0,3	6,0
ZONA INYECCIÓN	4	1	2	0,2	0,8	6,0
corrección por posible expansión 10%					1,39	
corrección por desgaste 5%					0,695	
requerimiento de aire					15,985	6,0
Pistola welmac italy PA/4N boquilla 1/4"	3CFM @ 90PSI	1,4 l/s		TURNO LABORAL	horario	horas
Motortool HOPEX WERXZEUGE GERMANY	4CFM @ 90PSI	1,9 l/s		DIURNO	7Am-5Pm	10

Fuente: Propia.

Tabla 8.*Datos del compresor.*

Model	SS3L3
Flow at 90 psi (cfm)	11.3
Max Pressure (psig)	135
Nominal Power (hp)	3
Flow at Max Pressure (cfm)	10.3
Base Length (in)	24
Base Width (in)	25
Base Height (in)	67
NPT Outlet (in)	0.5
Voltage/Engine	230/1/60
Tank (gal)	60 Gallon Vertical
Weight (lbs)	300

(Ingersoll rand, 2015)

Debido a que no se desea invertir mucho dinero en el mejoramiento de la red neumática, no es posible cambiar el compresor y se evidencia que el caudal de entrega del equipo actual con 11,3 CFM (5.33 l/s), no supe totalmente la demanda de aire que requiere la empresa, en el caso de tener un uso simultaneo de todos los equipos, no se garantiza un trabajo del 100%, las necesidades de aire actual están al límite y requiere un muy buen control de fugas.

Por este motivo de presupuesto limitado, se realizan los cálculos con los componentes actuales.

Selección de diámetro de tubería

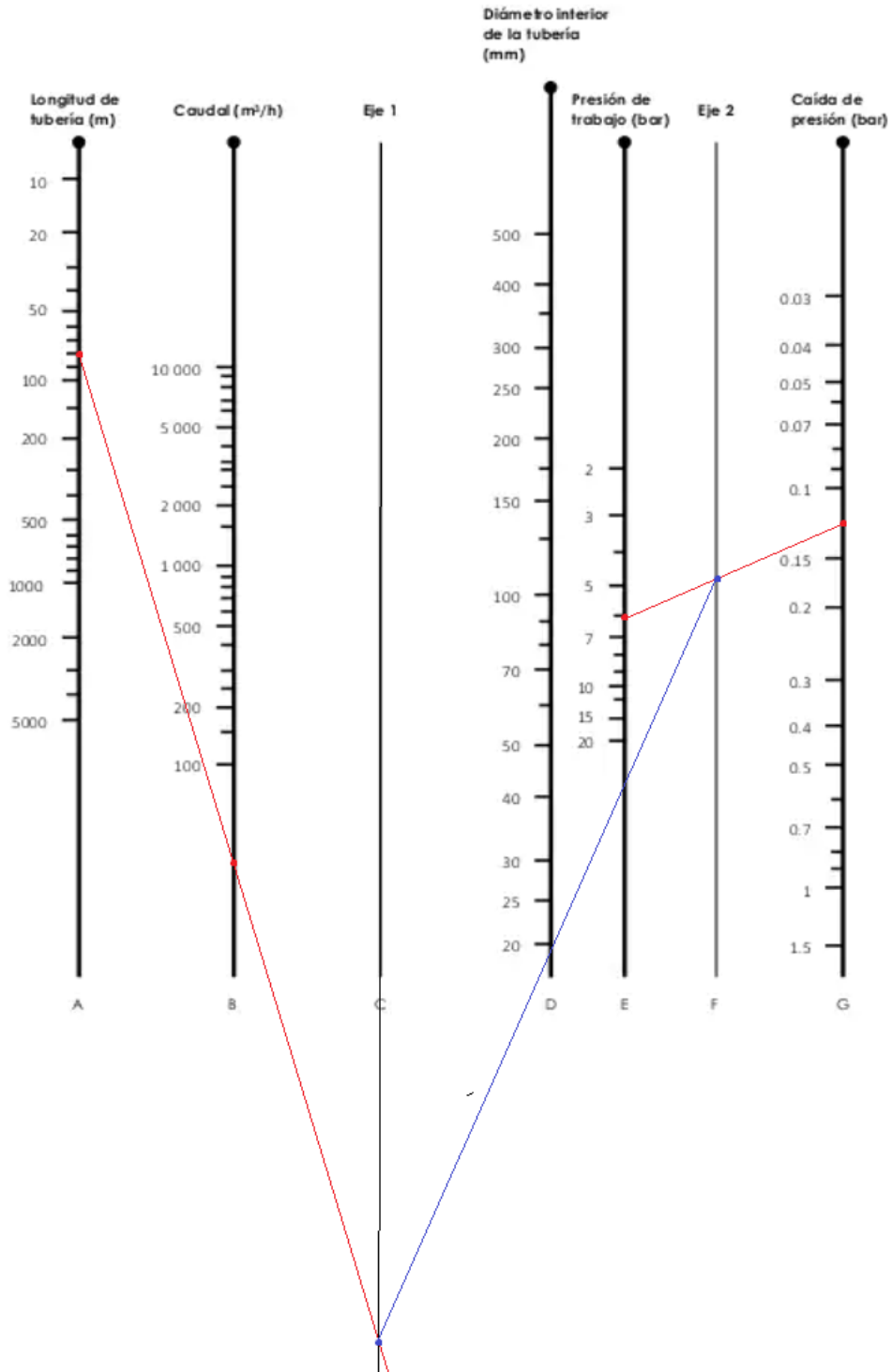
Los datos que se tienen de esta línea de aire comprimido según el compresor y las herramientas utilizadas son:

