

Introducción

Resumen

Se han documentado las mejoras y beneficios que se pueden obtener al emplear herramientas de Manufactura Esbelta y Seis Sigma, sin embargo existen diversas razones por las que una pequeña empresa no aplica estas filosofías, y la falta de ellas repercute gravemente en su competitividad; así mismo puede obtener un gran beneficio en sus aplicaciones. A continuación se presenta una pequeña introducción a Manufactura Esbelta y Seis Sigma para después mostrar el caso de una pequeña empresa en donde el análisis y medición de la capacidad productiva inicial representó no solo un marco de referencia de la compañía, sino una guía hacia el cambio y la mejora de la competitividad de la organización; para con ello mostrar y monitorear los beneficios que se pueden obtener al implementar estas herramientas.

Abstract

They have documented improvements and benefits that can be gained by using Lean tools and Six Sigma, however there are several reasons for which a small business does not apply these philosophies, and the lack of them has a serious impact on their competitiveness, likewise a great benefit can be obtained through their implementation a brief introduction to Lean and Six Sigma is presented. Then a small case is presented where the analysis and measurement of the initial production capacity represented not only a framework for the company, but a guide for change and improving the competitiveness of the organization, to there by display and monitor the benefits to be gained by implementing these tools, and with this showing and monitoring the benefits gained.

Hipótesis

Con la ayuda de la aplicación de las herramientas de Seis Sigma y Manufactura Esbelta se obtendrá un diagnóstico y mejora de la capacidad productiva en una industria de inyección de polímeros.

Objetivo

Diagnosticar y mejorar la capacidad productiva de las máquinas mediante la implementación de herramientas, metodologías y técnicas utilizadas en Seis Sigma y Manufactura Esbelta.

Metas

- Diagnosticar y mejorar el nivel de capacidad productiva mediante un estudio del EGE (Efectividad global de los equipos).
- Estudiar cambio de moldes mediante la técnica SMED.
- Capacitar al personal de producción sobre el llenado de formato: Control de producción y rechazo.
- Capacitar al personal de mantenimiento en 5's y SMED.
- Mejorar los tiempos de ciclos de los productos que más generen ganancias en la empresa.

Justificación

Debido a la cultura laboral que existe actualmente en la empresa Marko de México se han generado malos hábitos en la forma de trabajar por parte de todo el personal, viéndose esto reflejado en la capacidad productiva de la empresa, teniendo como resultado pérdidas monetarias, de personal, envíos tardíos, tiempos muertos, etc. Por tal motivo se han seleccionado dos herramientas (Seis Sigma y Manufactura Esbelta) que nos permitirán mejorar esa cultura laboral, mediante la aplicación de métodos y técnicas para tratar de eliminar esos malos hábitos.

De igual manera trabajar en la reducción del desperdicio ayudará a mantener una capacidad productiva de acuerdo a las condiciones de la empresa, eliminando actividades que no agregan valor, todo esto viéndose reflejado en la disminución de costos.

CAPITULO I: Capacidad Productiva, Manufactura Esbelta y Seis Sigma

1.1 Introducción a la empresa

Para empezar a desarrollar este proyecto es necesario hacer una pequeña introducción sobre la empresa en que está basada esta tesis.

Marko Foam Products Inc. fue fundada en 1961. Inició con una planta de manufactura ubicada en Costa Mesa California, con un enfoque orientado a la fabricación de productos de foam de acuerdo con los diseños del cliente.

Esta empresa es una de las industrias de moldeo de foam más grande de la región al oeste de Estados Unidos. Inició operaciones con tres plantas: Irvine, California; Salt Lake City, Utah y Mexicali, México, donde actualmente solo queda activa esta última.

Los productos que se fabrican están dirigidos a una amplia variedad de industrias: automotriz, computadoras, construcción, electrónica, médica y de artículos deportivos.

La materia prima que se utiliza es principalmente poliéstireno, polietileno y polipropileno que cumple los requerimientos específicos proporcionados por los clientes.

1.2 Capacidad

Debido a que este proyecto está basado en la mejora de la capacidad productiva de una empresa, es necesario conocer algunas definiciones para entender por qué la importancia en la selección de este tema.

1.2.1 Definición de Capacidad

Capacidad es la cantidad de producción que una empresa puede obtener en un período de tiempo determinado (Quijano A., 2003).

La capacidad define los límites competitivos de la empresa, establece la tasa de respuesta de la empresa a un mercado, los costos, el personal, y los inventarios. Si la capacidad de una compañía no es adecuada puede perder clientes, al hacer su servicio lento y permitiendo que entre la competencia al mercado. Si la capacidad es excesiva, es probable que la compañía tendrá que reducir precios para estimular la demanda, subutilizar su personal, llevar un exceso de inventario o buscar productos adicionales menos rentables para seguir en actividad.

1.2.2 Factores que afectan la Capacidad

Hay factores externos e internos que afectan la capacidad. Entre los primeros están los reglamentos gubernamentales (horas de trabajo, seguridad, contaminación, etc.), los acuerdos con los sindicatos y la capacidad de suministros de los proveedores. Los factores internos más importantes son sobre el diseño de productos y servicios, el personal (capacitación de trabajadores, motivación, , etc.), la distribución física de la planta y el flujo de procesos, las capacidades y el mantenimiento de equipo, la administración de materiales, un sistema de control de calidad y la capacidad de dirección (Quijano A., 2003). Para este proyecto nos enfocaremos en los factores internos.

1.2.3 Flexibilidad de la Capacidad

Andrés Quijano (2003) nos dice que la flexibilidad de la capacidad de una empresa permite que las entregas sean en un tiempo menor que el de los competidores. Esta flexibilidad se obtiene a través de plantas, procesos y trabajadores flexibles, además de utilizar capacidad externa (subcontratistas).

Plantas flexibles: al usar equipo móvil, paredes desmontables y utilería re localizable y de fácil acceso, permite que una planta pueda adaptarse para cambiar en tiempo real.

Procesos flexibles: los procesos comprenden sistemas flexibles de manufactura y equipo de fácil instalación. Ambos permiten cambiar de una línea de productos a otra rápidamente y a bajo costo.

Trabajadores flexibles: los trabajadores flexibles tienen debilidades y cuentan con la capacidad para cambiar de un tipo de tarea a otro. Requieren mayor capacitación que los trabajadores especializados y además necesitan el apoyo de la gerencia y el personal para realizar los rápidos cambios en sus tareas.

Utilización de la capacidad externa: la subcontratación y el compartimiento de la capacidad permiten crear flexibilidad por medio de la capacidad de otras organizaciones.

1.3 Manufactura Esbelta

Ya que las herramientas principales que estaremos utilizando son de Manufactura Esbelta, es necesario antes de iniciar el proyecto conocer el tema, por lo que a continuación se presentará una breve descripción de esta filosofía.

1.3.1 Definición de Manufactura Esbelta

Es un acercamiento sistemático para identificar y eliminar desperdicio (actividades que no agregan valor) a través de la mejora continua del flujo del producto mediante el método de jalón del cliente en búsqueda de la perfección (Márquez, 2005).

1.3.2 Origen de la Manufactura Esbelta

En los años 60's y 70's los empresarios industriales se dieron cuenta de los inconvenientes de la producción en masa, considerada hasta ese momento como el modelo de producción ideal. Los grandes inventarios y lenta o nula respuesta a cambios en las tendencias de compra, conllevaron a la transformación de los sistemas de producción, dándose las primeras modificaciones en la Industria automotriz. Sin embargo, esta vez, el cambio no fue liderado por Ford, ni cualquier otro fabricante estadounidense. Fueron los japoneses de Toyota los que iniciaron esta revolución con un método muy conocido en el ambiente industrial, el Sistema de Producción Toyota (TPS), cuyos impulsores fueron las limitaciones de espacio y la necesidad de atacar mercados más pequeños con mayor variedad de vehículos (Satizábal, 2009).

El sistema se consolidó con el tiempo y rindió frutos a los japoneses tanto en su territorio como en suelo americano. El mensaje en ese momento era en concientizar que la

producción debe obedecer a la eficiencia, a la eliminación de procesos desperdiciados y al aprovechamiento de los espacios físicos.

1.3.3 Objetivos y principios de la Manufactura Esbelta

Objetivos

Los principales objetivos de la Manufactura Esbelta es implantar una filosofía de mejora continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad (Pineda K., 2004).

Principios

- 1. *Definir el Valor desde el punto de vista del cliente:* La mayoría de los clientes quieren comprar una solución a sus problemas, no un producto o servicio.
- 2. *Identificar la corriente de valor:* Eliminar desperdicios encontrando pasos que no agregan valor, algunos son inevitables y otros son eliminados inmediatamente.
- 3. *Crear el flujo de valor:* Haz que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor.
- 4. *Producir el “jale” del cliente:* Una vez hecho el flujo, serán capaces de producir por órdenes de los clientes en vez de producir basado en pronósticos de ventas a largo plazo.
- 5. *Buscar la perfección:* Una vez que una empresa consigue los primeros cuatro pasos, se vuelve claro para aquellos que están involucrados, que añadir eficiencia siempre es posible.

1.3.4 Implementación de Manufactura Esbelta

La productividad ha sido un tema muy estudiado y aplicado en las empresas manufactureras, ya sea que fabriquen un producto o que entreguen un servicio. El objetivo de las empresas, además de ser rentables, es ser productivas, esto quiere decir, aprovechar al máximo los recursos disponibles. Los japoneses Eiji Toyoda y Taiichi Ohno fueron pioneros en el concepto de Manufactura Esbelta en la fábrica de automóviles Toyota. Rápidamente otras industrias copiaron esta filosofía a sus operaciones, logrando buenos resultados (Padilla L., 2010).

Debido al gran auge que tuvo la Manufactura Esbelta en los años sesenta y que ayudó a que las empresas japonesas pudieran competir en el mercado internacional, en la actualidad muchas empresas de manufactura establecidas en México han tomado esta filosofía como una estrategia para la mejora.

A continuación haremos mención de algunas aplicaciones de la Manufactura Esbelta que podrán orientarnos como llevar a cabo su aplicación en este proyecto y conocer las ventajas que se pueden obtener al implementar algunas de las herramientas de esta filosofía.

Nos enfocaremos principalmente a SMED (Cambios rápidos de modelos), 5's, TPM (Mantenimiento Productivo Total), Mapeo de la Cadena de Valor y Kaizen (Mejora Continua), ya que estas herramientas son las que nos permitirán obtener buenos resultados en el proyecto de mejora de la capacidad productiva de Marko Foam de México. No obstante, no descuidaremos las demás herramientas que durante el desarrollo del proyecto pueden llegar a auxiliarnos.

Éxito en el sistema Toyota

Mucho se ha hablado de cómo vino a revolucionar el sistema de producción Toyota a la industria pero no todas las empresas que han intentado llevarlo a cabo han tenido éxito, según Spear y Bowen (2000), asumen que el éxito de Toyota debe de estar en sus raíces culturales. Ellos opinan que estas personas fracasan debido a que confunden las herramientas y las prácticas con el sistema en sí. Que para entender el éxito de Toyota se tiene que entender que al ser rígidos en las especificaciones es lo que va a permitir la flexibilidad y la creatividad. Lo que ellos opinan que constituye la esencia del sistema de Toyota lo definen en cuatro reglas, estas reglas guían el diseño, operación y mejoramiento de cada actividad, conexión y el camino para todos los productos y servicios. Estos son:

1. *“Todo trabajo deberá de ser altamente especificado en cuanto a contenido, secuencia, cronometraje y resultado.*
2. *Toda conexión cliente – proveedor debe de ser directa, y debe de existir una forma no ambigua de enviar pedidos y recibir respuestas.*
3. *El camino para todos los productos y servicios debe de ser simple y directo.*

4. *Cualquier mejora debe de ser hecha de acuerdo al método científico, bajo la guía de un profesor, en el nivel más bajo posible de la organización.*

Todas las reglas requieren que las actividades, conexiones y vías de flujo tengan controles incorporados que alerten automáticamente sobre posibles problemas. Es esta continua respuesta a los problemas lo que hace que este sistema aparentemente rígido, sea flexible y adaptable a circunstancias cambiantes” (González F., 2007).

Se dice que es la gente la que le da vida al sistema: su trabajo, la comunicación, la solución de problemas hace que los empleados se involucren y sientan esa pertenencia hacia la empresa (Liker J, 2004).

De acuerdo a este artículo se puede concluir que la Manufactura Esbelta nos habla mucho sobre la importancia de involucrar al trabajador en la aplicación de sus herramientas, darle ese voto de confianza y hacerlo sentir que su opinión es tan importante como la de un gerente, ya que como se mencionó anteriormente podemos entender al pie de la letra la aplicación del sistema de producción Toyota y llevarlo acabo, pero sino involucramos a todos los empleados de la empresa de todos los niveles jerárquicos que existan no se obtendrán los resultados deseados.

Una aproximación al pensamiento LEAN (esbelto) hacia las empresas y naciones esbeltas

Ya que hablamos sobre la importancia de la participación del personal en las empresas en el artículo anterior, es importante determinar uno de los objetivos principales de Manufactura Esbelta la cual consiste en entender que es más que aplicar unas herramientas, *“es una manera de pensar, es una cultura que implica un cambio cultural, una transformación integral en la manera de hacer las cosas y que precisa valores culturales de la gente como los japoneses: entrega, pasión al hacer las cosas, rectitud, un enfoque altamente eficiente al cliente, capacitación de los recursos humanos, así como alinear todo el entorno a la nueva cultura y visión de mejora continua” (Cruz R., 2003).*

Tal vez no sea un camino fácil el querer cambiar una cultura organizacional hablando específicamente de Marko Foam de México, ya que actualmente se labora sin ninguna

filosofía, herramienta o metodología, su cultura laboral es cerrada lo cual implica un mayor reto para la implementación de Manufactura Esbelta.

Sabemos que uno de los principales obstáculos para llevar a cabo un cambio en las empresas tiene que ver mucho con la resistencia al cambio que el personal muestra, ya que estamos acostumbrados a laborar de cierta manera de acuerdo a los hábitos que vamos trayendo con nosotros desde niños debido a nuestra cultura y que no fácilmente permitimos la entrada de nuevas ideas que nos “saquen” de nuestra cajita de confort en la que estamos acostumbrados a trabajar. Más sin embargo, Manufactura Esbelta hace mucho hincapié en como involucrar a los empleados para que estos vayan cambiando su mentalidad en su forma de trabajar mostrándoles los beneficios que se obtendrán no solo para la empresa sino también para ellos, lo que comúnmente llamamos “ganar - ganar”, con lo cual hace que el empleado se comprometa más con su trabajo y muestre esa pasión y entrega al hacer las cosas como lo menciona el artículo.

Just in Time: El camino a la excelencia

El just in time implica una forma de pensar y razonar los negocios como los procesos productivos. Just in time significa concentrarse en la detección y eliminación de desperdicios. *“Basta con decir que las empresas que aplican el sistema en cuestión han logrado niveles anuales en la rotación de inventario de dos dígitos llegando en algunos casos a superar las treinta rotaciones, cuando las empresas tradicionales de occidente oscilaban entre las 2,5 y las 5 rotaciones anuales.”* (Lefcovich, 2005). Esto se logró reduciendo el nivel de inventarios, reduciendo los tiempos de preparación y cambio de herramientas, reduciendo a niveles de partes por millón las fallas en los productos, eliminando las averías y mejorando la distribución de la planta.

Ford Motor, General Motor, Hewlett-Packard, 3M, Black and Decker, John Deere, Johnson Control, Omark y Motorola son algunas de las empresas norteamericanas que ante la competencia global optaron por llevar a cabo Just in Time + TQM (gestión total de calidad) + ITP (involucramiento total del personal), dando como resultado la Producción Magra, la cual está centrada en la eliminación de los desperdicios y despilfarros. Para lograr esto se trato de acortar la distancia con los competidores extranjeros principalmente japoneses y aplicar una

reingeniería en los procesos de negocios, logrando eliminar las ineficiencias en los procesos productivos, comerciales y administrativos.

Benchmarking sobre manufactura esbelta en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia

Este estudio presenta los resultados obtenidos sobre la implementación de Manufactura Esbelta en diferentes empresas del sector de la confección en sus procesos productivos. Para el desarrollo del estudio se elaboró un cuestionario y se aplicó en las diferentes empresas entrevistadas.

El resultado fue que la implementación de la Manufactura Esbelta no es muy difundida entre las compañías del sector y solamente las que tienen trayectoria de trabajo como empresas exportadoras o de marcas internacionales son las más avanzadas en su aplicación y desarrollo.

“La implementación de herramientas de Manufactura Esbelta se encuentra en un 62.28% de implementación, valor menor al nivel de categoría mundial. Las empresas evaluadas no han desarrollado la cultura ni han implementado de manera consciente e integral la filosofía de Manufactura Esbelta; es decir, son empresas en que las condiciones de producción del mercado y de búsqueda de competitividad las han llevado a implementar las herramientas mínimas que les permite llegar a este nivel.”(Arrieta J., 2010).

De acuerdo a esto, nos damos cuenta que son empresas que solo llevan a cabo la implementación de Manufactura Esbelta para mantener su nivel de competitividad pero que en realidad no existe un verdadero compromiso por parte de ellas, lo cual nos deja ver la falta de información que aún existe en Sudamérica sobre la importancia y los grandes beneficios que lleva su implementación, tanta es la desinformación que este estudio nos muestra el bajo desempeño de estas empresas que oscilan en un *“59.92% debido a la falta de capacitación y conocimiento en temas de mejoramiento para los operarios especializados y de planta, deficiencia en el sistema de sugerencias por falta de implementación y compromiso de los empleados, alta tasa de productos defectuosos y falta de oportunidad en los tiempos de entrega justo a tiempo”*(Arrieta J., 2010).

Esto quiere decir que aunque en estas empresas se hable sobre la implementación de esta filosofía en realidad no existe, ya que de acuerdo a la información anterior, no se ve reflejado ninguno de los beneficios de los que Manufactura Esbelta nos habla.

Aplicación de la técnica SMED para el set up de cambio rápido en línea Lamination de la empresa PROMASA S.A. Planta Puertas

Debido a los grandes cambios que han existido en la industria a través del tiempo las empresas cada vez requieren ser más ágiles para adaptarse con mayor facilidad a los cambios que se requieren, debido a esto muchas empresas buscan diferentes formas de adaptarse a estos cambios para mantener un nivel competitivo. Una de estas formas es SMED (Cambio rápido de modelo) que permite hacer más flexible a una empresa.

Para Romo (2009) este estudio se basó en el análisis de cinco equipos que son los que afectan en el tiempo para un cambio de modelo, se llevó a cabo un análisis de los tiempos de preparación, de los movimientos en el lugar de trabajo y diagramas de spaghetti para detectar movimientos o actividades innecesarias.

Los resultados que se obtuvieron fue una reducción del 63.4% en los tiempos de cambio, se facilitó más el trabajo a los operadores, mayor flexibilidad en los programas de producción y hubo un aumento en la producción por turno.

Este estudio nos deja ver las grandes ventajas que se podrían obtener en Marko Foam de México si se decidiera aplicar esta herramienta, ya que lo que se busca en este proyecto es mejorar la capacidad productiva y esto se puede obtener si hacemos un análisis con SMED como lo hizo la empresa PROMASA, ya que actualmente uno de los principales problemas en la compañía son los cambios de moldes tan robustos que existen.

Implementación de una Metodología con la Técnica 5's para Mejorar el Área de Matricería de una Empresa Extrusora de Aluminio

La elección de este artículo es debido a la similitud en la problemática que la empresa Alumex tenía antes de implementar 5's con la que actualmente existe en Marko Foam de México.

Esta empresa fabricaba una gran cantidad de productos los cuales no estaban correctamente identificados, tenía una acumulación de materiales innecesarios, pérdida de tiempo en la búsqueda del material y herramientas de trabajo, falta de documentación y registro de los procesos, falta de hábito de limpieza, etc.

Para Barcia (2006) los resultados que se obtuvieron durante las primeras 3 fases de 5's (seleccionar, organizar y limpieza) fueron buenos, aunque en las fases de estandarización y disciplina no tuvieron un seguimiento adecuado debido a los malos hábitos que están arraigados en las personas y a la falta de compromiso de algunos directivos que fueron percibidos por los trabajadores creando desanimo en su persona.

Más sin embargo se lograron obtener resultados monetarios en base a los indicadores que se tomaron (ver tabla 1.1).