- Q_disponible: $11,3\text{CFM} = 0.005191417 \text{ m}^3/\text{s} = 18,7 \text{ m}^3/\text{h}$
- Caída de presión entre la línea y la herramienta 0.12 bar (1.74 psi).
- Presión de trabajo 6.205 bar (90psi).
- Longitud de tubería de servicio 74,5m.

Con estos datos podemos entrar a calcular el diámetro sugerido de la tubería, utilizando el nomograma neumático para cálculo de tubería.

Ilustración 19.

Nomograma para aproximación del diámetro de la tubería.



(Sapiensman.com, 2013)

La tubería aproximada es de 20mm de diámetro interno, la cual comercialmente en PVC se aproxima a ¾" sch 40, equivalente a 20.93mm.

Con este realizamos el cálculo de la velocidad del aire en la red.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (5)$$

$$A = \frac{\pi * \varnothing^2}{4} \quad (6)$$

$$A = \frac{\pi*(0.02093m)^2}{4} = 0.00034405537m^2 \quad (7)$$

Reemplazando el caudal encontrado con anterioridad (0.005191417 m³/s) y el área calculada a partir de la ecuación 6, se procede a calcular la velocidad del flujo de aire en la tubería con la ecuación 5

$$V = \frac{0.005191417m^3/s}{0.00034405537m^2} = 15.089m/s$$

La velocidad del aire obtenida cumple con el diámetro de la tubería calculado en el nomograma.

Simulación y cálculos en el software Pipe flow

Tabla 10.

Accesorios de red neumática.

ACCESORI O	Ø (m)	CANTIDA D EN LINEA PRINCIPAL	CANTIDA D EN LINEA DE SERVICIO	CANTIDA D TOTAL
Codo 90° ¾" PVC	0.0209	11	3	14
Codo 45° ¾" PVC	0.0209	2	0	2
T's ¾ PVC	0.0209	18	0	18
Llaves de bola ¾" PVC	0.0209	1	18	19
Codos 45° ½" PVC	0.01578	0	6	6
Llave de bola ½" PVC	0.0157 8	0	16	16
Reducción de ¾" a ½"	0.01578	0	16	16

Fuente: Propia.

Ilustración 20.

Accesorios red neumática en Pipe Flow.

Pipe fitting friction coefficients

Fittings on: P11, PVC (ANSI), 0.750" 20.930 mm (Pipe Id: 11)

Symbol	Type	Metric	Imperial	Description	K. value	Qty
	BT	20 mm	0.75"	Branch Tee	1,5000	2

Total K = 3,00

Save
Clear
Cancel

Fitting Database: Double click on a fitting below to add the item to the pipe fittings.