Tabla 1.1 Evaluación de indicadores de área de matricería.

Indicadores	Antes de las 5 S	Después de las 5 S	% de mejora	Ahorro por mes
Tiempo de búsqueda de matrices	79 seg.	69 seg.	- 12.6 %	\$ 2.08
Cantidad de matrices pulidas	430	517	+ 20.2 %	\$ 145
Tiempo de limpieza en tanque de soda	16 horas	12 horas	- 25%	\$ 628
Porcentaje de desperdicio	19.66 %	13.89 %	- 5.77%	\$ 2.148
			TOTAL	\$ 2.923.08

Metodología para identificar y eliminar desperdicios en ambientes de oficina

En este artículo Barcia (2005) habla sobre una metodología que se ha creado a partir de la Manufactura Esbelta para que nos demos cuenta que esta filosofía no es exclusivamente de las industrias maquiladoras, sino que también puede adaptarse a diferentes áreas, en este caso en ambientes de oficina, pudiendo obtener los mismos resultados que en una fábrica.

Esta metodología aparte de basarse en la Manufactura Esbelta lleva a cabo cuatro actividades, las cuales se encuentran en un manual que muestra el método de implementación

y que sirve como guía para las personas, estas actividades son: definición del problema, identificación de los desperdicios y, medición y evaluación de mejoras.

Tal vez esta metodología sea diferente a la usada en la industria pero ambas se enfocan en la eliminación de desperdicios de acuerdo a la Manufactura Esbelta.

Mejoramiento productivo aplicando herramientas de manufactura esbelta

En este artículo Pedraza (2010) habla sobre la implementación de Manufactura Esbelta en una línea de producción a través de un Mapeo de la Cadena de Valor. Este estudio identificó tiempos de ciclo altos, así como días de inventarios altos, recorridos innecesarios y muy largos, se detectaron varios tiempos de espera por transportes y cambios en los procesos.

Además del Mapeo de la Cadena de Valor, se implementó SMED (Cambio rápido de molde) disminuyendo los tiempos en cambios de moldes y hubo una reducción en los costos de las herramientas prolongando su vida útil.

A través de la eliminación de desperdicios se pudo obtener una reducción de costos en la compañía. Los tiempos de ciclo se redujeron de 48 a 43.6 segundos, los días de inventario de 8 a 12 días se redujeron a 5.

Aplicación de estrategias de mejoramiento continuo en un centro de colisión automotriz

En la empresa AUTOPALACIO S.A., Cardona implementó TPM (Mantenimiento Productivo Total) para obtener cambios que la convirtieran en una compañía competitiva en el mercado y pudiera ofrecer un mejor servicio con calidad a los clientes.

En base a los pilares del TPM se capacitó a los operadores en 5's y se llevó a cabo su aplicación, se identificaron las fallas y obstáculos que se presentaban durante todo el proceso, se establecieron indicadores en los cuales se iban reflejando los cambios positivos que se fueron dando conforme se fue llevando a cabo el proyecto, se obtuvo un aumento en el volumen de vehículos, en la satisfacción del cliente, se generó un ambiente de orden, compromiso y responsabilidad por parte de los operadores.

Se generó un plan de mantenimiento preventivo a los equipos, se formó un equipo de mantenimiento autónomo el cual se encargaba de los equipos y herramientas del área.

Con esto nos damos cuenta que mediante la aplicación de sistema de mejora continua al contar con una compañía más organizada y con mejores niveles de calidad, le damos a los clientes mayor confiabilidad en nuestro trabajo, así como mayor seguridad en que sus productos funcionaran de acuerdo a sus especificaciones.

Estudio para la implantación del TPM (Mantenimiento Productivo Total) en un hotel de Salou, España

Este artículo nos muestra la perspectiva de González (2010) sobre la aplicación del TPM sobre las instalaciones y el mantenimiento que reciben cada uno de los cuartos de un hotel, como pueden ser los lavabos, las luces, las chapas de las puertas eléctricas, los sistemas de refrigeración, los sistemas contra incendios, en fin, todo el mantenimiento que se tiene que dar a un hotel para satisfacer la estadía de los huéspedes.

Esto nos muestra que el TPM no es solamente para grandes instalaciones de área industrial, sino que también se puede aplicar en áreas más sencillas obteniendo buenos resultados.

Sistemas de manufactura con desperdicio aproximado a “cero”

Este proyecto propone que en las empresas se desarrollen procesos de manufactura donde sus desperdicios estén cercanos a cero, así como obtener un menor impacto ambiental de sus productos.

Para esto, se llevó a cabo el estudio de una muestra de empresas localizadas en el área metropolitana en México D. F.

Como resultado se obtuvieron las principales deficiencias, las cuales fueron: *“mal planeación del trabajo y de los pedidos, falta de materias primas por mala planeación de los materiales, variedad excesiva de productos, malas condiciones de trabajo, falta de estandarización en los productos, falta de procedimientos económicos, proceso mal*

ejecutados, mala disposición de la planta, maquinaria inadecuada, ausencia, retrasos y ociosidad” (González J., 2007).

Para todas estas deficiencias se recomienda el uso de calidad total (cero defectos), Justo a Tiempo (cero inventarios), Mantenimiento Productivo Total (cero fallas), Kaizen (cero desperdicios) y gestión ambiental (cero impactos ambientales negativos).

Se puede concluir que en estas empresas existe una falta de compromiso e interés en estos temas, desinterés en los niveles de contaminación en la atmósfera, desconocimiento de los riesgos ambientales al tener malas condiciones de trabajo, entre otros, los cuales sabemos que pueden desaparecer si estas empresas trabajarán bajo la filosofía de Manufactura Esbelta.

Implementación 5´s en el área de mantenimiento en la empresa Vidrios Marte S.A. de C.V.

Uno de los principales problemas que Díaz (2008) detectó en la empresa Vidrios Marte fue que tenía en el área de mantenimiento un desorden en las herramientas, lo cual provocaba disminución en la vida útil, tiempos muertos al buscarlas, generaba una mala imagen de los trabajadores en la compañía, entre otros.

Al aplicar las 5´s se generó un ambiente más seguro de trabajo, aumento la vida útil de las herramientas, se eliminaron los tiempos muertos por búsqueda de la herramienta al ya tenerla en un lugar específico, se mejoró la imagen del departamento hacia las otras áreas de la fábrica y se mejoró la eficiencia de un 85.7% a un 100%.

Manufactura esbelta: propuestas de mejora al proceso productivo de una empresa dedicada a la elaboración y comercialización de frituras

La empresa Pacoyo´s S.A. nos presenta un proyecto para la eliminación de actividades que no agregan valor al proceso productivo. Primeramente, se definieron las especificaciones del producto, después las actividades que agregan y no agregan valor, las cuales fueron registradas en un mapa de cadena de valor para representar la situación actual. Posteriormente, se elaboró otro mapa reflejando el futuro ya con los cambios necesarios. Después se llevó a cabo la implementación de 5´s.

Los resultados obtenidos fueron: *“una disminución del 90% de los recorridos, se disminuyó el tiempo de ciclo en un 47.5%, el producto defectuoso disminuyo de 23 piezas por caja a 8 y la capacidad de producción diaria aumentó de 22 cajas a 29, lo cual representa un ingreso de \$2,700 al día, equivalente a \$54, 000 al mes”* (Naranjo A, 2008).

Implementación del TPM en celda celular de manufactura

El artículo de Chand y Shirvani (2000) nos habla sobre la forma de evaluar una celda semiautomática de ensamble en base al EGE (Efectividad Global de Equipo), en donde se evalúa en un periodo de 4 semanas la disponibilidad, eficiencia y calidad de la celda, para así detectar los tiempos muertos y trabajar en ellos.

Mediante una serie de fórmulas que más adelante se verán en la sección 2.1.3, se determinaron las 6 grandes pérdidas del TPM identificando cual de ellas afectaba más el proceso, para así mejorarlo obteniendo como resultado final un aumento en la producción, y por lo tanto, un aumento en las ganancias y una disminución en los costos.

1.4 Seis Sigma

Otra herramienta a utilizar es Seis Sigma por lo que a continuación se dará una breve descripción de esta.

1.4.1 Desarrollo histórico

Seis Sigma se inicia en Motorola cuando Mikel Harry comienza a influenciar a la organización para que se estudie la variación en los procesos para mejorarlos. Esto trajo la atención de Bob Galvin en ese entonces el presidente de la compañía, con su ayuda no solo se analizó la variación sino que también se trabajó sobre la mejora continua, estableciendo como meta obtener 3,4 defectos (por millón de oportunidades) en los procesos.

Después estas mismas ideas fueron tomadas por Lawrence Bossidy e implementadas en la compañía de Allied Signal teniendo como resultados un aumento en sus ventas y ganancias. Posteriormente, Texas Instruments lleva a cabo la misma metodología Seis Sigma logrando un gran éxito (PGG Consultores).

1.4.2 Características de Seis Sigma

1. Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo.
2. Seis Sigma se apoya en una estructura directiva que incluye gente de tiempo completo.
3. Lleva a cabo entrenamientos, los cuales detallan el tipo de capacitación que reciben los diferentes actores de un programa Seis Sigma.
4. Cuenta con procesos de acreditaciones para cada uno de los actores de Seis Sigma (black belt - cinta negra, green belt – cinta verde, etc.).
5. Está orientada al cliente y con enfoque a los procesos.
6. Seis Sigma se dirige con datos.
7. Se apoya en una metodología robusta (DMAMC – Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar).
8. Seis Sigma se apoya en entrenamiento para todos sobre la metodología DMAMC y sus herramientas relacionadas.
9. Los proyectos generan ahorros o aumento en ventas.
10. El trabajo por Seis Sigma se reconoce.
11. Seis Sigma es una iniciativa con horizonte de varios años, por lo que no desplaza otras iniciativas estratégicas, por el contrario, se integra y las refuerza.
12. Seis Sigma se comunica.

1.4.3 ¿Por qué es Seis Sigma?

Seis Sigma es una filosofía de administración, la cual está enfocada en la eliminación del desperdicio originado por la variación de los procesos, a través de un enfoque sistemático y científico/practico y el uso de herramientas estadísticas. Seis Sigma es la medición de defectos por cada millón de operaciones, se aplica a todas las transacciones. Mientras más bajo sea el número de errores, mayor será la calidad.

Sigma (σ) es una letra del alfabeto griego que corresponde a la letra “s”, la cual también es utilizada en estadística para representar la desviación estándar, 6σ corresponde al ancho de banda de una distribución normal.

Conceptualmente Seis Sigma es un índice de capacidad de proceso; es un número que representa cuan capaz es un proceso de cumplir las especificaciones del cliente en función del

grado de variabilidad de dicho proceso. Imaginando que un proceso se comporta de acuerdo a una distribución normal con una media y desviación estándar conocida, se puede definir como nivel Seis Sigma cuando teniendo una especificación media nominal centralizada (admitiendo hasta un corrimiento de 1,5 sigmas), los límites superior e inferior de especificación se encuentren a seis desviaciones estándar (de allí el nombre Seis Sigma). De esta manera el proceso produce una tasa de defectos de 3.4 PPM.

Seis Sigma – la Meta

También es una meta de calidad. La meta de los Seis Sigma es llegar muy próximo a cero defectos, error o falla. Pero no es necesariamente cero. En verdad, 3.4 partes por millón de unidades defectuosas, 3.4 defectos por millón, 3.4 fallas por millón, 3.4 PPM.

Seis Sigma – la Medida

Es una medida para determinado nivel de calidad. Cuando el número de sigmas es bajo, tal como en procesos dos sigma, implicando más o menos 2 sigmas ($+2 \sigma$), el nivel de calidad no es tan alto. El número de no-conformidad o unidades defectuosas en tal proceso puede ser muy alto. Si lo comparáramos con un proceso 4 sigma ($+4 \sigma$), donde puede no tener más o menos cuatro sigmas, aquí tendremos un nivel de calidad significativamente mejor. Entonces, cuanto mayor el número de sigmas, mejor el nivel de calidad. (Gutiérrez, 2002)

1.4.4 Implementación de Seis Sigma

Para entender el alcance que hasta ahora ha tenido Seis Sigma en las empresas, a continuación se presentarán algunos casos de éxito en los cuales veremos el uso de esta metodología para su mayor comprensión.

Aplicación de la metodología Seis Sigma en la mejora de resultados de los proyectos de construcción

Este artículo nos habla de los problemas en la calidad de los proyectos de construcción. Edificios con problemas estructurales, de impermeabilización, hundimientos, fisuras, etc. son algunos de los problemas que se presentan en la construcción los cuales provoca elevados costos.

En un estudio realizado por Yopez (2004) se encontró que los defectos son producidos en la fase de proyecto y ejecución respecto a los materiales y al uso y mantenimiento de la construcción. Al mismo tiempo que se detectó que al aplicar Seis Sigma a la etapa del diseño de los proyectos ha provocado reducciones de costos y reducción de fallas.

Aplicación de técnicas lean-seis sigma para mejorar la logística sanitaria

En este estudio la mejora que se quiere lograr es en el área de compras en donde un 49% de pedidos no se cumplen en el plazo esperado. Se tiene un DPMO (defecto por millón de oportunidades) de 490.000 (sigma de 1.5). Se pretende reducir la demora de entrega a un 50% (un DPMO de 250.000 / sigma de 2.2).

Para alcanzar este objetivo se llevó a cabo la aplicación del QDF (Despliegue de la función de la calidad) para determinar las fuentes de variación, así como un R&R (Estudios de repetitividad y reproductibilidad) para el estudio de la toma de los datos de los pedidos.

De acuerdo a los resultados se trabajaron sobre dos fuentes de variación: proveedor y naturaleza del pedido (días de demora) llegando a las siguientes conclusiones:

- *“Personalización de la fecha prevista de entrega para cada pedido en lugar de la estimación actual de 7 días.*
- *Incremento de la rigurosidad en la estimación de los plazos de entrega de los pedidos de servicios y activos.*
- *Pacto con Gestión Económica acerca de la estimulación de las fechas previstas de entrega para los activos en renting (pc's, impresoras, coches, maquinaria, etc.).*
- *Habilitación de formato tipo, fecha y sistema poka-yoke que impidan introducir fechas erróneas.”* (Jiménez, 2007)

Aplicación del sistema seis sigma en la industria de servicios

Este artículo nos muestra la factibilidad de implementar Seis Sigma en la industria de los servicios. Se dice que si utilizamos las herramientas de esta metodología para la solución de problemas, variaciones y satisfacción de los clientes obtenemos que dichas herramientas puede ser utilizadas en la industria de los servicios, ya que:

- *“Disminuya defectos, hasta hacerlos casi desaparecer en un periodo estimado.*
- *Mecanismos para contener lo alcanzado.*
- *Fija objetivos de rendimiento para todos los sectores.*
- *Aumenta el valor para el cliente, ya que se sacan a la luz aquellos defectos causados por malos procesos y/o desarrollos.*
- *Aumenta la velocidad de las mejoras, ya que se promueve el aprendizaje interdisciplinar.*
- *Mejora la habilidad para realizar cambios estratégicos” (Dembinski, 2010).*

Este artículo nos habla de las etapas de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar) haciendo énfasis en que esta herramienta no solo puede ser aplicada en empresas de producción sino también de servicios. Pero que para poder aplicarse es necesario que todo jefe de equipo tenga: *“comprensión de las dinámicas de equipo, habilidad de facilitación (manejo de personal), recogida de datos (detectar la herramienta adecuada para recabar la información) y comunicación organizacional”* (Dembinski, 2010).

Como conclusión, podemos ver que la aplicación de la metodología DMAIC es muy general, permitiendo ser utilizada en cualquier área, que se basa en el trabajo en equipo y en la eliminación de defectos.

Aplicación de Seis Sigma en las Organizaciones

En esta investigación Arias, Portilla y Castaña (2008) basan su estudio en una industria metalmecánica, en la fabricación de un pistón de un sistema mecánico debido a la cantidad de desperdicio que se genera. Para ello se comenzó a llevar un control del desperdicio y del costo de las piezas encontrando que el 22% son rechazadas.

Para el análisis del problema se llevó a cabo un muestreo de un lote de 100 unidades como comúnmente se labora obteniendo como resultado la siguiente información (ver tabla 1.2):

Tabla 1.2 Resultados muestra 1 en la fabricación de un pistón.

x	45	50	60	65	70	75	80	85	90	100
f	5	8	14	4	22	6	23	4	10	4
x = diámetro f = frecuencia (numero de unidades)										

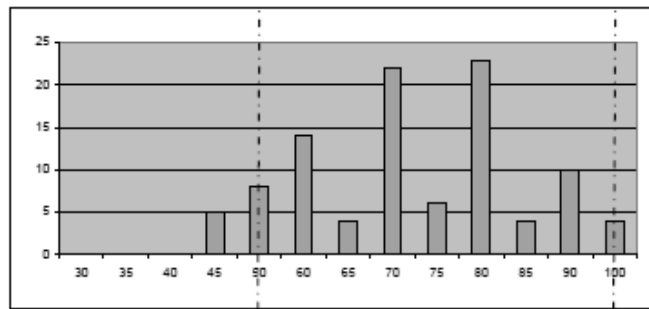


Figura 1.1 Distribución de frecuencia muestra 1 en la fabricación de un pistón.

Donde podemos observar (figura 1.1) que hay piezas que se fabrican fuera de lo especificado por el cliente (diámetro entre 50 y 100) y se detecta que el operador ajusta la máquina en varias ocasiones para estar dentro de los límites.

Después se realiza otra muestra de 20 piezas sin que el operador ajuste la máquina para determinar qué tan precisa es obteniéndose:

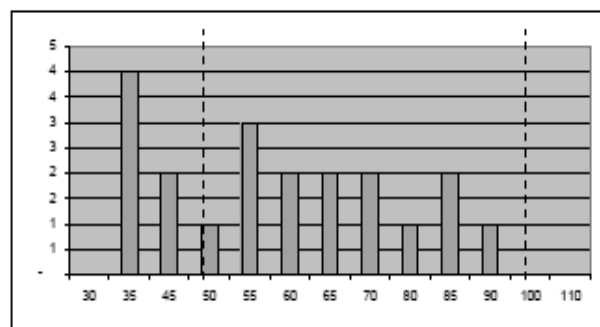


Figura 1.2 Distribución de frecuencia muestra 2 en la fabricación de un pistón.

En el histograma (figura 1.2) se puede observar que 6 piezas de 30 salen fuera de especificación. Así que se vuelve a realizar otro muestreo de 30 piezas encontrando ahora 12 piezas defectuosas:

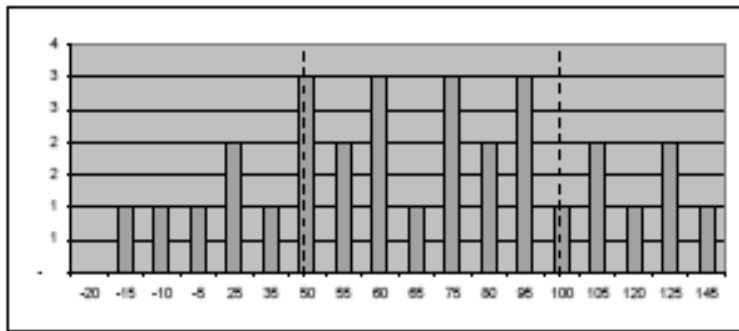


Figura 1.3 Distribución de frecuencia muestra 3 en la fabricación de un pistón.

Debido a que en este resultado son 12 piezas defectuosas (figura 1.3), el siguiente paso fue ajustar la máquina. Posteriormente se hizo una corrida de 30 piezas obteniendo solo 2 piezas fuera de los límites.

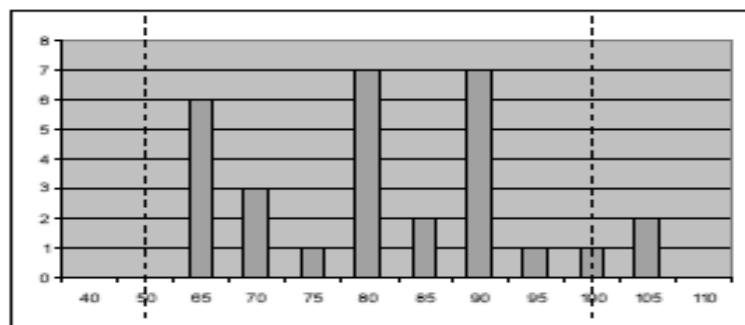


Figura 1.4 Distribución de frecuencia muestra 4 en la fabricación de un pistón.

Ya que se obtuvieron piezas defectuosas (figura 1.4), se hicieron algunos cambios en las piezas de la máquina para después hacer una última corrida de 30 obteniendo todas dentro de los límites (figura 1.5), mejorando su C_p (índice de capacidad) a 1.335, estableciéndolo como el requerido para tener un proceso confiable.

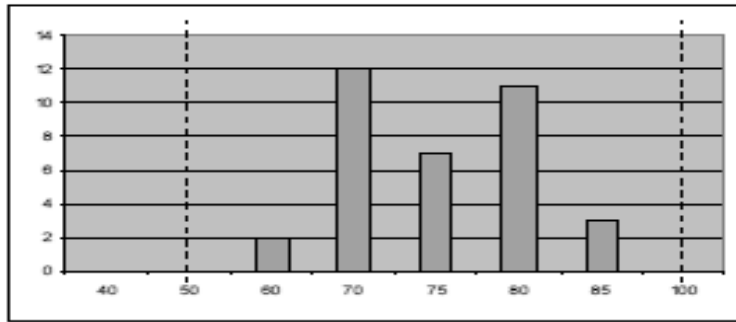


Figura 1.5 Distribución de frecuencia muestra 5 en la fabricación de un pistón.

Para mantener este resultado se capacitó a los operarios de la máquina y personal de mantenimiento en cómo usarla y como darle mantenimiento.

Aplicación de Seis Sigma y los métodos Taguchi para el incremento de la resistencia a la prueba de jalón de un diodo emisor de luz

Para este estudio Báez (2010) definió primero las características a evaluar mediante un diagrama de Pareto (figura 1.6).

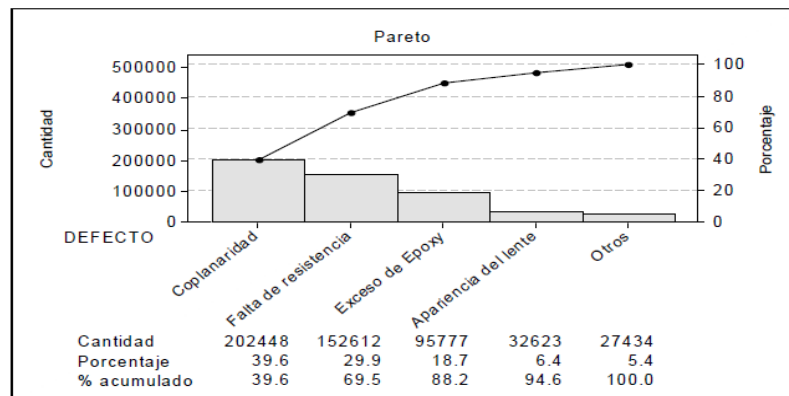


Figura 1.6 Diagrama de Pareto de los defectos de la línea de producción en la prueba de jalón de un diodo emisor de luz.

Posteriormente se llevó a cabo un estudio de repetitividad y reproducibilidad (R&R) para determinar el comportamiento del proceso en cuanto a la resistencia del producto. Este estudio mostró que las mediciones eran confiables.

Después se realizó un diagrama causa-efecto (figura 1.7) para identificar las variables que pudieran afectar la resistencia a la prueba de jalón obteniéndose:

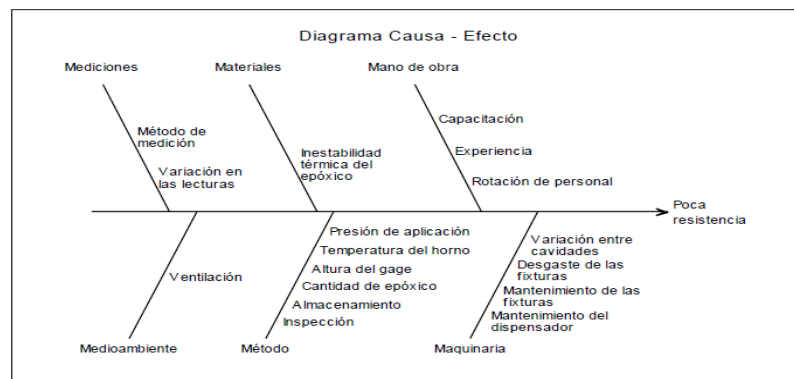


Figura 1.7 Diagrama Causa – Efecto de los posibles factores que afectan la resistencia a la prueba de jalón de un diodo de emisor de luz.

Una vez determinado los factores se seleccionaron los más significativos, los cuales fueron evaluados mediante diseños de experimentos para determinar cuál de ellos influenciaba en la resistencia a la prueba de jalón, obteniéndose: cantidad de epóxico, presión de aplicación y altura del dado. Al mismo tiempo, se determinaron los niveles idóneos en que se tiene que trabajar para que no afecte en la resistencia a la prueba de jalón del diodo (ver tabla 1.3):

Tabla 1.3 Concentrado de los indicadores de cada uno de los procesos analizados para la resistencia a la prueba de jalón.

Indicador	Ajuste propuesto	Ajuste inicial
Media	17.11	9.94
Desviación estándar	2.77	2.93
Cpk	1.45	0.56
PPM	6.36	46,046.15
Nivel de sigma	5.86	3.18

Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada

El siguiente análisis fue llevado a cabo por Leal y Rodrigo (2005) para determinar las causas principales del bajo retorno sobre activos (ROA, el cual es la rentabilidad que posee una compañía sobre el total de sus activos, o el beneficio neto entre el total de los activos) de una flota de maquinaria pesada mediante la metodología DMAMC, obteniéndose como causas principales:

- Alto costo de preparación de maquinaria nueva (revisión y preparación antes de entregar al cliente).
- Falta de control sobre los gastos en filtros que son utilizados para el mantenimiento preventivo de las maquinas, teniendo como consecuencia un costo elevado.

Estos dos factores eran la clave para tener una pérdida de un 7.64% sobre el ROA. Para determinar estas causas Seis Sigma se apoyó de gráficas de Pareto, diagrama causa y efecto, lluvia de ideas y mapas de proceso, para identificar la causa del problema, identificar las operaciones que se llevaban a cabo e identificar las que no agregaban valor y determinar las mejoras para obtener un control de los gastos excesivos de los filtros y una disminución en los costos de preparación, para obtener una mejora en el ROA del 1.7%.

Utilización de la metodología Seis Sigma para el mejoramiento del proceso de adquisición en los tiempos de entrega de las compras en una empresa dedicada a la producción de productos químicos (Cloro) situada en la ciudad de Guayaquil

De acuerdo a la metodología DMAMC una vez determinado el problema el cual es tiempo de entrega largos en la compra de productos químicos, se procedió a determinar los factores que lo provocaban, los cuales mediante un diagrama causa-efecto fueron los siguientes:

- $X_1 =$ Tiempo de revisión de la solicitud de compra.
- $X_2 =$ Tiempo de corrección de la solicitud de compra.
- $X_3 =$ Tiempo de la cotización de la solicitud de compra.

- X_4 = Tiempo de elaboración de orden de compra.
- X_5 = Tiempo de la entrega del producto” (Franco, 2007).

Una vez determinadas las variables fue llevado a cabo un estudio de capacidad, cuyo resultado fue de $C_p = -0.67$ (figura 1.8), lo cual indica que el proceso de la empresa no es capaz debido a que existe una variabilidad en los datos.

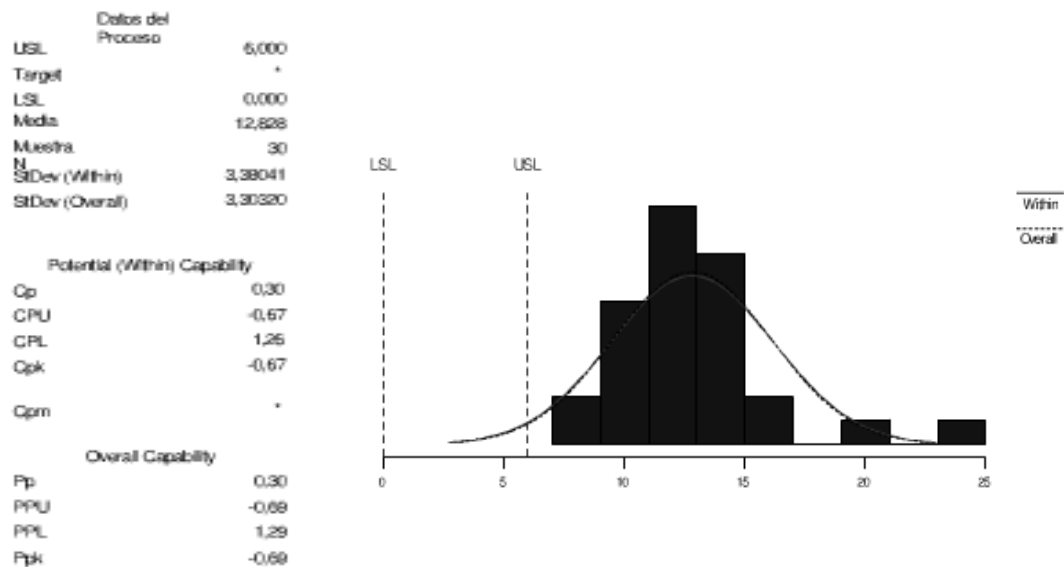


Figura 1.8 Análisis de capacidad del proceso de la variable Y, año 2007.

Una vez determinada la variabilidad de proceso, se llevó a cabo un análisis de las variables ya antes definidas para determinar cuál de ellas es la que afecta más en el proceso. Este estudio se hizo mediante el método de componentes principales, el cual mostró como factores importantes:

- X_1 = Tiempo de revisión de la solicitud de compra.
- X_2 = Tiempo de corrección de la solicitud de compra.
- X_4 = Tiempo de elaboración de orden de compra.

Para obtener mejoras en el proceso, se llevó a cabo la modificación del mismo disminuyendo la cantidad de personas que intervienen en el, se eliminaron actividades

permitiendo que el flujo de la información fuera más directo y las órdenes de compra se cambiaron a medio electrónico.

Con todas estas mejoras los resultados se vieron reflejados en Cp (capacidad del proceso) de 0.26 a 1.41, un Cpk (habilidad del proceso) de -1.21 a 1.31 y una reducción en el tiempo de entrega de 13 a 5 días.

Aplicaciones de Seis Sigma en la industria química

Para Tomati (2010), el objetivo de este trabajo se basó en el aumento de la capacidad de producción debido a la demanda, para ello se realizó un estudio en la disminución del tiempo de reacción en reactor de 9 horas a 6 horas.

Para lograr este objetivo se llevó a cabo un diagrama causa-efecto (figura 1.9) para determinar los factores que influían en este problema, en donde las “causas” en letras rojas son los factores a analizar.



Figura 1.9 Diagrama Causa – Efecto

Debido a la complejidad de los factores: calibración magnética de separador de sólidos, calibración del quemador, reformulación de catalizador y tratamiento de salida H₂O de reacción, y determinación de óptima temperatura y presión del proceso, se analizaron

mediante una matriz de priorización para determinar los más críticos, los cuales fueron: temperatura de proceso y calibración de quemador, los cuales fueron sometidos a un diseño de experimentos obteniendo los siguientes resultados (ver figura 1.10):

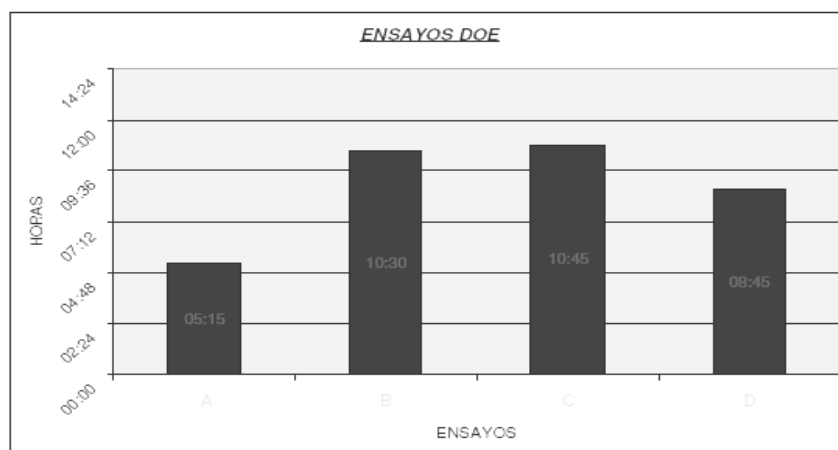


Figura 1.10 Ensayo DOE.

En donde podemos observar que existe una combinación que reduce el tiempo reacción de reactor a 5:15 horas, estando por debajo de la meta deseada de 6 horas.

Aplicación del modelo de calidad “Seis Sigma” para la reducción de costos en una empresa

El siguiente estudio está enfocado en la disminución de costos generados por los altos inventarios en la empresa Válvula Express, para lo cual Galicia (2008) llevó a cabo un diagrama de Pareto (figura 1.11) para determinar las causas que ocasionaban dicho exceso de inventario.

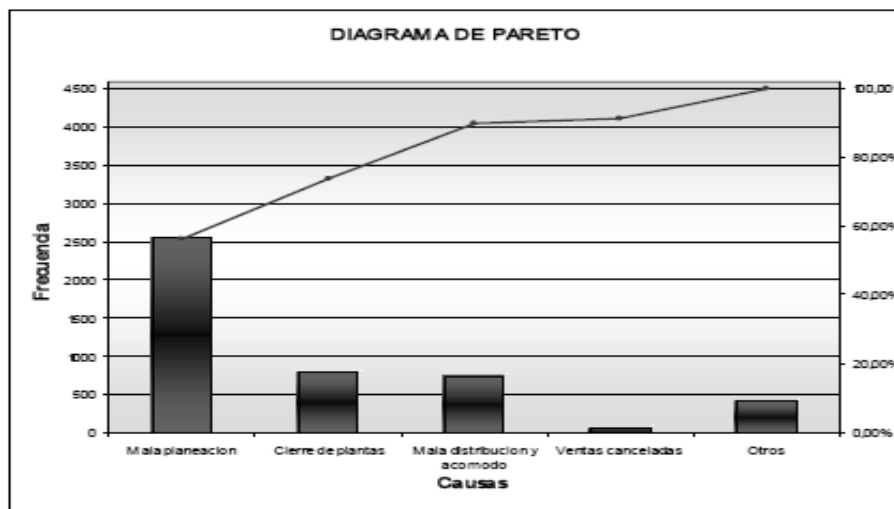


Figura 1.11 Diagrama Pareto.

De acuerdo al diagrama podemos observar que la principal causa del exceso de inventario es una mala planeación. Para la reducción de este factor, se llevó a cabo un diagrama causa-efecto el cual arrojó 3 actividades que causan este problema los cuales son: materia prima defectuosa, producto en proceso defectuoso y producto terminado defectuosos.

Después de un estudio para una mejora en la planeación se llevaron las siguientes propuestas:

- Determinar el estado actual de las piezas semi-terminadas y reutilizar las que tengan mayor demanda en el mercado.
- Ofrecer partes y equipos electrónicos con características especiales para la fabricación de válvula específicas, así como equipos terminados.
- Identificar las partes del inventario en exceso.

El método Seis Sigma en auditoría interna

En este artículo Aghili (2010) nos habla de cómo las etapas de la metodología DMAMC pueden ser incorporadas a una auditoría interna como lo muestra la tabla 1.4.

Tabla 1.4 Cinco pasos para el éxito de una auditoría.

Fase de Seis Sigma	Fase de Auditoría Interna correspondiente
Definir	Planeación
Medir	Ejecución
Analizar	Análisis
Mejorar (rediseñar)	Recomendaciones
Controlar	Seguimiento

Esta metodología le proporciona a los auditores herramientas que les permitan ser más exactos en cuanto a la detección de las causas de origen, cuantificar y documentar las áreas de no cumplimiento y hacer recomendaciones de recorte de gastos de operación.

Capítulo II: Herramientas para la mejora de la Capacidad

En el presente capítulo se lleva a cabo una explicación de las herramientas utilizadas por la Manufactura Esbeltas y Seis Sigma, las cuales nos servirán durante el desarrollo del proyecto, por ello es necesario conocerlas antes de aplicarlas.

2.1 Herramientas de Manufactura Esbelta

2.1.1 Herramienta 5's

Se llama estrategia de las 5's porque representan acciones que son principios expresados con cinco palabras japonesas que comienza por S (Venegas, 2005). Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno y seguro donde trabajar. Estas cinco palabras son:

- Clasificar (Seiri).
- Orden (Seiton).
- Limpieza (Seiso).
- Limpieza Estandarizada (Seiketsu).
- Disciplina (Shitsuke).

La estrategia de las 5S es un concepto sencillo que a menudo las personas no le dan la suficiente importancia, sin embargo, una fábrica limpia y segura nos permite orientar la empresa y los talleres de trabajo hacia las siguientes metas:

- Dar respuesta a la necesidad de mejorar el ambiente de trabajo, eliminación de despilfarros producidos por el desorden, falta de aseo, fugas, contaminación, etc.
- Buscar la reducción de pérdidas por la calidad, tiempo de respuesta y costes con la intervención del personal en el cuidado del sitio de trabajo e incremento de la moral por el trabajo.
- Facilitar crear las condiciones para aumentar la vida útil de los equipos, gracias a la inspección permanente por parte de la persona quien opera la maquinaria.
- Mejorar la estandarización y la disciplina en el cumplimiento de los estándares al tener el personal la posibilidad de participar en la elaboración de procedimientos de limpieza, lubricación y apriete.

- Hacer uso de elementos de control visual como tarjetas y tableros para mantener ordenados todos los elementos y herramientas que intervienen en el proceso productivo.
- Conservar el sitio de trabajo mediante controles periódicos sobre las acciones de mantenimiento de las mejoras alcanzadas con la aplicación de las 5's.
- Poder implantar cualquier tipo de programa de mejora continua de producción Justo a Tiempo, Control Total de Calidad y Mantenimiento Productivo Total.
- Reducir las causas potenciales de accidentes, aumentar la conciencia de cuidado y conservación de los equipos y demás recursos de la compañía.

Seiri – clasificar (desechar lo que no se necesita)

Seiri o clasificar significa eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios y que no se requieren para realizar nuestra labor.

Buscamos tener alrededor elementos o componentes pensando que nos harán falta para nuestro próximo trabajo. Con este pensamiento creamos verdaderos stocks reducidos en proceso que molestan, quitan espacio y estorban. Estos elementos perjudican el control visual del trabajo, impiden la circulación por las áreas de trabajo, induce a cometer errores en el manejo de materias primas y en numerosas oportunidades pueden generar accidentes en el trabajo.

La primera "S" de esta estrategia aporta métodos y recomendaciones para evitar la presencia de elementos innecesarios. El Seiri consiste en:

- Separar en el sitio de trabajo las cosas que realmente sirven de las que no sirven.
- Clasificar lo necesario de lo innecesario para el trabajo rutinario.
- Mantener lo que necesitamos y eliminar lo excesivo
- Separar los elementos empleados de acuerdo a su naturaleza, uso, seguridad y frecuencia de utilización con el objeto de facilitar la agilidad en el trabajo.
- Organizar las herramientas en sitios donde los cambios se puedan realizar en el menor tiempo posible.
- Eliminar elementos que afectan el funcionamiento de los equipos y que pueden conducir a averías.

- Eliminar información innecesaria y que nos puede conducir a errores de interpretación o de actuación.

Beneficios del seiri

La aplicación de las acciones Seiri preparan los lugares de trabajo para que estos sean más seguros y productivos. El primer y más directo impacto del Seiri está relacionado con la seguridad. Ante la presencia de elementos innecesarios, el ambiente de trabajo es tenso, impide la visión completa de las áreas de trabajo, dificulta observar el funcionamiento de los equipos y máquinas, las salidas de emergencia quedan obstaculizadas haciendo todo esto que el área de trabajo sea más insegura.