Symbol	Type	Metric	Imperial	Description	K
	SB	20 mm	0.75"	Standard Bend	0.7500
	LB	20 mm	0.75"	Long bend	0.4000
	PB	20 mm	0.75"	Pipe bend	0.3000
	E45	20 mm	0.75"	Elbow 45°	0.4000
	RB	20 mm	0.75"	Return bend	1.2500
	MB45	20 mm	0.75"	Mitre bend 45°	0.3800
	MB90	20 mm	0.75"	Mitre bend 90°	1.5000
	Gate	20 mm	0.75"	Gate Valve	0.2000
	Globe	20 mm	0.75"	Globe Valve	8.5000
	Angle	20 mm	0.75"	Globe Valve Angled	3.7500
	Plug	20 mm	0.75"	Plug Valve Straightway	0.4500
	Bfly	20 mm	0.75"	Butterfly Valve	1.2200
	BallFB	20 mm	0.75"	Ball Valve Full Bore	0.0800
	BallRB	20 mm	0.75"	Ball Valve Reduced Bore	2.7000
	LiftCh	20 mm	0.75"	Lift Check Valve	15.0000
	AngCh	20 mm	0.75"	Lift Check Angled	1.4000
	ChSw	20 mm	0.75"	Check Swing Valve	5.1000
	BT	20 mm	0.75"	Branch Tee	1.5000

Add selection to pipe

Move to fitting size
20 mm | 0.75"

Calculate K value

- entrance rounded
- gradual enlargement
- gradual contraction
- sudden enlargement
- sudden contraction
- long pipe bend

Create new fitting
Remove entry

Fuente: Pipe Flow software.

Apoyando los cálculos con una simulación en el software PIPE FLOW, se encuentra que, teniendo todas las líneas en operación, el compresor solo es capaz de suministrar 0,635 CFM (0,3 l/s) lo cual nos indica que, en plena carga, las herramientas estarán operando entre un 15 a 21% de su capacidad.

Debido a que todas las herramientas utilizadas no consumen más de 5 CFM (0,0024 m³/s) se plantea como red principal una tubería PVC de 3/4" que tiene un diámetro interno de 20.93 mm y cumple con el límite de velocidad máxima del aire en una red comprimida, para los bajantes o línea de servicio, se plantea una tubería de 1/2" el cual tiene un

diámetro interno de 15,8 mm, ya que es la mínima recomendada para red de aire comprimido y cumple con los requisitos del consumo de los CFM de las herramientas.

Calculado el área con la ecuación 6, se obtiene el siguiente resultado:

$$A = \frac{\pi * (0.0158m)^2}{4} = 0.0001961m^2$$

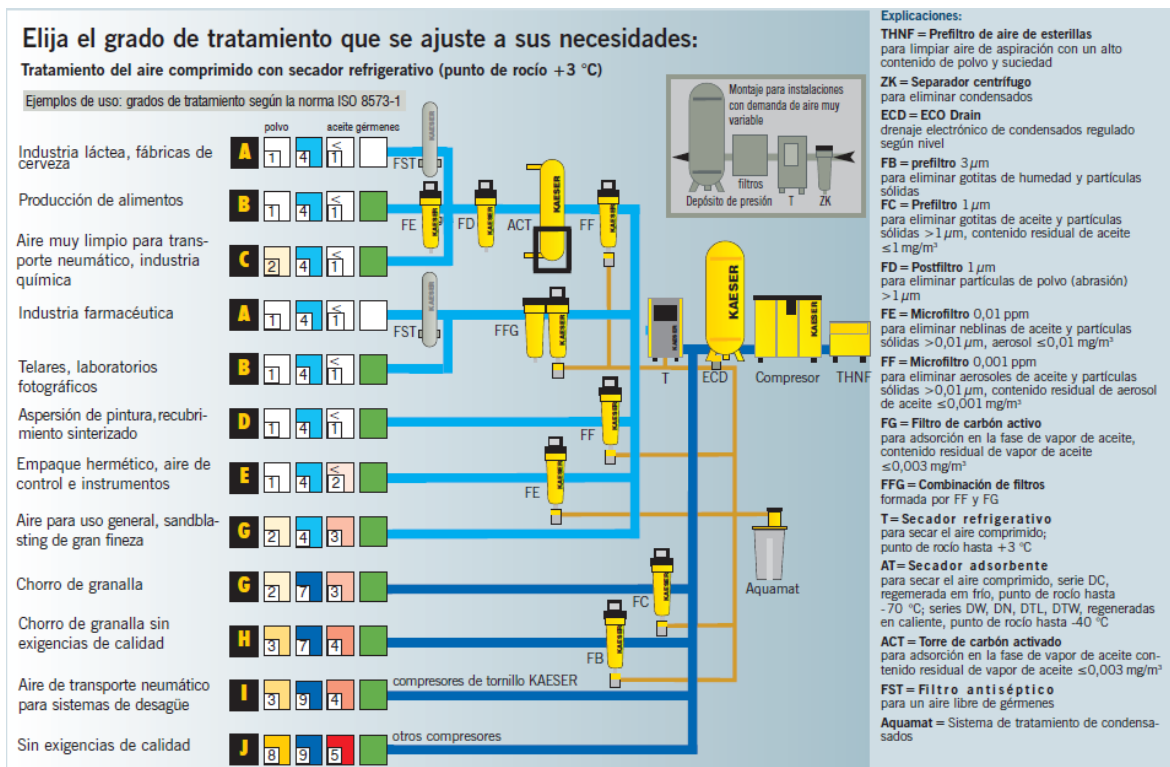
Reemplazando el valor del caudal y el área en la ecuación 5, se calcula la velocidad del flujo del aire en la tubería como se muestra a continuación.