La práctica del Seiri además de los beneficios en seguridad permite:

- Liberar espacio útil en planta y oficinas.
- Reducir los tiempos de acceso al material, documentos, herramientas y otros elementos de trabajo.
- Mejorar el control visual de stocks de repuestos y elementos de producción, carpetas con información, planos, etc.
- Eliminar las pérdidas de productos o elementos que se deterioran por permanecer un largo tiempo expuestos en un ambiente no adecuado para ellos; por ejemplo, material de empaque, etiquetas, envases plásticos, cajas de cartón y otros.
- Facilitar el control visual de las materias primas que se van agotando y que requieren para un proceso en un turno, etc.
- Preparar las áreas de trabajo para el desarrollo de acciones de mantenimiento autónomo, ya que se puede apreciar con facilidad los escapes, fugas y contaminaciones existentes en los equipos y que frecuentemente quedan ocultas por los elementos innecesarios que se encuentran cerca de los equipos.

Propósito

El propósito del Seiri o clasificar significa retirar de los puestos de trabajo todos los elementos que no son necesarios para las operaciones de producción o de oficina cotidianas.

Los elementos necesarios se deben mantener cerca de la "acción", mientras que los innecesarios se deben retirar del sitio o eliminar.

La implementación del Seiri permite crear un entorno de trabajo en el que se evitan problemas de espacio, pérdida de tiempo, aumento de la seguridad y ahorro de energía.

Al implementar Seiri se obtienen entre otros los siguientes beneficios:

- Se mejora el control visual de los elementos de trabajo, materiales en proceso y producto final.
- El flujo "suave" de los procesos se logra gracias al control visual.
- La calidad del producto se mejora ya que los controles visuales ayudan a prevenir los defectos.
- Se mejora el MTBF o tiempo medio entre fallos de los equipos.
- Es más fácil identificar las áreas o sitios de trabajo con riesgo potencial de accidente laboral.
- El personal de oficina puede mejorar la productividad en el uso del tiempo.

Justificación

El no aplicar el Seiri se pueden presentar algunos de los siguientes problemas:

- La planta de producción y los talleres es insegura, se presentan más accidentes, se pierde tiempo valioso para encontrar algún material y se dificulta el trabajo.
- El producto en proceso o final en exceso, los cajones y armarios que se utilizan para guardar elementos innecesarios crean el efecto "jaula de canario" el cual impide la comunicación entre compañeros de trabajo.
- En caso de una señal de alarma, las vías de emergencia al estar ocupadas con productos o materiales innecesarios, impide la salida rápida del personal.
- Es necesario disponer de armarios y espacio medido en metros cuadrados para ubicar los materiales innecesarios. El coste financiero también se ve afectado por este motivo.

- Es más difícil de mantener bajo control el stock que se produce por productos defectuosos. El volumen existente de productos en proceso permite ocultar más fácilmente los stocks innecesarios.
- El cumplimiento de los tiempos de entrega se pueden ver afectados debido a las pérdidas de tiempo al ser necesario mayor manipulación de los materiales y productos.

¿Cómo implementar el seiri?

Identificar elementos innecesarios

El primer paso en la implantación del Seiri consiste en la identificación de los elementos innecesarios en el lugar seleccionado para implantar las 5S. En este paso se pueden emplear las siguientes ayudas:

Lista de elementos innecesarios

La lista de elementos innecesarios se debe diseñar y enseñar durante la fase de preparación. Esta lista permite registrar el elemento innecesario, su ubicación, cantidad encontrada, posible causa y acción sugerida para su eliminación. Esta lista es cumplimentada por el operario, encargado o supervisor durante el tiempo en que se ha decidido realizar la campaña Seiri.

Tarjetas de color

Este tipo de tarjetas permiten marcar o "denunciar" que en el sitio de trabajo existe algo innecesario y que se debe tomar una acción correctiva. En algunas empresas utilizan colores verde para indicar que existe un problema de contaminación, azul si está relacionado el elemento con materiales de producción, roja si se trata de elementos que no pertenecen al trabajo como envases de comida, desechos de materiales de seguridad como guantes rotos, papeles innecesarios, etc. En Japón se utiliza frecuentemente la tarjeta roja para mostrar o destacar el problema identificado.

Las preguntas habituales que se deben hacer para identificar si existe un elemento innecesario son las siguientes:

- ¿Es necesario este elemento?

- ¿Si es necesario, es necesario en esta cantidad?
- ¿Si es necesario, tiene que estar localizado aquí?

Una vez marcados los elementos se procede a registrar cada tarjeta utilizada en la lista de elementos innecesarios. Esta lista permite posteriormente realizar un seguimiento sobre todos los elementos identificados. Si es necesario, se puede realizar una reunión donde se decide qué hacer con los elementos identificados, ya que en el momento de la "campana" no es posible definir qué hacer con todos los elementos innecesarios detectados.

Criterios para asignar Tarjetas de color

- El criterio más común es el del programa de producción del mes próximo. Los elementos necesarios se mantienen en el área especificada. Los elementos no necesarios se desechan o almacenan en lugar diferente.
- Utilidad del elemento para realizar el trabajo previsto. Si el elemento no es necesario debe descartarse.
- Frecuencia con la que se necesita el elemento. Si es necesario con poca frecuencia puede almacenarse fuera del área de trabajo.
- Cantidad del elemento necesario para realizar el trabajo. Si es necesario en cantidad limitada el exceso puede desecharse o almacenarse fuera del área de trabajo.

Características de las tarjetas

Las tarjetas utilizadas pueden ser de diferentes tipos:

- Una ficha con un número consecutivo. Esta ficha puede tener un hilo que facilite su ubicación sobre el elemento innecesario. Estas fichas son reutilizables, ya que simplemente indican la presencia de un problema y en un formato se puede saber para el número correspondiente, la novedad o el problema.
- Tarjetas de colores intensos. Estas tarjetas se fabrican en papel de color fosforescente para facilitar su identificación a distancia (figura 2.1). El color intenso sirve de ayuda como mecanismos de control visual para informar que sigue presente el problema "denunciado". Estas tarjetas contienen la siguiente información:

- Nombre del elemento innecesario
- Cantidad.
- Porqué creemos que es innecesario.
- Área de procedencia del elemento innecesario.
- Posibles causas de su permanencia en el sitio.
- Plan de acción sugerido para su eliminación.

Tarjeta Roja			
NOMBRE DEL ARTICULO		FOLIO N° 0001	
CATEGORIA	1. Maquinaria 2. Accesorios y herramientas 3. Instrumental de Medición 4. Materia Prima. 5. Refacción 6. Inventario en Proceso 7. Producto Terminado 8. Equipo de Oficina 9. Librería y papelería 10. Limpieza o pesticidas		
FECHA	LOCALIZACIÓN	TIPO DE COORDENADA	
CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR \$	
RAZÓN	1. No se necesitan 2. Defectuoso 3. No se necesita pronto 4. Material de desperdicio 5. Uso desconocido 6. Contaminante 7. Otro		
Consideraciones especiales de almacenaje			
☐ Ventilación especial ☐ Frágil ☐ Explosivo		☐ En camas de _____ ☐ Máxima altura _____ cajas ☐ Ambiente a _____ °C	
ELABORADA POR		Departamento o sección	
FORMA DE DESECHO	1. Tirar 4. Mover áreas de tarjetas rojas 5. Mover otro almacén 6. Regresar proveedor int o ext	2. Vender 3. Otros	Desecho completo Firma autorizada(s)
FECHA DE DESECHO	Firma de autorización	FECHA DE DESPACHO	
Vender o tirar			

Nombre:	Fecha:	FOLIO	N° 0001	Tarjeta	R	MINI-PLANTA
---------	--------	-------	---------	---------	----------	-------------

Figura 2.1 Ejemplo de tarjeta roja.

Seiton – ordenar (un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar)

Seiton consiste en organizar los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad. Aplicar Seiton en mantenimiento tiene que ver con la mejora de la visualización de los elementos de las máquinas e instalaciones industriales.

Seiton permite:

- Disponer de un sitio adecuado para cada elemento utilizado en el trabajo de rutina para facilitar su acceso y retorno al lugar.
- Disponer de sitios identificados para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia.
- Disponer de lugares para ubicar el material o elementos que no se usarán en el futuro.
- En el caso de maquinaria, facilitar la identificación visual de los elementos de los equipos, sistemas de seguridad, alarmas, controles, sentidos de giro, etc.
- Lograr que el equipo tenga protecciones visuales para facilitar su inspección autónoma y control de limpieza.
- Identificar y marcar todos los sistemas auxiliares del proceso como tuberías, aire comprimido, combustibles.
- Incrementar el conocimiento de los equipos por parte de los operadores de producción.

El no aplicar el Seiton en el sitio de trabajo conduce a los siguientes problemas:

- Incremento del número de movimientos innecesarios. El tiempo de acceso a un elemento para su utilización se incrementa.
- Se puede perder el tiempo de varias personas que esperan los elementos que se están buscando para realizar un trabajo. No sabemos dónde se encuentra el elemento y la persona que conoce su ubicación no se encuentra. Esto indica que falta una buena identificación de los elementos.
- Un equipo sin identificar sus elementos (sentido de giro o movimiento de componentes) puede conducir a deficientes montajes, mal funcionamiento y errores graves al ser operado. El tiempo de lubricación se puede incrementar al no saber fácilmente el nivel de aceite requerido, tipo, cantidad y sitio de aplicación. Todo esto conduce a despilfarros de tiempo.
- El desorden no permite controlar visualmente los stocks en proceso y de materiales de oficina.
- Errores en la manipulación de productos. Se alimenta la máquina con materiales defectuosos no previstos para el tipo de proceso. Esto conduce a defectos, pérdida de tiempo, crisis del personal y un efecto final de pérdida de tiempo y dinero.

- La falta de identificación de lugares inseguros o zonas del equipo de alto riesgo puede conducir a accidentes y pérdida de moral en el trabajo.

¿Cómo implementar el seiton?

La implementación del Seiton requiere la aplicación de métodos simples y desarrollados por los trabajadores. Los métodos más utilizados son:

Controles visuales

Un control visual se utiliza para informar de una manera fácil entre otros los siguientes temas:

- Sitio donde se encuentran los elementos.
- Frecuencia de lubricación de un equipo, tipo de lubricante y sitio donde aplicarlo.
- Estándares sugeridos para cada una de las actividades que se deben realizar en un equipo o proceso de trabajo.
- Dónde ubicar el material en proceso, producto final y si existe, productos defectuosos.
- Sitio donde deben ubicarse los elementos de aseo, limpieza y residuos clasificados.
- Sentido de giro de motores.
- Conexiones eléctricas.
- Sentido de giro de botones de actuación, válvulas y actuadores.
- Flujo del líquido en una tubería, marcación de esta, etc.
- Franjas de operación de manómetros (estándares).
- Dónde ubicar la calculadora, carpetas bolígrafos, lápices en el sitio de trabajo.

Marcación de la ubicación

Una vez que se ha decidido las mejores localizaciones, es necesario un modo para identificar estas localizaciones de forma que cada uno sepa dónde están las cosas, y cuántas cosas de cada elemento hay en cada sitio.

Marcación con colores

Es un método para identificar la localización de puntos de trabajo, ubicación de elementos, materiales y productos, nivel de un fluido en un depósito, sentido de giro de una

máquina, etc. La marcación con colores se utiliza para crear líneas que señalen la división entre áreas de trabajo y movimiento, seguridad y ubicación de materiales.

Guardas transparentes

Es posible que en equipos de producción se puedan modificar para introducir protecciones de plástico de alto impacto transparentes, con el propósito de facilitar la observación de los mecanismos internos de los equipos. Este tipo de guardas permiten mantener el control de la limpieza y adquirir mayor conocimiento sobre el funcionamiento del equipo.

Codificación de Colores

Se usa para señalar claramente las piezas, herramientas, conexiones, tipos de lubricantes y sitio donde se aplican. Por ejemplo, la grasea de color azul puede servir para aplicar un tipo especial de aceite en un punto del equipo marcado con color azul.

Identificar los contornos

Se usan dibujos o plantillas de contornos para indicar la colocación de herramientas, partes de una máquina, elementos de aseo y limpieza, bolígrafos, grapadora, calculadora y otros elementos de oficina.

Seiso – limpiar (limpiar el sitio de trabajo y los equipos y prevenir la suciedad y el desorden)

Seiso significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos de una fábrica. Desde el punto de vista del TPM, Seiso implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza. Se identifican problemas de escapes, averías, fallos o cualquier tipo de FUGUAI. Esta palabra japonesa significa defecto o problema existente en el sistema productivo.

Para aplicar Seiso se debe:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumirse la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo: "la limpieza es inspección".
- Se debe abolir la distinción entre operario de proceso, operario de limpieza y técnico de mantenimiento.
- El trabajo de limpieza como inspección genera conocimiento sobre el equipo. No se trata de una actividad simple que se pueda delegar en personas de menor cualificación.

- No se trata únicamente de eliminar la suciedad. Se debe elevar la acción de limpieza a la búsqueda de las fuentes de contaminación con el objeto de eliminar sus causas primarias.

Beneficios del seiso

- Reduce el riesgo potencial de que se produzcan accidentes.
- Mejora el bienestar físico y mental del trabajador.
- Se incrementa la vida útil del equipo al evitar su deterioro por contaminación y suciedad.
- Las averías se pueden identificar más fácilmente cuando el equipo se encuentra en estado óptimo de limpieza
- La limpieza conduce a un aumento significativo de la Efectividad Global del Equipo.
- Se reducen los desperdicios de materiales y energía debido a la eliminación de fugas y escapes.
- La calidad del producto se mejora y se evitan las pérdidas por suciedad y contaminación del producto y empaque.

Implementación del seiso o limpieza

El Seiri debe implementarse siguiendo una serie de pasos que ayuden a crear el hábito de mantener el sitio de trabajo en correctas condiciones. El proceso de implantación se debe apoyar en un fuerte programa de entrenamiento y suministro de los elementos necesarios para su realización, como también del tiempo requerido para su ejecución.

Paso 1. Campaña o jornada de limpieza. Es muy frecuente que una empresa realice una campaña de orden y limpieza como un primer paso para implantar las 5S. En esta jornada se eliminan los elementos innecesarios y se limpia el equipo, pasillos, armarios, almacenes, etc.

Paso 2. Planificar el mantenimiento de la limpieza. El encargado del área debe asignar un contenido de trabajo de limpieza en la planta. Si se trata de un equipo de gran tamaño o una línea compleja, será necesario dividirla y asignar responsabilidades por zona a cada trabajador.

Paso 3. Preparar el manual de limpieza. Es muy útil la elaboración de un manual de entrenamiento para limpieza. Este manual debe incluir además del gráfico de asignación de áreas, la forma de utilizar los elementos de limpieza, detergentes, jabones, aire, agua; como también, la frecuencia y tiempo medio establecido para esta labor. Las actividades de limpieza deben incluir la Inspección antes del comienzo de turnos, las actividades de limpieza que tienen lugar durante el trabajo, y las que se hacen al final del turno.

Paso 4. Preparar elementos para la limpieza. Aquí aplicamos el Seiton a los elementos de limpieza, almacenados en lugares fáciles de encontrar y devolver. El personal debe estar entrenado sobre el empleo y uso de estos elementos desde el punto de vista de la seguridad y conservación de estos.

Paso 5. Implantación de la limpieza. Retirar polvo, aceite, grasa sobrante de los puntos de lubricación, asegurar la limpieza de la suciedad de las grietas del suelo, paredes, cajones, maquinaria, ventanas, etc., Es necesario remover capas de grasa y mugre depositadas sobre las guardas de los equipos, rescatar los colores de la pintura o del equipo oculta por el polvo.

Seiketsu – estandarizar (preservar altos niveles de organización, orden y limpieza)

Seiketsu es la metodología que nos permite mantener los logros alcanzados con la aplicación de las tres primeras "S".

Seiketsu o estandarización pretende:

- Mantener el estado de limpieza alcanzado con las tres primeras S's.
- Enseñar al operario a realizar normas con el apoyo de la dirección y un adecuado entrenamiento.
- Las normas deben contener los elementos necesarios para realizar el trabajo de limpieza, tiempo empleado, medidas de seguridad a tener en cuenta y procedimiento a seguir en caso de identificar algo anormal.
- En lo posible se deben emplear fotografías de cómo se debe mantener el equipo y las zonas de cuidado.

- El empleo de los estándares se debe auditar para verificar su cumplimiento.
- Las normas de limpieza, lubricación y aprietes son la base del mantenimiento autónomo (Jishu Hozen).

Beneficios del seiketsu

- Se guarda el conocimiento producido durante años de trabajo.
- Se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente.
- Los operarios aprenden a conocer en profundidad el equipo.
- Se evitan errores en la limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios.
- La dirección se compromete más en el mantenimiento de las áreas de trabajo al intervenir en la aprobación y promoción de los estándares
- Se prepara el personal para asumir mayores responsabilidades en la gestión del puesto de trabajo.
- Los tiempos de intervención se mejoran y se incrementa la productividad de la planta.

Como implementar la limpieza estandarizada

Para implementar Seiketsu se requieren los siguientes pasos:

Paso 1. Asignar trabajos y responsabilidades. Para mantener las condiciones de las tres primeras `s, cada operario debe conocer exactamente cuáles son sus responsabilidades sobre lo que tiene que hacer y cuándo, dónde y cómo hacerlo. Si no se asignan a las personas tareas claras relacionadas con sus lugares de trabajo, Seiri, Seiton y Seiso tendrán poco significado.

Paso 2. Integrar las acciones Seiri, Seiton y Seiso en los trabajos de rutina. El estandar de limpieza de mantenimiento autónomo facilita el seguimiento de las acciones de limpieza, lubricación y control de los elementos de ajuste y fijación. Estos estándares ofrecen toda la información necesaria para realizar el trabajo. El mantenimiento de las condiciones debe ser una parte natural de los trabajos regulares de cada día.

Shitsuke – disciplina (crear hábitos basados en las 4's anteriores)

Shitsuke o Disciplina significa convertir en hábito el empleo y utilización de los métodos establecidos y estandarizados para la limpieza en el lugar de trabajo.

Beneficios de aplicar shitsuke

- Se crea una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa.
- La disciplina es una forma de cambiar hábitos.
- Se siguen los estándares establecidos y existe una mayor sensibilización y respeto entre personas.
- La moral en el trabajo se incrementa.
- El cliente se sentirá más satisfecho ya que los niveles de calidad serán superiores debido a que se han respetado íntegramente los procedimientos y normas establecidas.
- El sitio de trabajo será un lugar donde realmente sea atractivo llegar cada día.

Propósito

La práctica del Shitsuke pretende lograr el hábito de respetar y utilizar correctamente los procedimientos, estándares y controles previamente desarrollados.

Un trabajador se disciplina así mismo para mantener "vivas" las 5'S, ya que los beneficios y ventajas son significativos. Una empresa y sus directivos estimulan su práctica, ya que trae mejoras importantes en la productividad de los sistemas operativos y en la gestión.

En lo que se refiere a la implantación de las 5'S, la disciplina es importante porque sin ella, la implantación de las cuatro primeras 5's se deteriora rápidamente. Si los beneficios de la implantación de las primeras cuatro 5's se han mostrado, debe ser algo natural asumir la implantación de la quinta o Shitsuke.

¿Cómo implementar shitsuke?

La disciplina no es visible y no puede medirse a diferencia de la clasificación, Orden, limpieza y estandarización. Existe en la mente y en la voluntad de las personas y solo la conducta demuestra la presencia, sin embargo, se pueden crear condiciones que estimulen la práctica de la disciplina.

2.1.2 Control visual

Los controles visuales están íntimamente relacionados con los procesos de estandarización. Un control visual es un estándar representado mediante un elemento gráfico o físico, de color o numérico y muy fácil de ver. La estandarización se transforma en gráficos y estos se convierten en controles visuales. Cuando sucede esto, sólo hay un sitio para cada cosa, y podemos decir de modo inmediato si una operación particular está procediendo normal o anormalmente (Pineda, 2004).

Un control visual se utiliza para informar de una manera fácil entre otros los siguientes temas:

- Sitio donde se encuentran los elementos.
- Frecuencia de lubricación de un equipo, tipo de lubricante y sitio donde aplicarlo.
- Estándares sugeridos para cada una de las actividades que se deben realizar en un equipo o proceso de trabajo.
- Dónde ubicar el material en proceso, producto final y si existe, productos defectuosos.
- Sitio donde deben ubicarse los elementos de aseo, limpieza y residuos clasificados.
- Sentido de giro de motores.
- Conexiones eléctricas.

2.1.3 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye “cero accidentes, cero defectos y cero fallos” en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores, incluyendo producción, desarrollo y departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos

los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. La obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos (Pineda, 2004).

El TPM 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. TPM busca:

- Maximizar la eficacia del equipo.
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo por toda la vida del equipo.
- Involucrar a todos los departamentos que planean, diseñan, usan, o mantienen equipo, en la implementación de TPM.
- Activamente involucrar a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los trabajadores de piso.
- Promover el TPM a través de motivación con actividades autónomas de pequeños grupos.
- Cero accidentes.
- Cero defectos.
- Cero averías.

Objetivos del TPM

Objetivos estratégicos. El proceso TPM 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.

Objetivos operativos. El TPM 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.

Objetivos organizativos. El TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral en el 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 del TPM

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Amplia participación 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 mejorar 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.

Beneficios del TPM

Organizativos

- 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.

Seguridad

- Mejorar 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 como hacerlo.
- Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes.
- Eliminar radicalmente las fuentes de contaminación y polución.

Productividad

- Eliminar pérdidas que afectan la productividad de las plantas.
- Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Reducción de los costos de mantenimiento.
- Mejora de la calidad del producto final.
- Menor costo financiero por cambios.
- Mejora de la tecnología de la empresa.
- Aumento de la capacidad de respuesta a los movimientos del mercado.
- Crear capacidades competitivas desde la fábrica.

Pilares del TPM

Los pilares o procesos fundamentales del TPM sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva. Los pilares considerados como necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son los que se indican a continuación:

Pilar 1: Mejoras Enfocadas (Kaizen). Las mejoras enfocadas son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto maximizar la Efectividad Global del Equipo, proceso y planta; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos multidisciplinarios, empleando metodología específica y concentrando su atención en la eliminación de los despilfarros que se presentan en las plantas industriales.

Se trata de desarrollar el proceso de mejora continua similar al existente en los procesos de Control Total de Calidad aplicando procedimientos y técnicas de mantenimiento. Si una organización cuenta con actividades de mejora similares, simplemente podrá

incorporar dentro de su proceso, Kaizen o mejora, nuevas herramientas desarrolladas en el entorno TPM. No deberá modificar su actual proceso de mejora que aplica actualmente.

Pilar 2: Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen). El mantenimiento autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. Estas actividades se deben realizar siguiendo estándares previamente preparados con la colaboración de los propios operarios. Los operarios deben ser entrenados y deben contar con los conocimientos necesarios para dominar el equipo que opera.

Pilar 3: Mantenimiento Progresivo o Planificado (Keikaku Hozen). El mantenimiento progresivo es uno de los pilares más importantes en la búsqueda de beneficios en una organización industrial. El propósito de este pilar consiste en la necesidad de avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta "cero averías" para una planta industrial.

El mantenimiento planificado que se practica en numerosas empresas presenta entre otras las siguientes características:

- No se dispone de información histórica necesaria para establecer el tiempo más adecuado para realizar las acciones de mantenimiento preventivo. Los tiempos son establecidos de acuerdo a la experiencia, recomendaciones de fabricante y otros criterios con poco fundamento técnico y sin el apoyo en datos e información histórica sobre el comportamiento pasado.
- Se aprovecha la parada de un equipo para "hacer todo lo necesario en la máquina" ya que la tenemos disponible. ¿Será necesario un tiempo similar de intervención para todos los elementos y sistemas de un equipo?, ¿Será esto económico?.
- Se aplican planes de mantenimiento preventivo a equipos que poseen un alto deterioro acumulado. Este deterioro afecta la dispersión de la distribución (estadística) de fallos, imposibilitando la identificación de un comportamiento regular del fallo y con el que se debería establecer el plan de mantenimiento preventivo.

- A los equipos y sistemas se les da un tratamiento similar desde el punto de vista de la definición de las rutinas de preventivo, sin importan su criticidad, riesgo, efecto en la calidad, grado de dificultad para conseguir el recambio o repuesto, etc.
- Es poco frecuente que los departamentos de mantenimiento cuenten con estándares especializados para la realizar su trabajo técnico. La práctica habitual consiste en imprimir la orden de trabajo con algunas asignaciones que no indican el detalle del tipo de acción a realizar.
- El trabajo de mantenimiento planificado no incluye acciones Kaizen para la mejora de los métodos de trabajo. No se incluyen acciones que permitan mejorar la capacidad técnica y mejora de la fiabilidad del trabajo de mantenimiento, como tampoco es frecuente observar el desarrollo de planes para eliminar la necesidad de acciones de mantenimiento. Esta también debe ser considerada como una actividad de mantenimiento preventivo.

Pilar 4: Educación y Formación. Este pilar considera todas las acciones que se deben realizar para el desarrollo de habilidades para lograr altos niveles de desempeño de las personas en su trabajo. Se puede desarrollar en pasos como todos los pilares TPM y emplea técnicas utilizadas en mantenimiento autónomo, mejoras enfocadas y herramientas de calidad.

Pilar 5: Mantenimiento Temprano. Este pilar busca mejorar la tecnología de los equipos de producción. Es fundamental para empresas que compiten en sectores de innovación acelerada, Mass Customization (producción personalizada en masa) o manufactura versátil, ya que en estos sistemas de producción la actualización continua de los equipos, la capacidad de flexibilidad y funcionamiento libre de fallos, son factores extremadamente críticos. Este pilar actúa durante la planificación y construcción de los equipos de producción. Para su desarrollo se emplean métodos de gestión de información sobre el funcionamiento de los equipos actuales, acciones de dirección económica de proyectos, técnicas de ingeniería de calidad y mantenimiento. Este pilar es desarrollado a través de equipos para proyectos específicos. Participan los departamentos de investigación, desarrollo y diseño, tecnología de procesos, producción, mantenimiento, planificación, gestión de calidad y áreas comerciales.

Pilar 6: Mantenimiento de Calidad (Hinshitsu Hozen). Tiene como propósito establecer las condiciones del equipo en un punto donde el "cero defectos" es factible. Las acciones del mantenimiento de calidad buscan verificar y medir las condiciones "cero defectos"

regularmente, con el objeto de facilitar la operación de los equipos en la situación donde no se generen defectos de calidad.

Pilar 7: Mantenimiento en Áreas Administrativas. Este pilar tiene como propósito reducir las pérdidas que se pueden producir en el trabajo manual de las oficinas. Si cerca del 80 % del costo de un producto es determinado en las etapas de diseño del producto y de desarrollo del sistema de producción. El mantenimiento productivo en áreas administrativas ayuda a evitar pérdidas de información, coordinación, precisión de la información, etc. Emplea técnicas de mejora enfocada, estrategia de 5's, acciones de mantenimiento autónomo, educación y formación y estandarización de trabajos. Es desarrollado en las áreas administrativas con acciones individuales o en equipo.

Pilar 8: Gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente. Tiene como propósito crear un sistema de gestión integral de seguridad. Emplea metodologías desarrolladas para los pilares mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo. Contribuye significativamente a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y efectos negativos al medio ambiente.

Pilar 9: Especiales (Monotsukuri). Este pilar tiene como propósito mejorar la flexibilidad de la planta, implantar tecnología de aplazamiento, nivelar flujo, aplicar Justo a Tiempo y otras tecnologías de mejora de los procesos de manufactura.

Pasos para la implantación de TPM

Paso 1: Comunicar el compromiso de la alta gerencia para introducir el TPM. Se debe hacer una declaración del ejecutivo de más alto rango en la cual exprese que se tomó la resolución de implantar TPM en la empresa.

Paso 2: Campaña educacional introductoria para el TPM Para esto se requiere de la impartición de varios cursos de TPM en los diversos niveles de la empresa.

Paso 3: Establecimiento de una organización promocional y un modelo de mantenimiento de máquinas mediante una organización formal.

Paso 4: Fijar políticas básicas y objetivos. Las metas deben ser por escrito en documentos que mencionen que el TPM será implantado como un medio para alcanzar las metas. Fijar una meta numérica que debe ser alcanzada para cada categoría en ese año. No se deben fijar metas “tibias”, las metas deben ser drásticas reducciones de 1/100 bajo los objetivos planteados.

Paso 5: Diseñar el plan maestro de TPM. Se tiene que planear desde la implantación hasta alcanzar la certificación.

Paso 6: Lanzamiento introductorio. Involucra personalmente a las personas de nivel alto y medio, quienes trabajan en establecer los ajustes para el lanzamiento, ya que este día es cuando será lanzado TPM con la participación de todo el personal.

Paso 7: Mejoramiento de la efectividad del equipo. En este paso se eliminaran las 6 grandes pérdidas consideradas por el TPM como son:

1. Pérdidas por fallas. Son causadas por defectos en los equipos que requieren de alguna clase de reparación. Estas pérdidas consisten de tiempos muertos y los costos de las partes y mano de obra requerida para la reparación. La magnitud de la falla se mide por el tiempo muerto causado.
2. Pérdidas de cambio de modelo y de ajuste. Son causadas por cambios en las condiciones de operación, como el empezar una corrida de producción, el empezar un nuevo turno de trabajadores. Estas pérdidas consisten de tiempo muerto, cambio de moldes o herramientas, calentamiento y ajustes de las máquinas. Su magnitud también se mide por el tiempo muerto.
3. Pérdidas debido a paros menores. Son causadas por interrupciones a las máquinas, atoramientos o tiempo de espera. En general no se pueden registrar estas pérdidas directamente, por lo que se utiliza el porcentaje de utilización (100% menos el porcentaje de utilización), en este tipo de pérdida no se daña el equipo.
4. Pérdidas de velocidad. Son causadas por reducción de la velocidad de operación, debido que a velocidades más altas, ocurren defectos de calidad y paros menores frecuentemente.
5. Pérdidas de defectos de calidad y retrabajos. Son productos que están fuera de las especificaciones o defectuosos, producidos durante operaciones normales, estos

productos, tienen que ser retrabajados o eliminados. Las pérdidas consisten en el trabajo requerido para componer el defecto o el costo del material desperdiciado.

6. Pérdidas de rendimiento. Son causadas por materiales desperdiciados o sin utilizar y son ejemplificadas por la cantidad de materiales regresados, tirados o de desecho.

Concepto de productividad total efectiva de los equipos (PTEE)

La PTEE es una medida de la productividad real de los equipos. Esta medida se obtiene multiplicando los siguientes indicadores:

$$PTEE = AE \times EGE \quad 2.1$$

AE-Aprovechamiento del equipo

Se trata de una medida que indica la cantidad del tiempo calendario utilizado por los equipos. El AE está más relacionado con decisiones directivas sobre uso del tiempo calendario disponible que con el funcionamiento en sí del equipo. Esta medida es sensible al tiempo que habría podido funcionar el equipo, pero por diversos motivos los equipos no se programaron para producir el 100 % del tiempo. Otro factor que afecta el aprovechamiento del equipo es el tiempo utilizado para realizar acciones planeadas de mantenimiento preventivo. El AE se puede interpretar como un porcentaje del tiempo calendario que ha utilizado un equipo para producir.

Para calcular el AE se pueden aplicar los pasos que se detallan a continuación:

1. Establecer el tiempo base de cálculo o tiempo calendario (TC). Es frecuente en empresas de manufactura tomar la base de cálculo 1440 minutos o 24 horas. Para empresas de procesos continuos que realizan inspección de planta anual, consideran el tiempo calendario como (365 días * 24 horas).
2. Obtener el tiempo total no programado. Si una empresa trabaja únicamente dos turnos (16 horas), el tiempo de funcionamiento no programado en un mes será de 240 horas.
3. Obtener el tiempo de paros planeados. Se suma el tiempo utilizado para realizar acciones preventivas de mantenimiento, descansos, reuniones programadas con operarios, reuniones de mejora continua, etc.

4. Calcular el tiempo de funcionamiento (TF). Es el total de tiempo que se espera que el equipo o planta opere. Se obtiene restando del TC, el tiempo destinado a mantenimiento planificado y tiempo total no programado.

TF= Tiempo calendario – (T. total no programado + T.de paros planeados)

$$AE = (TF/TC) \times 100 \quad 2.2$$

Y representa el porcentaje del tiempo calendario que realmente se utiliza para producir y se expresa en porcentaje.

EGE-Efectividad Global del Equipo (Overall Equipment Effectiveness)

Esta medida evalúa el rendimiento del equipo mientras está en funcionamiento. La EGE está fuertemente relacionada con el estado de conservación y productividad del equipo mientras está funcionando.

Este indicador muestra las pérdidas reales de los equipos medidas en tiempo. Este indicador posiblemente es el más importante para conocer el grado de competitividad de una planta industrial. Cabe recalcar que estos indicadores se manejan de forma diaria, por lo que los datos de paros planeados y los paros no programados varían con los utilizados en el AE y está compuesto por los siguientes tres factores:

- *Disponibilidad:* Mide las pérdidas de disponibilidad de los equipos debido a paros no programados.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo neto disponible}} \quad 2.3$$

En donde:

Tiempo neto disponible = Tiempo extra + Tiempo total programado - Tiempo de paro permitido 2.4

Tiempo operativo = Tiempo neto disponible – Tiempo de paros de línea 2.5

- *Eficiencia*: Mide las pérdidas por rendimiento causadas por el mal funcionamiento del equipo, velocidad reducida y paros menores.

$$\text{Eficiencia} = \frac{(\text{Tiempo tacto})(\text{Piezas producidas})}{\text{Tiempo operativo}} \quad 2.6$$

En donde:

$$\text{Tiempo tacto} = \frac{\text{Tiempo neto total diario}}{\text{Demanda total diaria}} \quad 2.7$$

- *Calidad a la primera (FTT)*: Estas pérdidas por calidad representan el tiempo utilizado para producir productos que son defectuosos o tienen problemas de calidad. Este tiempo se pierde, ya que el producto se debe destruir o re-procesar. Si todos los productos son perfectos, no se producen estas pérdidas de tiempo del funcionamiento del equipo.

$$\text{FTT} = \frac{(\text{Partes producidas}) - (\text{Total de partes defectivas})}{\text{Partes producidas}} \quad 2.8$$

En donde:

Total de partes defectivas: Piezas defectuosas + retrabajos o recuperaciones

El cálculo de la EGE se obtiene multiplicando los anteriores tres términos expresados en porcentaje (ver figura 2.2).

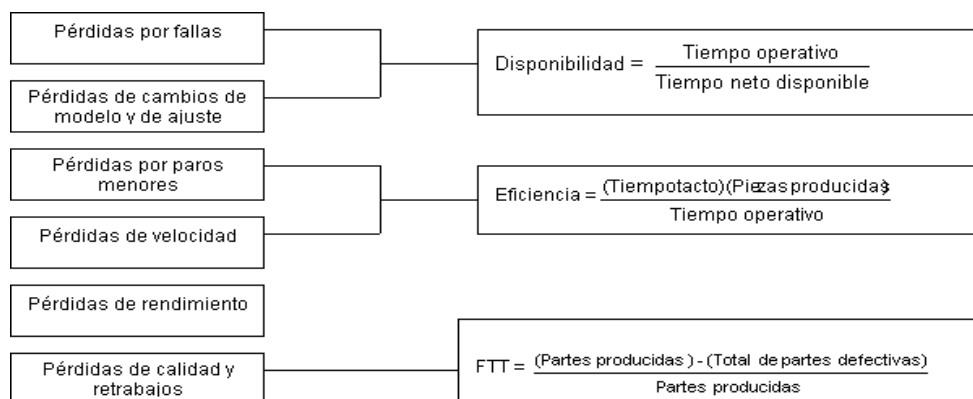


Figura 2.2 Indicadores de TPM.

¿Por qué es importante la EGE?

Este indicador responde elásticamente a las acciones realizadas tanto de mantenimiento autónomo, como de otros pilares TPM. Una buena medida inicial de EGE ayuda a identificar las áreas críticas donde se podría iniciar una experiencia piloto TPM. Sirve para justificar a la alta dirección sobre la necesidad de ofrecer el apoyo de recursos necesarios para el proyecto y para controlar el grado de contribución de las mejoras logradas en la planta.

Las cifras que componen la EGE nos ayudan a orientar el tipo de acciones TPM y la clase de instrumentos que debemos utilizar para el estudio de los problemas y fenómenos. La EGE sirve para construir índices comparativos entre plantas (benchmarking) para equipos similares o diferentes. En aquellas líneas de producción complejas se debe calcular la EGE para los equipos componentes. Esta información será útil para definir en el tipo de equipo en el que hay que incidir con mayor prioridad con acciones TPM. Algunos directivos de plantas consideran que obtener un valor global EGE para una proceso complejo o una planta no es útil del todo, ya que puede combinar múltiples causas que cambian diariamente y el efecto de las acciones TPM no se logran apreciar adecuadamente en la EGE global. Por este motivo, es mejor obtener un valor de EGE por equipo, con especial atención en aquellos que han sido seleccionados como piloto o modelo.

Es frecuente que la información se encuentre fragmentada en los diferentes departamentos de la empresa y no se calcule el AE y EGE. Esto conduce a que cada departamento cuide sus índices. Sin embargo, el efecto multiplicativo de la disponibilidad, rendimiento y niveles de calidad producen un deterioro del AE y EGE, no siendo observado por los directivos de la empresa.

Es frecuente que el personal de mantenimiento se encargue de controlar la disponibilidad de los equipos ya que este mide la eficiencia general del departamento. La disponibilidad es una medida de funcionamiento del equipo. Sin embargo, en el área de mantenimiento es frecuente desconocer los valores del nivel de rendimiento de estos equipos. Si se llega a deteriorar este nivel, se cuestiona la causa y frecuentemente se asume como causa aquellos problemas operativos y que nada tienen que ver con la función de mantenimiento. Esta falta de trabajo en equipo y con intereses comunes, hace que sea más difícil obtener las verdaderas fuentes de pérdida. Por este motivo, si en una empresa existen comportamientos frecuentes como "yo reparo el equipo y tú lo operas", va a ser imposible mejorar la EGE de una planta.

2.1.4 Andon (Indicador visual)

Término japonés para alarma, indicador visual o señal, utilizado para mostrar el estado de producción, utiliza señales de audio y visuales. Es un despliegue de luces o señales luminosas en un tablero que indican las condiciones de trabajo en el piso de producción dentro del área de trabajo, el color indica el tipo de problema o condiciones de trabajo. Andon significa ¡AYUDA!

El Andon puede consistir en una serie de lámparas en cada proceso o un tablero de las lámparas que cubren un área entera de la producción. El Andon en un área de ensamble será activado vía una cuerda del tirón o un botón de empuje por el operador. Un Andon para una línea automatizada se puede interconectar con las máquinas para llamar la atención a la necesidad actual de las materias primas. Andon es una herramienta usada para construir calidad en nuestros procesos.

Si un problema ocurre, la tabla de Andon se iluminará para señalar al supervisor que la estación de trabajo está en problema. Una melodía se usa junto con la tabla de Andon para proporcionar un signo audible para ayudar al supervisor a comprender hay un problema en su área. Una vez el supervisor evalúa la situación, él o ella puede tomar pasos apropiados para corregir el problema. Los colores usados son:

- Rojo: Máquina descompuesta.
- Azul: Pieza defectuosa.
- Blanco: Fin de lote de producción.
- Amarillo: Esperando por cambio de modelo.
- Verde: Falta de Material.
- No luz: Sistema operando normalmente.

Sistemas Andon

- Permite acciones correctivas oportunas alertando al personal cuando ocurren las condiciones anormales.
- Ayuda los supervisores a pasar menos tiempo y esfuerzo supervisando la situación, y más tiempo que solucionando anomalías.

- Elimina el hábito de la corrección tardía basándose en un reporte, los operadores pueden divulgar averías inmediatamente y las contramedidas se pueden poner en ejecución en la fuente con evidencias aun frescas.
- Son simples y fáciles entender.

Beneficios de contar con un Sistema Andon

- Evidencia los problemas cuando ocurren por medio de luces y sonidos. Los Sistemas Andon simples con luz de un solo color indican:
 - Las luces apagadas indican que el proceso está trabajando normalmente.
 - Las luces encendidas indican al supervisor la estación donde existe una anormalidad, pero no indica que tipo de problema es, el supervisor tendrá que coordinar una acción junto con el departamento involucrado una vez que se entera de viva voz del operador del detalle de la anormalidad. Una vez solucionado se apaga la luz.

¿Por qué es importante contar con un sistema Andon de alertas inmediatas?