$$\rightarrow V = \frac{0.0024m^3/s}{0.0001961m^2} = 12.24m/s$$

La velocidad de las líneas de servicio con el consumo de 5 CFM ($0,0024 m^3/s$) cumple con la velocidad máxima recomendada en una red de aire comprimido.

Limpieza del aire

Los requerimientos de limpieza del aire en la empresa A'sellaseg Ingeniería teniendo las condiciones actuales donde se usan herramientas como pistolas de impacto, pistolas de suministro de aire o limpieza y herramientas como motortools, se requiere garantizar un aire seco, con un límite de impurezas bajo. Para garantizar esto, según KASER COMPRESORES, se requiere:

Figura 8.*Requerimientos de limpieza en red neumática.*

Fuente: (Kaeser, 2010)

Un chorro sin exigencias de calidad donde se retenga el condensado y partículas que alteren el funcionamiento de las herramientas, con esto se escoge un FB (prefiltros de 3 μ). Teniendo en cuenta el tipo de compresor y sus características actuales, se recomienda solo usarlo en la salida del compresor.

Separador centrífugo de condensado

permite la eliminación de vapor de agua y otras impurezas en el aire evitando corrosiones y aumentando la eficacia del aire. Los separadores de condensados centrífugos consiguen una eliminación de condensados superior al 99%. El difusor centrífugo separa las partículas líquidas que transporta el aire depositándolas en las paredes del separador donde por efecto de la

gravedad son depositadas en el fondo del vaso y eliminadas por una purga automática. Un disco anti-arrastre garantiza que los condensados no sean arrastrados por el aire a su salida.

Ilustración 21.

Separador centrifugo de condensado.



Cálculo de condensado

Es importante calcular la cantidad de condensado que el compresor puede acumular, ya que este se debe tener en cuenta para su frecuente drenaje, debido a que se realiza de forma manual y no se tiene determinada la periodicidad en la cual debe ser realizado.

Para conocer el condensado absorbido se debe tener en cuenta donde está ubicado el compresor, de este se toman datos como la temperatura del ambiente y humedad relativa. La Estrella Antioquia, cuenta con una temperatura entre 15°C Y 24°C, por tal motivo se toma una

media de 20°C para realizar los cálculos aproximados, ya que estos son unos indicativos de frecuencia para el vaciado del condensado.

Ilustración 22.

Datos de ambiente de ubicación del compresor.

Temperatura °C	g / m ³ (estándar)	g / m ³ (atmosférico)
0	4,98	4,98
5	6,99	6,86
10	9,86	9,51
15	13,76	13,04
20	18,99	17,69
25	25,94	23,76
30	35,12	31,64
35	47,19	41,83
40	63,03	54,108

(Blogger deshidratación del aire, 2017)

Con esta temperatura nos da el grado de saturación atmosférico, con el cual se realizará el cálculo de la cantidad de condensado.