- Una demora puede hacer más difícil identificar la causa del problema y en muchos casos ya no se podrán identificar.
- El tiempo destruye las evidencias y es muy difícil encontrar las causas, El mejor momento de analizar las causas de los problemas es cuando estas están aún activas.
- En la manufactura convencional nadie registra las verdaderas causas. Entonces el trabajador tiene la inquietante sensación de que lo están inculcando por la mayoría de los problemas. Encender una luz en el Sistema Andon les da a las personas la oportunidad de explicar las causas reales tan pronto como sucede el hecho, de modo que no haya que adivinar ni confiar los problemas a la memoria (Carlos, 2009).

2.1.5 SMED (Cambio rápido de modelo)

El SMED (Single Minute Exchange of Die), que en su traducción al español significa “cambio de matriz en menos de 10 minutos”, nació precisamente de la necesidad de reducir el tamaño de los lotes que pasaban por las prensas de estampado, optimizando el proceso de

cambio de una matriz a otra. En una de las primeras aplicaciones del SMED, Toyota redujo la preparación de una de esas prensas de 1.000 toneladas de 4 horas a 3 minutos (Paredes, 2006).

Cuando se produce un cambio de matriz en una prensa o cualquier otro útil en una máquina de producción se realizan unas operaciones que incluyen las tareas de preparación y ajuste que se realizan antes y después de procesar cada lote.

Estas operaciones se pueden clasificar en dos tipos:

Preparación interna: Incluye todas las tareas que solo pueden hacerse estando la máquina parada. Por ejemplo, en una prensa solo puede montarse una nueva matriz estando la máquina parada y en el caso de nuestra carrera de Fórmula 1, solo se pueden cambiar las ruedas y poner gasolina en los depósitos cuando el coche para en los “pits”.

Preparación externa: Esta clase de preparación incluye las tareas que pueden hacerse con la máquina en funcionamiento. Por ejemplo, los pernos que hay que instalar en la matriz pueden ensamblarse o desmontarse mientras la prensa está operando. Si pensamos en nuestro bólido, ya hemos comentado anteriormente que los mecánicos pueden preparar todos los elementos del cambio (ruedas, herramientas, etc...) mientras el coche vuela sobre el asfalto.

Esta misma técnica aplicada a la preparación de equipos, máquinas o líneas de producción durante las actividades de cambio de modelo o producto o, también durante la ejecución del mantenimiento, como por ejemplo el mantenimiento preventivo, puede conllevar a reducir hasta en un 60% los tiempos de parada programada de máquina.

Etapas del SMED

ETAPA 1. Separación de actividades de preparación internas y externas. El primer paso y quizás el más importante. Como primer paso para mejorar el tiempo de preparación es distinguir las actividades que se llevan a cabo: Preparaciones externas y preparaciones internas. El tiempo es reducido eliminando del tiempo de preparación interna todas las tareas que pueden ser desempeñadas mientras el equipo está en funcionamiento, este es el primer

paso en las mejoras. Se pueden conseguir reducciones de tiempo de hasta 50% sin casi nada de inversión.

ETAPA 2. Conversión de preparaciones internas en externas. Los siguientes métodos pueden ser usados para convertir las preparaciones o actividades internas a externas:

- Prensamblaje. Hacer esto durante la preparación externa, posicionarlo en la preparación interna.
- Uso de estándares o plantillas de rápido acomodo. Considere el uso de plantillas de rápido posicionamiento.
- Elimine los ajustes. Establezca valores constantes que permita intervenciones rápidas.
- Use plantillas intermedias. Tienen preparada la herramienta en la posición ya ajustada.

Para eliminar pequeñas pérdidas de tiempo considere las siguientes preguntas:

- ¿Qué preparaciones se necesitan hacer por adelantado?
- ¿Qué herramientas se deben tener a la mano?
- ¿Están las herramientas y plantillas en buenas condiciones?
- ¿Qué tipo de mesa de trabajo es necesaria?
- ¿Dónde deberían los dados y plantillas colocarse después de ser removidos, si serán transportados?
- ¿Qué tipo de partes son necesarias, cuantas se necesitan?

Tres reglas simples deben tenerse en mente al tratar de mejorar tiempos de intervención:

- Que no se busque por partes o herramientas.
- No mover cosas innecesariamente, establecer la mesa de trabajo y el área de almacenaje de forma apropiada.
- No usar las herramientas o repuestos incorrectos.

Estas reglas están relacionadas a las 2 primeras etapas de la aplicación de las 5S: Seiri (clasificación) y Seiton (orden). Implementando mejoras descubiertas por este tipo de interrogaciones, se puede reducir el tiempo de preparación en un 30-50%.

ETAPA 3. Perfeccionar los aspectos de la operación de preparación. En esta etapa se busca perfeccionar todas y cada una de las operaciones elementales.

- Preparaciones externas.
- Preparaciones internas.

Aunque se recomienda ser sistemático, esta etapa suele hacerse junto con la segunda. Se deja para una “tercera etapa” la mejora de las operaciones externas. Para reducir operaciones o mejorarlas es preciso preguntarse:

- ¿Es necesaria la tarea?
- ¿Puede eliminarse?
- ¿Son apropiados los procedimientos actuales?, ¿son difíciles?
- ¿Puede cambiarse el orden de las tareas?, ¿Pueden hacerse de forma simultánea?
- ¿Es adecuado el número de personas?
- ¿Cuál es la carga de trabajo de las personas que intervienen la máquina?

Eliminando ajustes

Muchos ajustes pueden ser ejecutados sin prueba y error, sólo los ajustes inevitables deben permanecer. Para eliminar ajustes analice su propósito, causas, métodos actuales y eficacia.

- Investigue causas. Identifique por qué los ajustes son necesarios.
- Considere alternativas y finalmente considere mejoras que eliminarán la necesidad de hacer ajustes.
- Mejora de ajustes inevitables. Cuando los ajustes no pueden ser eliminados, varias estrategias pueden ser adoptadas :
 - Seleccione valores definidos. Use valores constantes para evitar ajustes, considere métodos de medición que permitan evaluar con valores numéricos, o intente diferentes atributos.
 - Establezca un procedimiento estándar para ejecutar los ajustes.
 - Mejore y/o incremente las destrezas de los trabajadores practicando los procedimientos.

Después de pasar por estas tres fases de mejora en la aplicación del SMED, es seguro que el tiempo de preparación de máquinas se debe de haber reducido a un punto en el cual las

líneas de producción tendrán mayor disponibilidad, podrán trabajar con lotes más pequeños y los tiempos de entregas de producto habrá mejorado, necesitándose para ello, menos inventario. Así, se habrá superado un escollo más hacia la productividad, haciendo que la empresa sea más flexible y más rápida.

2.2 Herramientas Seis Sigma

2.2.1 Metodología DMAMC

DMAMC es un acrónimo (por sus siglas: *Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar*). Esta herramienta es una estrategia de calidad basada en estadística, que da mucha importancia a la recolección de información y a la veracidad de los datos como base de una mejora (Gutiérrez, 2009).

Cada paso en la metodología se enfoca en obtener los mejores resultados posibles para minimizar la posibilidad de error. A continuación se describirán cada una de las etapas.

Definir el proyecto (D)

En la etapa de definición se enfoca el proyecto, se delimita y sientan las bases para su éxito. Por ello, al finalizar esta fase se debe de tener claro el objetivo del proyecto, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios y las personas que intervienen en éste.

¿Qué es lo importante?

- Define los objetivos del proyecto.
- Define los requerimientos críticos para el cliente.
- Documenta el proceso (Crea un mapeo del mismo).
- Crea la definición más fácil de entender de dicho problema.
- Construye al equipo efectivo

Medir la situación actual (M)

El objetivo general de esta segunda fase es entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o situación que se aborda con el proyecto. Por ello, el proceso se define a un

nivel más detallado para entender el flujo del trabajo, los puntos de decisión y los detalles de su funcionamiento; así mismo, se establecen con mayor detalle las métricas con las que se evaluará el éxito del proyecto. Además se analiza y valida el sistema de medición para garantizar que las métricas pueden medirse en forma consistente.

¿Cómo lo estamos haciendo ahora?

- Mide el desempeño actual del proceso.
- Determina el ¿qué? voy a medir.
- Desarrolla y valida el sistema de medición.
- Determina el desempeño actual del proceso.

Analizar las causas raíz (A)

La meta de esta fase es identificar la(s) causa(s) raíz del problema, entender cómo es que éstas generan el problema y confirmar las causas con datos.

¿Qué está mal?

- Analiza y determina la causa raíz de los problemas y o defectos.
- Entiende la razón para la variación e identifica las causas potenciales.
- Identifica las oportunidades de mejora en el proceso.
- Desarrolla y prueba las hipótesis para la causa raíz de las soluciones.

Mejorar (M)

El objetivo de esta etapa es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz; es decir, asegurarse de que se corrige o reduce el problema. Es recomendable generar diferentes alternativas de solución que atiendan las diversas causas.

¿Qué necesito hacer?

- Desarrolla y cuantifica las soluciones potenciales.
- Mejora/Optimiza el proceso.
- Evalúa/Selecciona la solución final.
- Verifica la solución final.
- Gana la aprobación de la solución final.

Controlar para mantener la mejora (C)

Una vez que las mejoras deseadas han sido alcanzadas, en esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas y se cierra el proyecto. Es necesario establecer un sistema de control para:

- Prevenir que los problemas que tenía el proceso no se vuelvan a repetir.
- Impedir que las mejoras y conocimiento obtenido se olviden.
- Mantener el desempeño del proceso.
- Alentar la mejor continua.

De acuerdo con lo anterior se deben acordar acciones de control en tres niveles: procesos, documentación y monitoreo.

Estandarizar el proceso. En este nivel se deciden acciones para asegurar las mejoras a través de cambios en los sistemas y estructuras que forman el proceso, tratando de no depender de controles manuales y de vigilancia sobre el desempeño.

Documentar el plan de control. Se busca trabajar para mejorar o desarrollar nuevos documentos que faciliten el apego a los procedimientos estándar de operación del proceso. Otras alternativas para lograr la estandarización de los métodos son: la capacitación, tanto para nuevos trabajadores como para los actuales, así como los sistemas a pruebas de errores.

Monitorear el proceso. Se deciden las mejoras al monitoreo del proceso para que mediante éste se tenga evidencia de que el nivel de mejoras logrado se siga manteniendo. Los

monitoreos pueden realizarse sobre entradas claves del proceso, así como sobre variables de salida crítica.

2.2.2 Herramientas básicas de Seis Sigma

A continuación se detallan las herramientas tradicionales básicas: diagrama de Pareto, estratificación, hoja de verificación, diagrama causa-efecto,, lluvia de ideas, y diagrama de dispersión.

2.2.2.1 Diagrama de Pareto

Mediante el Diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia (pocos vitales, muchos triviales) el cual nos indica que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Ya que por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos (Sales, 2002).

La minoría vital aparece a la izquierda de la gráfica y la mayoría útil a la derecha. Hay veces que es necesario combinar elementos de la mayoría útil en una sola clasificación denominada otros, la cual siempre deberá ser colocada en el extremo derecho. La escala vertical es para el costo en unidades monetarias, frecuencia o porcentaje.

La gráfica es muy útil al permitir identificar visualmente en una sola revisión tales minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva sin malgastar esfuerzos.

El Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades.

¿Qué es?

El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Joseph Juran en honor del economista italiano Vilfredo Pareto (1848-1923) quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el

cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. Con esto estableció la llamada "Ley de Pareto" según la cual la desigualdad económica es inevitable en cualquier sociedad. El Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20. Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas solo resuelven el 20% del problema. Por lo tanto, el Análisis de Pareto es una técnica que separa los “pocos vitales” de los “muchos triviales”. Una gráfica de Pareto es utilizada para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema desde los triviales de manera que un equipo sepa dónde dirigir sus esfuerzos para mejorar. Reducir los problemas más significativos (las barras más largas en una Gráfica Pareto) servirá más para una mejora general que reducir los más pequeños. Con frecuencia, un aspecto tendrá el 80% de los problemas. En el resto de los casos, entre 2 y 3 aspectos serán responsables por el 80% de los problemas.

¿Cuándo se utiliza?

- Al identificar un producto o servicio para el análisis para mejorar la calidad.
- Cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problema o causas de una forma sistemática.
- Al identificar oportunidades para mejorar.
- Al analizar las diferentes agrupaciones de datos (ej: por producto, por segmento, del mercado, área geográfica, etc.)
- Al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones.
- Al evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso (antes y después).
- Cuando los datos puedan clasificarse en categorías.
- Cuando el rango de cada categoría es importante.

Pareto es una herramienta de análisis de datos ampliamente utilizada y es por lo tanto útil en la determinación de la causa principal durante un esfuerzo de resolución de problemas. Este permite ver cuáles son los problemas más grandes, permitiéndoles a los grupos establecer prioridades. En casos típicos, los pocos (pasos, servicios, ítems, problemas, causas) son

responsables por la mayor parte el impacto negativo sobre la calidad. Si enfocamos nuestra atención en estos pocos vitales, podemos obtener la mayor ganancia potencial de nuestros esfuerzos por mejorar la calidad.

Un equipo puede utilizar la Gráfica de Pareto para varios propósitos durante un proyecto para lograr mejoras:

- Para analizar las causas.
- Para estudiar los resultados.
- Para planear una mejora continua.
- Las Gráficas de Pareto son especialmente valiosas como fotos de “antes y después” para demostrar qué progreso se ha logrado. Como tal, la Gráfica de Pareto es una herramienta sencilla pero poderosa.

¿Cómo se utiliza?

1. Seleccionar categorías lógicas para el tópico de análisis identificado (incluir el periodo de tiempo).
2. Reunir datos. La utilización de un Check List puede ser de mucha ayuda en este paso.
3. Ordenar los datos de la mayor categoría a la menor.
4. Totalizar los datos para todas las categorías.
5. Calcular el porcentaje del total que cada categoría representa.
6. Trazar los ejes horizontales (x) y verticales (y primario - y secundario) (ver figura 2.3).
7. Trazar la escala del eje vertical izquierdo para frecuencia (de 0 al total) (figura 2.3).
8. De izquierda a derecha trazar las barras para cada categoría en orden descendente. Si existe una categoría “otros”, debe ser colocada al final, sin importar su valor. Es decir, que no debe tenerse en cuenta al momento de ordenar de mayor a menor la frecuencia de las categorías (figura 2.4).
9. Trazar la escala del eje vertical derecho para el porcentaje acumulativo, comenzando por el 0 y hasta el 100%.
10. Trazar el gráfico lineal para el porcentaje acumulado, comenzando en la parte superior de la barra de la primera categoría (la más alta), ver figura 2.4.
11. Dar un título al gráfico, agregar las fechas de cuando los datos fueron reunidos y citar la fuente de los datos.
12. Analizar la gráfica para determinar los “pocos vitales”.

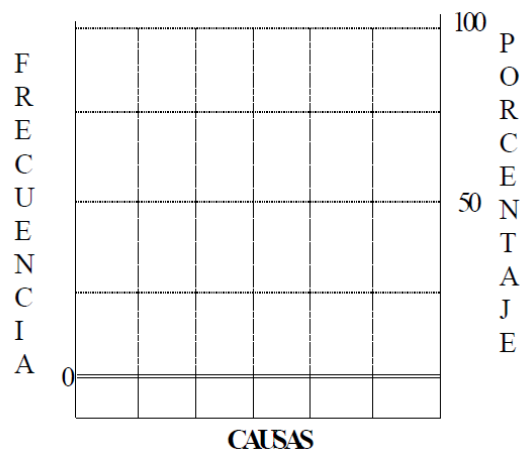


Figura 2.3 Base para un Diagrama de Pareto

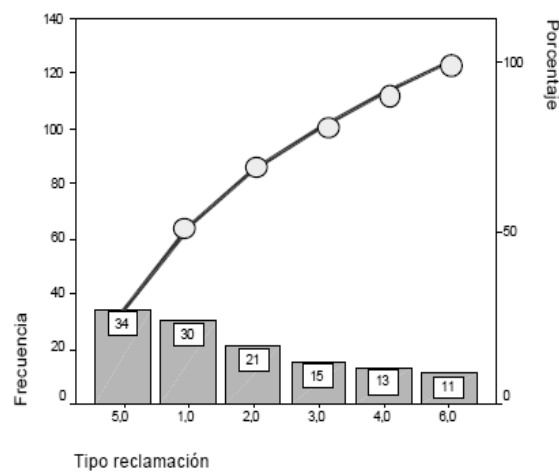


Figura 2.4 Ejemplo de Pareto

2.2.2.2 Lluvia de ideas

La "Lluvia de ideas" es una técnica para generar muchas ideas en un grupo. Requiere la participación espontánea de todos (Caja de Herramientas, 2007).

Con la utilización de la "Lluvia de ideas" se alcanzan nuevas ideas y soluciones creativas e innovadoras, rompiendo paradigmas establecidos.

El clima de participación y motivación generado por la "Lluvia de ideas" asegura mayor calidad en las decisiones tomadas por el grupo, más compromiso con la actividad y un sentimiento de responsabilidad compartido por todos. Para ello:

1. Necesitamos que todos se expresen.
2. Que pierdan el miedo de hablar.
3. Que lo hagan libremente.
4. La lluvia de ideas sirve para que todos se expresen, sin censura, sin juicios sobre lo bueno y lo malo.
5. Se puede hacer hablada, pero es mejor hacerla a través de fichas escritas, porque permite reflexionar, antes de expresarse.

El animador del grupo debe tener en cuenta lo siguiente:

1. Que la letra de las tarjetas pueda ser leída por todos.
2. Que haya una sola idea por tarjeta. Quienes tengan varias ideas, podrán utilizar varias tarjetas.
3. Recoger todas las tarjetas, antes de exponerlas.
4. Leerlas una a una, sin ningún juicio, colocándolas en un panel.
5. Todos deben tener la oportunidad de apreciar el conjunto de tarjetas.
6. Se agrupan las tarjetas buscando algún tema en común, llevando al grupo a un trabajo de consenso.
7. Se descartan aquellas tarjetas que no sean pertinentes para el tema que se está tratando.
8. Si hay ideas nuevas que surjan, pueden hacerse nuevas tarjetas que contribuyan a la solución del tema o problema tratado.
9. En caso de no darse el consenso, se puede proceder a una votación.

¿Cómo usarla?

Las etapas básicas de una sesión de "Lluvia de ideas" se muestran en la tabla (2.1) siguiente:

Tabla 2.1 Etapa de lluvia de ideas

ETAPA	METODO	SECRETOS PARA LA CONDUCCION
1. Introducción.	▪ Inicie la sesión explicando los objetivos, las preguntas o los problemas que van a ser discutidos y las reglas de juego.	▪ Promueva un clima tranquilo y agradable. ▪ Esté seguro de que todos han entendido el tema que va a ser tratado. ▪ Redefina el problema si fuera necesario.
2. Generación de ideas.	▪ Dé uno o dos minutos para que los participantes piensen en el problema. ▪ Solicite, en secuencia, una idea a cada participante. ▪ En caso de que algún participante no tenga nada para que contribuir, podrá hacerlo más adelante. Se pueden hacer varios turnos para que todos tengan oportunidad de participar.	▪ No se olvide que todas las ideas son importantes, evite enjuiciarlas. ▪ Incentive al grupo a dar un mayor número de ideas. ▪ Mantenga un ritmo rápido en la recolección y registro de las ideas. ▪ Coloque las fichas que registran las ideas en el orden de aparición
3. Revisión de las tarjetas expuestas en el panel.	▪ Pregunte si alguien tiene alguna duda y, si fuera el caso, pida aclaración a la persona que la generó.	▪ El objetivo de esta etapa es tener claros todos los conceptos vertidos, sin juzgarlos.

Tabla 2.1 Etapa de una lluvia de ideas

ETAPA	METODO	SECRETOS PARA LA CONDUCCION
4. Análisis y selección	- Lleve al grupo a discutir las ideas y a escoger aquéllas que vale la pena considerar. - Utilice el consenso en esta selección preliminar del problema o solución.	- Ideas semejantes deben ser agrupadas; ideas sin importancia o impracticables deben eliminarse. - Cuide para que no haya monopolio o imposición por parte de algún participante.
5. Ordenando las ideas	- Solicite el análisis de las tarjetas que permanecerán en el panel. - Promueva la priorización de las ideas, solicitando a cada participante que escoja las tres más importantes.	La votación debe ser usada apenas cuando el consenso no sea posible.

Reglas para la "lluvia de ideas"

- Evitar críticas, evaluaciones o juzgamientos de las ideas presentadas.
- Presentar las ideas que surgen en la mente, sin elaboraciones o censuras.
- Estimular todas las ideas, por muy "malas" que ellas puedan parecer.
- Utilizar" las ideas de otros, creando a partir de ellas.

2.2.2.3 Diagrama de Ishikawa (causa-efecto)

El Diagrama de causa y Efecto (o Espina de Pescado) es una técnica gráfica ampliamente utilizada, que permite apreciar con claridad las relaciones entre un tema o problema y las posibles causas que pueden estar contribuyendo para que él ocurra (Caja de Herramientas, 2007).

Construido con la apariencia de una espina de pescado, esta herramienta fue aplicada por primera vez en 1953, en el Japón, por el profesor de la Universidad de Tokio, Kaoru Ishikawa, para sintetizar las opiniones de los ingenieros de una fábrica, cuando discutían problemas de calidad.

Se usa para:

- Visualizar, en equipo, las causas principales y secundarias de un problema.
- Ampliar la visión de las posibles causas de un problema, enriqueciendo su análisis y la identificación de soluciones.
- Analizar procesos en búsqueda de mejoras.
- Conduce a modificar procedimientos, métodos, costumbres, actitudes o hábitos, con soluciones - muchas veces - sencillas y baratas.
- Educa sobre la comprensión de un problema.
- Sirve de guía objetiva para la discusión y la motiva.
- Muestra el nivel de conocimientos técnicos que existe en la empresa sobre un determinado problema.
- Prevé los problemas y ayuda a controlarlos, no sólo al final, sino durante cada etapa del proceso.
- No basta con decir "trabajen más", "esfuércense!!!" Hay que señalar pasos, y valorar las causas de los problemas. Ordenarlas para poder tratarlas.

¿Cómo construirla?

- Establezca claramente el problema (efecto) que va a ser analizado.
- Diseñe una flecha horizontal apuntando a la derecha y escriba el problema al interior de un rectángulo localizado en la punta de la flecha.

Haga una "*Lluvia de ideas*" para identificar el mayor número posible de causas que pueda estar contribuyendo para generar el problema, preguntando "¿Por qué está sucediendo?".

Agrupe las causas en categorías. Una forma muy utilizada de agrupamiento es la 4M: máquina, mano de obra, método y materiales. Para comprender mejor el problema, busque las subcausas o haga otros diagramas de causa y efecto para cada una de las causas encontradas. Escriba cada categoría dentro de los rectángulos paralelos a la flecha principal. Los rectángulos quedarán entonces, unidos por líneas inclinadas que convergen hacia la flecha principal. Se pueden añadir las causas y subcausas de cada categoría a lo largo de su línea inclinada, si es necesario (figura2.5).

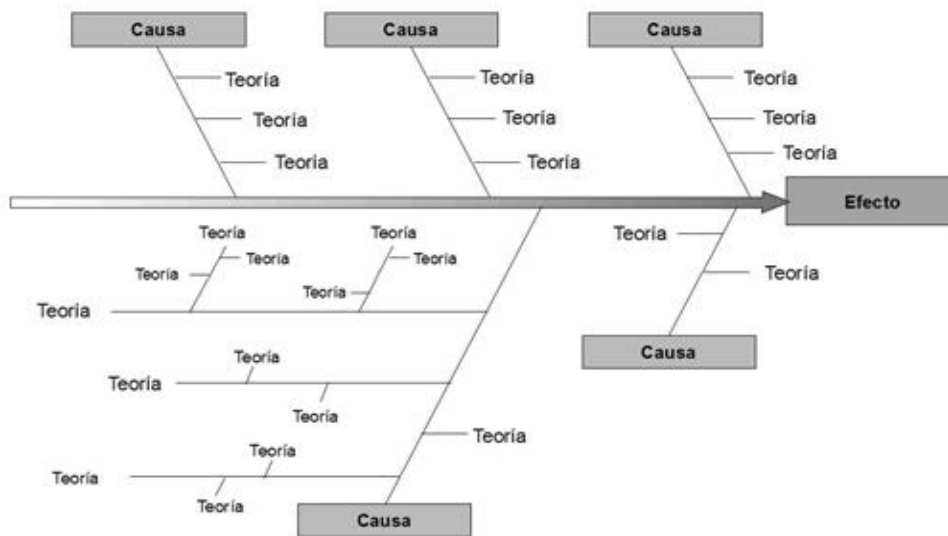


Figura 2.5 Diagrama Causa – Efecto.

2.2.2.4 Diagrama de Flujo

El Diagrama de Flujo es una representación gráfica de la secuencia de pasos que se realizan para obtener un cierto resultado. Este puede ser un producto, un servicio, o bien una combinación de ambos.

Características principales

Capacidad de Comunicación. Permite la puesta en común de conocimientos individuales sobre un proceso, y facilita la mejor comprensión global del mismo.

Claridad. Proporciona información sobre los procesos de forma clara, ordenada y concisa.

Simbología

El símbolo es la imagen o figura con la que se representa un concepto. Para la construcción de los diagramas de flujo se utilizarán los siguientes símbolos (figura 2.6):

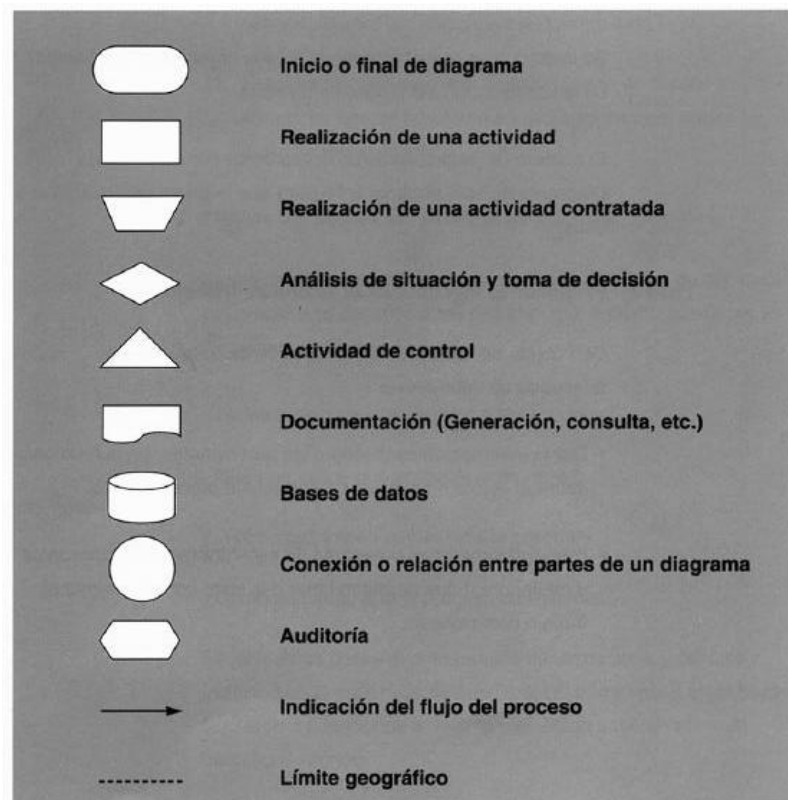


Figura 2.6 Simbología de un diagrama de flujo.

Preparación de la construcción del diagrama

Paso 1: Establecer quiénes deben participar en su construcción. El grupo de trabajo, o la persona responsable del estudio identificará los organismos implicados en el proceso, o parte del mismo, que debe ser analizado. Se invitará a un representante de dichos organismos a participar en la construcción del Diagrama de Flujo. El número de participantes en la sesión de construcción del Diagrama no será superior a 10 para que el grupo sea operativo y eficaz.

Paso 2: Preparar la logística de la sesión de trabajo. Con objeto de que el ritmo de la sesión de trabajo sea el adecuado se debe prever:

- Dar la información necesaria a los participantes en la reunión sobre el objeto de la misma y sobre este procedimiento.
- Preparar superficies y material de escritura que permitan tener a la vista continuamente el trabajo desarrollado.

Paso 3: Definir claramente la utilización del Diagrama de Flujo y el resultado que se espera obtener de la sesión de trabajo.

- a) En primer lugar, es necesario clarificar el objetivo de la construcción del Diagrama de Flujo y escribirlo de forma que sea visible para los participantes durante toda la sesión.
- b) Esta clarificación permitirá definir el grado de detalle y la estructura que se requieren en el diagrama para poder alcanzar dicho objetivo.

Paso 4: Definir los límites del proceso en estudio. La mejor forma de definir y clarificar dicha definición de los límites del proceso es decidir cuáles son el primer y último paso del Diagrama de Flujo.

El primer paso es la respuesta a la pregunta: ¿Qué nos indica que empieza el proceso?. El último paso debe contestar a la pregunta: ¿Cómo sabemos que el proceso ha terminado?

Escribir estos pasos expresándolos de forma clara y concisa e incluirlos en la superficie de escritura. (El primer paso en el borde izquierdo o superior de la misma y el último paso en el borde derecho o inferior).

Paso 5: Esquematizar el proceso en grandes bloques o áreas de actividades. Identificar los grupos de acciones más relevantes del proceso y establecer su secuencia temporal. Esta esquematización global del proceso a analizar servirá de ayuda para guiar el proceso de construcción del diagrama.

Paso 6: Identificar y documentar los pasos del proceso. Esta actividad puede comenzar, tanto por el primer paso del proceso, como por el último, no existiendo ningún criterio que indique mayor eficacia en alguno de los dos enfoques. Sea cual sea la dirección en que se realice, si se

considera útil, realizar una revisión en la dirección contraria. Las preguntas a realizar para la identificación y documentación de los pasos del proceso son las siguientes:

- Existen entradas significativas asociadas con este paso, tales como materias primas, información, etc? Señalar estas entradas, por medio de los símbolos apropiados, en el diagrama.
- ¿Existen resultados significativos como consecuencia de este paso, tales como información, etc.? Señalar estos resultados, por medio de los símbolos apropiados, en el diagrama.
- Una vez realizado este paso, ¿cuál son las actividades inmediatamente siguientes que debemos realizar?. Señalar estas actividades, mediante el símbolo apropiado, en el diagrama. Partiendo del primer paso, realizar este proceso hasta alcanzar el último o viceversa.

Dibujar el proceso con exactitud disponiendo el flujo principal siempre de arriba abajo o de izquierda a derecha.

Paso 7: Realizar el trabajo adecuado para los puntos de decisión. Cuando se llega a un paso en el que existe un punto de decisión:

- a) Escribir la decisión o alternativa de acuerdo con la simbología utilizada e identificar los posibles caminos a seguir mediante la notación adecuada. En general, cuando se trata de una toma de decisión, se incluye dentro del símbolo una pregunta y la notación de las dos ramas posibles correspondientes se identifican con la notación SI/NO.
- b) Escoger la rama más natural o frecuente de la bifurcación y desarrollarla, según lo dispuesto en el "Paso 6", hasta completarla.
- c) Retroceder hasta la bifurcación y desarrollar el resto de las ramas de igual modo.

Paso 8: Revisar el diagrama completo. Comprobar que no se han omitido pasos, pequeños bucles, etc. y que el proceso tiene una secuencia lógica. En caso de que existan dudas sobre parte del proceso representado, realizar una observación directa del proceso o contactar con expertos de esa área para su aclaración. El resultado final de este paso es el Diagrama de Flujo del proceso en estudio.

Interpretación

Comprensión del proceso. Una de las aplicaciones del Diagrama de Flujo es la obtención de un conocimiento global y específico de un proceso. Esta herramienta posibilita un conocimiento común que sirva de base para un determinado estudio, planificación, etc.

Análisis del proceso. Otra de las aplicaciones del Diagrama de Flujo es como herramienta de análisis del proceso, facilitando información sobre posibilidades de mejora del mismo.

Para el análisis de procesos mediante esta herramienta se seguirá la siguiente secuencia:

- Examinar cada símbolo de toma de decisión o de actividad de control. Cuando una decisión implica algún tipo de comprobación, existe un bucle que hace retroceder el proceso hasta un paso anterior en un determinado porcentaje de las ocasiones en que este se realiza. Las comprobaciones dan lugar a bucles de reproceso y éstos siempre están asociados a deficiencias, por tanto el objetivo debe ser su eliminación u optimización.
- Examinar cada símbolo de actividad. Este examen puede poner de manifiesto las deficiencias que arrastra el diseño del proceso mediante cuestiones tales como:
 - ¿Es necesaria esta operación?
 - ¿Cuál es la relación coste-valor añadido que aporta?
 - ¿Es una operación redundante?
 - ¿Es fuente de errores frecuente?
- Examinar los símbolos de documentos o bases de datos. En general, en las empresas, la documentación y las bases de datos son fuentes de errores, duplicación de tareas y realización de trabajo inútil, por ello deberá comprobarse para cada uno de estos elementos si la información que contiene es útil.

Utilización de la herramienta

La herramienta es muy útil para:

- Identificación de problemas.
- Análisis de síntomas.

- Identificación de posibles soluciones.
- Diseño de soluciones y controles.
- Definición de Equipos.
- Formulación de Teorías Sobre las causas.
- Evaluación de posibles soluciones.
- Evaluación de la solución implantada.

2.2.2.5 Gráfica de Gantt

Es una popular herramienta gráfica cuyo objetivo es mostrar el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. Es utilizada como una de las principales técnicas para llevar a cabo la programación de la producción.

Para Rachman (1996) la gráfica de Gantt, es básicamente una gráfica de barras en la cual se señala la duración de cada una de las etapas del proceso (ver fig. 2.7). Esto permite que los encargados del proceso de producción puedan darse cuenta de manera rápida, si es que se está cumpliendo con lo programado.

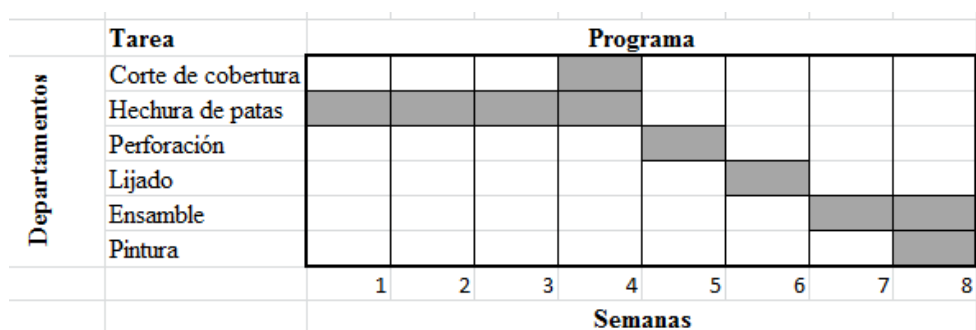


Figura 2.7 Ejemplo de gráfica Gantt.

2.2.2.6 Carta del Equipo (Team Charter)

Carballo (2007) nos dice que una Carta del Equipo es un documento que:

- Identifica un problema y una meta.
- Provee un caso del negocio para direccionar el problema.
- Determina el alcance de los esfuerzos de mejora.
- Establece un plan del proyecto.
- Define qué tipo de roles del equipo de mejora.

Partes que componen una Carta del Equipo:

- *Caso del Negocio:* Es una descripción breve de la situación actual del negocio.
- *Definición de Oportunidad:* Una definición clara y breve de la oportunidad por mejorar.
- *Definición de la Meta:* Explicación de las metas a alcanzar en métrica sigma o en términos de ahorro.
- *Alcance del Proyecto:* El inicio y fin del proceso a resolver y procesos relacionados.
- *Plan del Proyecto:* El diagrama de Gantt u otra herramienta similar de la planeación del proyecto.
- *Selección del Equipo:* Las personas que participaron en el proyecto, puesto y rol.

2.2.2.7 Tiempos de ciclo

De acuerdo con Niño Eduardo (2011), el tiempo de producción del ciclo se refiere a las actividades de producción, tales como el tiempo total requerido para producir un producto, tiempo de ciclo de procesamiento de pedido se utiliza en la oficina para determinar el tiempo total requerido para procesar un pedido. Desde una perspectiva financiera, términos como el tiempo de ciclo de efectivo a efectivo describir la cantidad de tiempo que una empresa necesita para recuperar su inversión financiera. Desde una perspectiva de gestión, tiempo de ciclo se utiliza para evaluar el desempeño en todos los aspectos de un negocio

2.3 Indicador para la mejora de la capacidad productiva

Debido a que el proyecto está enfocado a la mejora de la capacidad productiva de las máquinas a continuación hablaremos del indicador que nos ayudara a determinar qué tan eficientemente las máquinas están trabajando.

En la subsección 2.1.4 definimos lo que es EGE (Efectividad global de los equipos) y como calcularlo. A continuación este subtema lo abordaremos más a fondo debido a la gran importancia que significa para el proyecto.

Como lo mencionamos anteriormente el EGE es una medida usada en TPM para indicar que tan eficientemente las máquinas están funcionando. El TPM utiliza este indicador para conocer claramente el impacto de las seis grandes pérdidas y medir la salud total del equipo (ver figura 2.8).

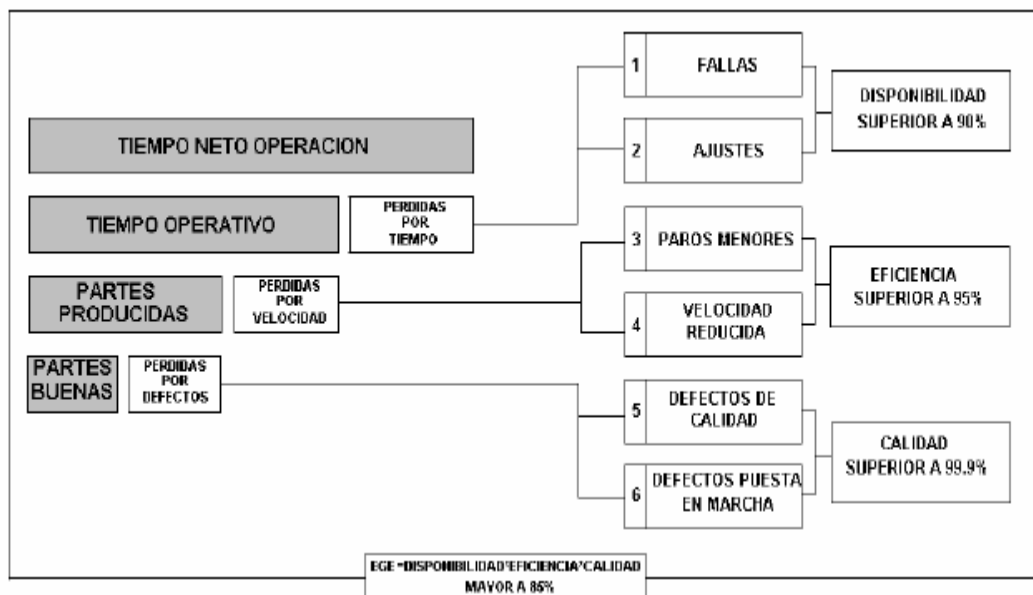


Figura 2.8 Relación de los factores EGE con las seis grandes pérdidas.

Lo bueno del EGE no es que de un número mágico; este brinda 3 números, los cuales pueden ser utilizados individualmente e indican cómo cambia la situación de la empresa día a día. Esto ayuda a visualizar las mejoras en términos simples.

Las pérdidas relacionadas al equipo son importantes para EGE y son asignadas a tres elementos básicos medidos en la EGE, cada uno de los indicadores está relacionado con dos de la seis grandes pérdidas; si existen más de estas pérdidas para el proceso o los equipos específicos, se clasifican dentro de cualquiera de los tres indicadores, según el tipo de pérdida que sea (para cada una de ellas se define la unidad de medida y la forma en que se toman los datos, ver tabla 2.2).

Tabla 2.2 Relación de los factores con las seis grandes pérdidas.

DISPONIBILIDAD Pérdida por tiempo	EFICIENCIA Pérdida por velocidad	CALIDAD Pérdida por defectos
Fallas	Paros menores	Calidad y reprocesos
Ajustes	Velocidad de operación reducida	Rendimiento

La figura 2.9 hace ver como la EGE es derivada de los tres elementos expresados como fracciones (ya anteriormente vistos en la subsección 2.1.4). Disponibilidad (A/B), eficiencia (D/C) y calidad (F/E). Estas fracciones son multiplicadas por 100 para obtener un porcentaje dándonos como resultado el EGE.