La humedad relativa promedio se tomará un estándar aproximado de la ciudad más cercana, la cual corresponde al municipio de Medellín con un 68%.

Ha = Humedad absorbida

Hr = Humedad relativa

Gs = Grado de saturación

$$Ha = \frac{Hr * Gs}{100\%} \quad (8)$$

$$Ha = \frac{68\% * 17.69g/m^3}{100\%} = 12.029g/m^3$$

Posteriormente se calcula el condensado con la cantidad de aire absorbido por el compresor.

$$\text{condensado} = \frac{Ha * Qabs}{\rho H2O} \quad (9)$$

$$\text{condensado} = \frac{12.029 \frac{g}{m^3} * \frac{0.0053 m^3}{s}}{1 * \frac{10^6 g}{m^3}}$$

$$\text{condensado} = 6.375 * \frac{10^{-8} m^3}{s}$$

$$\text{condensado} = 0.23 \frac{l}{h}$$

Tabla 11.*Tiempo de encendido del compresor durante un día.*

HORA DE ENCENDIDO	HORA DE APAGADO	TIEMPO DE ENCENDIDO (min)
6:30	6:40	10
7:00	7:28	28
7:32	7:42	10
8:11	8:16	5
9:50	9:55	5
10:04	10:09	5
10:53	10:57	4
11:21	11:28	7
12:10	12:14	4
1:06	1:14	8
2:00	2:10	10
2:50	2:56	6
3:40	3:47	7
4:05	4:12	7
4:50	5:01	11
TIEMPO TOTAL DE ENCENDIDO		127

Fuente: Propia.

Con los datos recolectados de la frecuencia de encendido, se obtiene un total de 127 minutos al día para un aproximado de 2.12 horas al día, con esto se tiene que la cantidad de condensado acumulado por el compresor es de 0,49 litros.

Se espera que con la mejora de la red de aire disminuya la producción de condensado, y la frecuencia de mantenimiento y drenaje, teniendo también un efecto positivo en el consumo energético.

Debido a que el compresor actualmente trabaja aproximadamente 2.12 horas al día y tiene una potencia de 3hp, se procede a calcular el consumo energético como se muestra a continuación.

$$3hp * \frac{1kw}{1.34hp} = 2.24kw$$

$$2.24kw * \frac{2.12h}{día} = 4.75 kwh/día$$

Los días laborales en la empresa es de lunes a viernes tiempo completo y sábados medio tiempo. Con esto, sin tener en cuenta los días festivos, se trabajan aproximadamente 22 días del mes.

$$4.75 \frac{kwh}{día} * 22 \frac{días}{mes} = 104.5 \frac{kwh}{mes}$$

Para calcular el costo del consumo del equipo al mes, se obtiene el costo del kwh actual promedio del recibo de servicios públicos el cual es aproximadamente \$550.

$$550 \frac{\$}{kwh} * 104.5 \frac{kwh}{mes} = \$ 57,475$$

El costo mensual del funcionamiento del compresor es de \$57,475 COP y unos \$690,000 COP al año.

Recomendaciones para la red neumática

- Se recomienda no usar todas las herramientas en simultaneo ya que el compresor actual solo tiene capacidad de suministrar aire para 3 herramientas a la vez.
- Si se desea utilizar una herramienta que consuma entre 6,2 CFM (2.93l/s) y 11,3 CFM (5.33 l/s), se debe cambiar la tubería de la línea de servicio por una de 3/4'', para que cumpla con la velocidad máxima recomendada en red de aire comprimido.
- Se recomienda cambiar de compresor que cumpla con la demanda de aire de la empresa y permita una futura expansión de la red.
- Se recomienda usar un drenaje automático de condensado para evitar la concentración del condensado en la línea de suministro.
- Instalar un filtro de secado de aire y trampa de condensados.

Conclusiones del trabajo

Se presento la propuesta de implementación de la metodología TPM al grupo directivo de A'sellaseg, con el fin de darles a conocer los puntos críticos identificados en la empresa, los cuales pueden ser su enfoque de oportunidades de mejora, disminución de zonas de riesgo, optimización de la metodología de trabajo, control completo de la disponibilidad y estado de la maquinaria. Se plantearon formatos, ejemplos de limpieza profunda y documentación didáctica para poder iniciar con la concientización del personal. En el desarrollo de limpieza con inspección, se detectaron anomalías que eran

imperceptibles, las cuales permitieron realizar actividades correctivas mejorando así la calidad de los productos, obteniendo mezclas sin pre-vulcanizado.

La propuesta de implementación permitió identificar puntos de riesgos y puntos de mejorar que deben ser solucionados de forma indispensable para poder continuar con la certificación de calidad con el Icontec y un requerimiento de ampliar la base de datos, para poder tener un completo control de indicadores y solución de pérdidas importantes en la compañía, gracias a estas observaciones se obtuvo una buena aceptación por parte de gerencia con la propuesta planteada y se pretende continuar con la implementación de esta, ampliando la información requerida para determinar estratégicamente la forma y el momento adecuado para ser introducido.

Por otra parte, se plantearon oportunidades de mejora como una redistribución de planta la cual actualmente es poco adecuada, ya que genera grandes desplazamientos por parte de los operarios, mala disposición de herramientas y actividades que van en contra de la metodología de las 5's, también se detectó un déficit de suministro de aire comprimido en zonas que se requería, alimentación indebida con uso de manguera y fugas en todo el sistema, este déficit en la red neumática, se logró implementar gracias a las condiciones de presupuesto que se tenía disponible para esta, obteniendo un control de fugas y disposición adecuada del aire.

Referencias

- Atlas Copco. (2003). Guía de instalación de aire comprimido. *Guía de instalación de aire comprimido*, 13, 2–17.
- Atlas Copco. (2011). *Manual del aire comprimido* (7.^a ed.). Atlas Copco Airpower NV.
- Berganzo, J. (07 noviembre de 2016). *Las “5 eses” para ser más productivo*.
<https://www.sistemasoe.com/implantar-5s/>
- Blogger, humedad del aire. Neumática.
<http://et4113neumatica.blogspot.com/2017/03/deshidratacion-del-aire.html>
- Cuatrecasas, L. (2000). *TPM Total Productive Maintenance: Hacia la Productividad a través de los equipos de producción* (Primera edición ed.). Barcelona, España: Gestión 2000.
- Escuela Europea de excelencia (28 de julio de 2020). *¿En qué consiste el ciclo PDCA para la mejora continua?*. <https://www.escuelaeuropeaexcelencia.com/2020/07/en-que-consiste-el-ciclo-pdca-para-la-mejora-continua/>
- im&c Internacional. (2009). *Curso para formación de Facilitadores TPM*. Sao Paulo, Brasil.
- Ingersoll Rand, *manual del propietario con la lista de piezas SS3L3*, revisión B, U.S.A. 2015.
- Jimenez, D. (14 de abril de 2018). *Cómo eliminar, combinar, reorganizar, y simplificar actividades en los procesos*. <https://www.pymesycalidad20.com/como-eliminar-combinar-reorganizar-y-simplificar-actividades-en-los-procesos.html>
- Kaeser compresores de Colombia, *Técnica de aire comprimido, nociones básicas y consejos*. Weidhausen, Alemania 2010.
- Perez, R. (2013). *Las 16 grandes pérdidas industriales*. <https://actiongroup.com.ar/las-16-grandes-perdidas-industriales-tpm/>
- Rodriguez, D. (2014, mayo). *Desarrollo de la fase de preparación de la filosofía TPM en la planta de penicilinas de una compañía farmacéutica*.

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/16188/u686227.pdf?sequence=1>

Sapiensman. *Neumática e Hidráulica*. <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica4.htm>

Sejzer, R. (06 de julio de 2016). *¿Qué es el mantenimiento productivo total (TPM)?*.

<http://ctcalidad.blogspot.com/2016/07/que-es-el-mantenimiento-productivo.html>

Villegas, C (2008). *Implementación del pilar de mantenimiento autónomo de TPM en las plantas de molienda húmeda y refinería de jarabes de maíz*.

[https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/4684/TID01201.pdf;jsessionid=A71237D1](https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/4684/TID01201.pdf;jsessionid=A71237D1DB04F3ADD974255DEF155355?sequence=1)

[DB04F3ADD974255DEF155355?sequence=1](https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/4684/TID01201.pdf;jsessionid=A71237D1DB04F3ADD974255DEF155355?sequence=1)