Disponibilidad: las barras A y B representan disponibilidad. Los tiempos de paro que no estaban programados cortan el tiempo total de operación. La máquina es frecuentemente parada durante el tiempo neto de operación, usualmente debido a fallas y ajustes que restados al tiempo neto de operación se obtiene el tiempo operativo (B) (para el cálculo de la disponibilidad ver subsección 2.1.4 Mantenimiento Productivo).

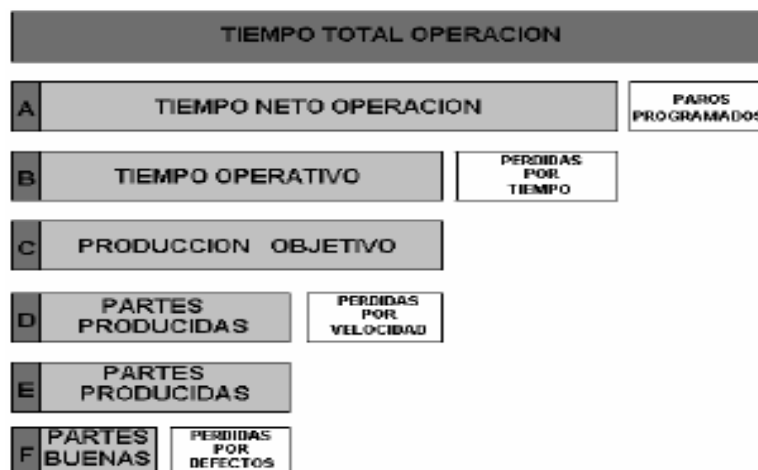


Figura 2.9 Conceptos para el cálculo de EGE.

Eficiencia: En la figura 2.9 las barras C y D representan eficiencia. Durante el tiempo operativo, la máquina debería producir una cantidad definida de productos (C), si esta funciona a su velocidad de diseño durante todo el tiempo, pero la pérdidas debidas a paros menores y velocidades de operación bajas rebaja la cantidad de productos a la salida (para el cálculo de eficiencia ver subsección 2.1.4 Mantenimiento Productivo).

Calidad: En la figura 2.9 las barras E y F representan calidad. De las partes producidas (E) la mayoría están en buen estado (F). Pero usualmente algunas partes no cumplen con las especificaciones de calidad y deben ser rechazadas o reprocesadas. Estos rechazos normalmente producidos por un cambio de proceso o por materias primas deficientes (para el cálculo de calidad ver subsección 2.1.4 Mantenimiento Productivo).

Como base mundial se tiene la siguiente tabla (2.3):

Tabla 2.3 Niveles de disponibilidad, eficiencia y calidad con base mundial.

FACTOR EGE	CLASE MUNDIAL
Disponibilidad	90%
Eficiencia	95%
Calidad	99.9%
EGE	85%

Clasificación EGE

El valor del EGE permite clasificar una o más líneas de producción, o toda una planta, con respecto a las mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia. De esta manera se tiene la siguiente clasificación:

1. $EGE < 65\%$ Inaceptable. Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.
2. $65\% < EGE < 75\%$ Regular. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.
3. $75\% < EGE < 85\%$ Aceptable. Continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la Clase Mundial (World Class). Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
4. $85\% < EGE < 95\%$ Buena. Entra en valores de Clase Mundial (World Class). Buena competitividad.
5. $EGE > 95\%$ Excelencia. Valores de Clase Mundial (World Class). Excelente competitividad (Alonzo, 2009).

Capítulo III: Método de Investigación

En este capítulo se presentará el desarrollo del proyecto mediante la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) abarcando solo las tres primeras etapas, ya que en el siguiente capítulo hablaremos de las mejoras y como controlarlas.

3.1 Definición del proyecto

En esta etapa definiremos la oportunidad de mejora en la empresa, la meta específica a alcanzar, se establecerán las fechas de los avances del proyecto, así como una descripción de proceso de producción.

3.1.1 Validación de oportunidad del negocio

A continuación se presenta la Carta de Equipo (Team Chartes) en la cual definiremos nuestro proyecto.

Carta de Equipo

Caso del Negocio:

Actualmente la empresa Marko de México presenta problemas para las entregas de los productos a los clientes como lo son: entregas tardías o incompletas, problemas de humedad (problema de calidad).

Definición de Oportunidad:

Actualmente el área de producción no cumple con las entregas a tiempo al área de Almacén.

Definición de la Meta:

Aumentar la capacidad productiva de las máquinas teniendo como fecha límite Agosto 2012.

Alcance del Proyecto:

Empieza: Llegada de materia prima a pre – expansión.

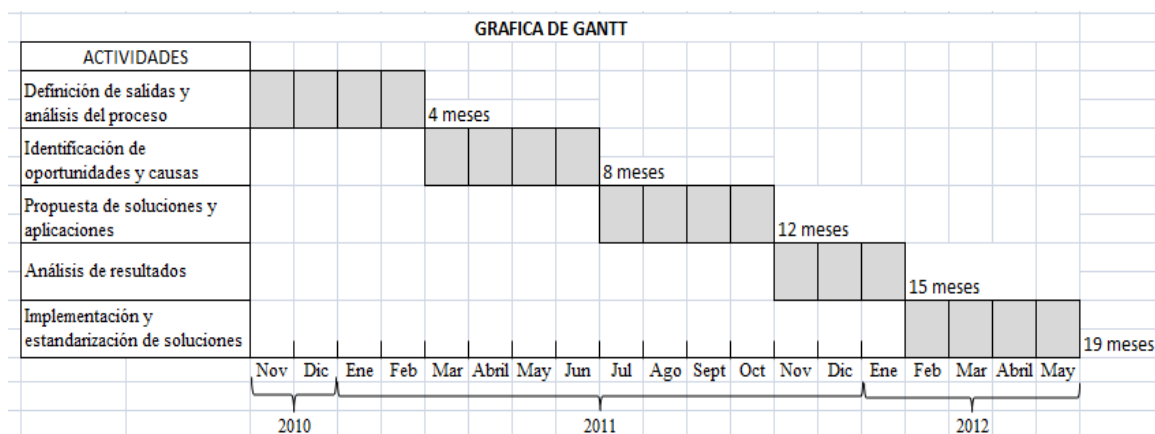
Termina: Desmoldeo del producto.

Procesos relacionados: producción, mantenimiento, área de pre – expansión.

Plan del Proyecto:

Para lograr llevar a cabo un proyecto, es necesario establecer fechas para cada actividad, por ello en la tabla 3.1 se muestran las fechas establecidas para la realización de cada una de las etapas del proyecto.

Tabla 3.1 Establecimiento de fechas para llevar a cabo el proyecto.



En la tabla 3.1 podemos ver los meses asignados para cada una de las etapas, teniendo una duración máxima de 19 meses. Para cumplir con esto, se seguirá un flujo (ver figura 3.1) el cual nos permitirá ir evaluando cada una de las etapas para detectar alguna anomalía durante el desarrollo del proyecto.

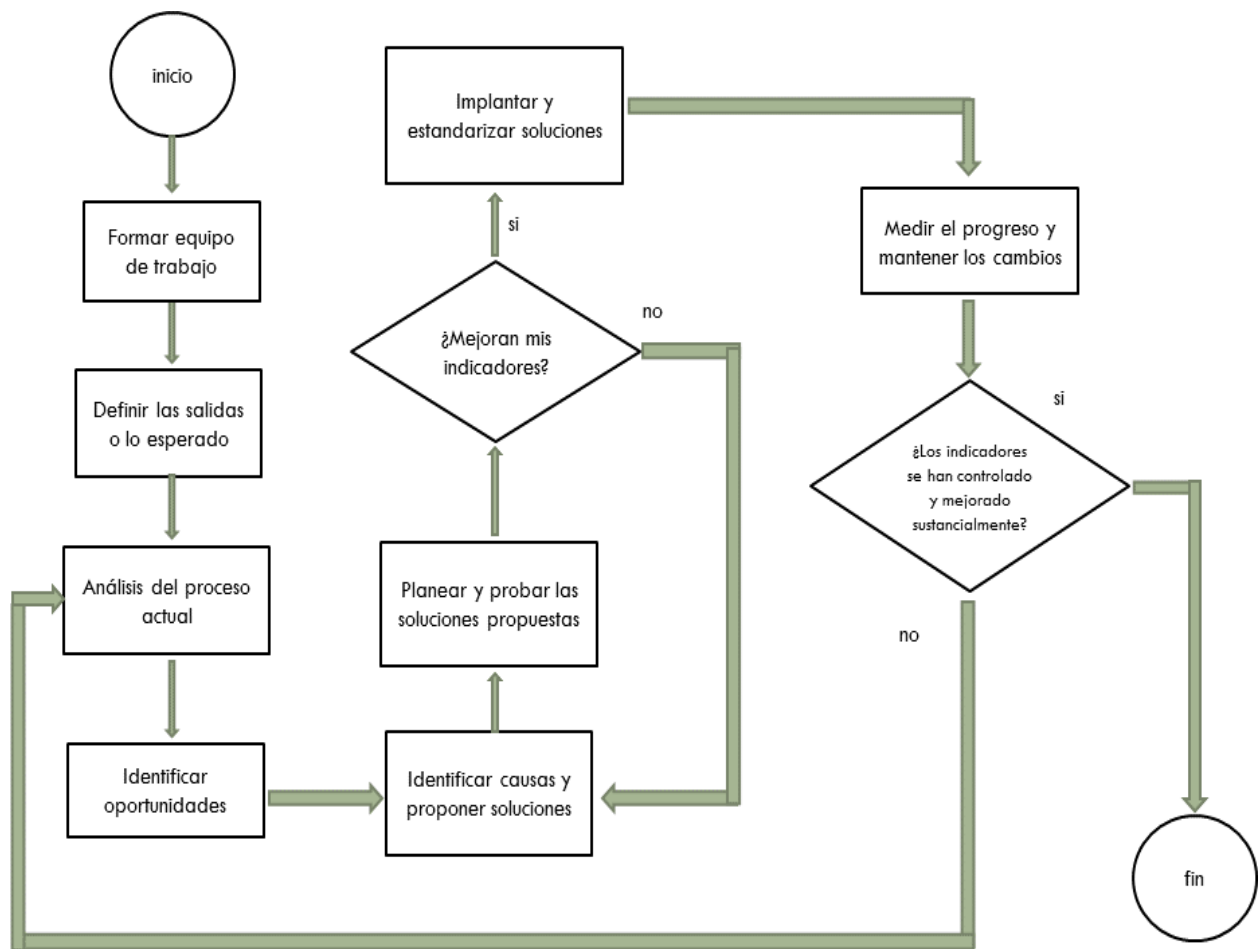


Figura 3.1 Diagrama de flujo de actividades.

Selección del Equipo:

Para llevar a cabo este proyecto es necesario involucrar al personal de la empresa por lo cual se ha establecido un equipo de trabajo, el cual esta descrito en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Equipo de trabajo.

NOMBRE	PUESTO
Ing. Francisco Rodríguez	Gerente General
Ing. José Bonilla	Gerente de Producción
Ing. Luis Godínez	Gerente de Mantenimiento
Francisco Jiménez	Supervisor de Mantenimiento
Carlos, Víctor	Técnicos de Mantenimiento
Dr. Carlos Navarro Dr. Álvaro González	Asesores de tesis
Ing. Mercedes Ponce	Estudiante de tesis

Tal y como se puede ver en la tabla 3.2 para poder lograr la meta establecida es necesario involucrar a todo el personal de todos los niveles, en este caso los involucrados son los de las áreas principales relacionados con el proyecto.

3.1.2 Documentación y análisis del proceso

Antes de iniciar con la investigación presentaremos el diagrama de flujo actual del proceso de producción para conocer un poco más de la empresa. La siguiente figura (3.2) nos muestra la secuencia de las operaciones.

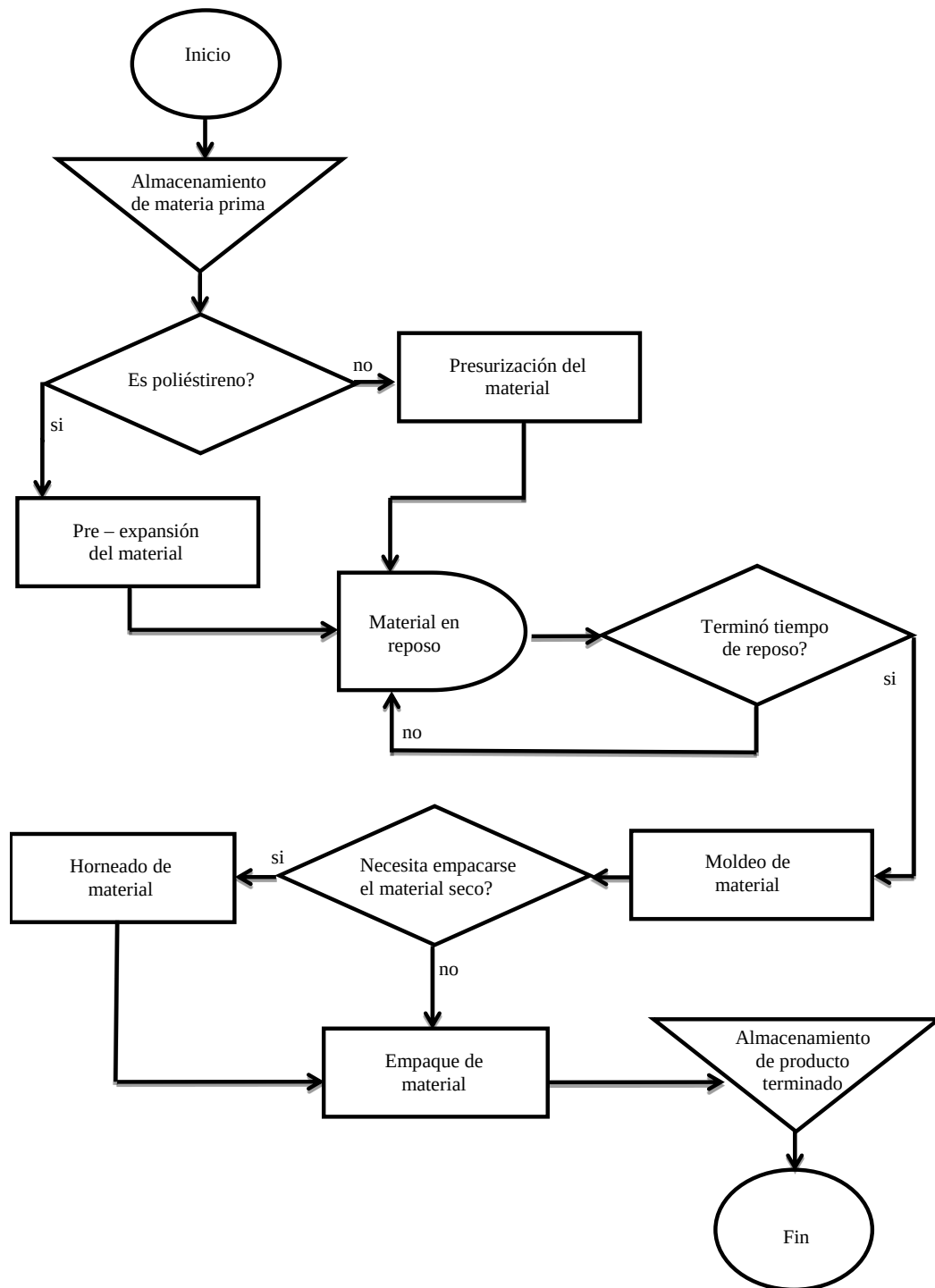


Figura 3.2 Diagrama de flujo del proceso.

El diagrama muestra toda la secuencia del producto, desde que llega la materia prima, hasta su almacenamiento como producto terminado. Las áreas críticas que se pueden identificar son el proceso de pre – expansión y presurización del material, ya que en él se

determinan las características principales del producto (nivel de densidad) dependiendo del cliente; moldeo de material, ya que aquí es donde se le da forma al foam y es donde aparecen la mayoría de los defectos de un producto, y horneado de material, ya que algunos productos son para compañías que manejan electrónicas y es necesario que el material llegue al cliente sin humedad.

3.2 Medición de la situación actual

En esta etapa definiremos los indicadores que se utilizarán durante el proyecto, en los cuales, se verán ir reflejando los cambios que se vayan haciendo para mejorar la productividad de la empresa.

3.2.1 Indicadores de medición

Ya que este proyecto está enfocado al rendimiento de las máquinas, utilizaremos el EGE (Efectividad Global del Equipo) como el indicador principal, así como también la disponibilidad, eficiencia y calidad ya que la multiplicación de los valores de estos tres factores conforma al EGE.

3.2.2 Metodología y recopilación de datos

Debido a que la empresa no cuenta con los indicadores de medición que utilizaremos para el análisis, se llevará a cabo una medición del desempeño actual de las cinco principales máquinas mediante el llenado del formato de producción en el cual deben de registrarse los desperdicios (scrap), tiempos muertos que se generen y la producción que se obtiene en el turno. Para ello se ha establecido un plan de medición (tabla 3.3) en donde se explica de una manera más clara la recopilación de los datos.

Tabla 3.3 Plan de medición.

Medición de desempeño	Definición operacional	Fuente y ubicación de los datos	Tamaño de la muestra	Quién reunirá la información	Cuándo se reunirá la información	Cómo se va a recopilar la información
EGE (Efectividad global del equipo)	Determinar el EGE actual de la empresa	Reporte de producción. Oficina de producción.	61 reportes	Ing. Mercedes Ponce	Noviembre 2010 a Enero 2011	Capturando la información que se genere en los reportes de producción del 1er. y 2do. turno de los meses de Nov. 2010 a Enero 2011 en Excel.

Una vez llevada a cabo la recopilación de los datos de acuerdo al plan de medición, se puede observar en la figura 3.3 la siguiente información:

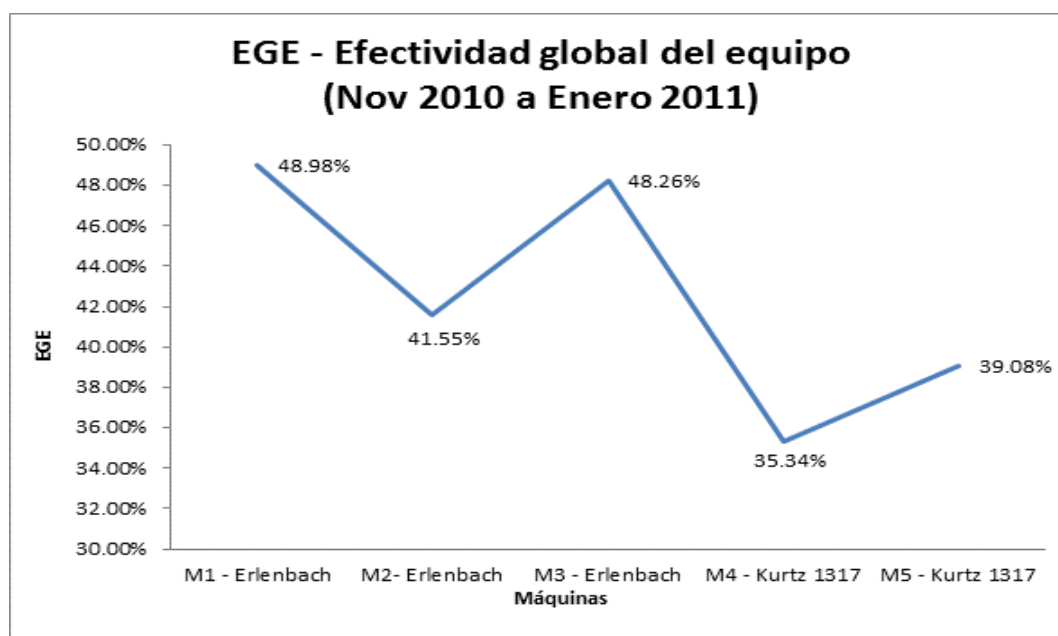


Figura 3.3 EGE Nov. 2010 a Enero 2011.

La gráfica 3.3 muestra el comportamiento de las máquinas durante los meses de noviembre 2010 a enero 2011, en donde se refleja el rendimiento que han estado teniendo todas por debajo del 65% que a nivel mundial se considera como regular.

Como se ha comentado anteriormente que el EGE depende de tres factores (disponibilidad, eficiencia y calidad) a continuación desplegaremos cada uno de ellos. La figura 3.4 nos muestra la disponibilidad del equipo.

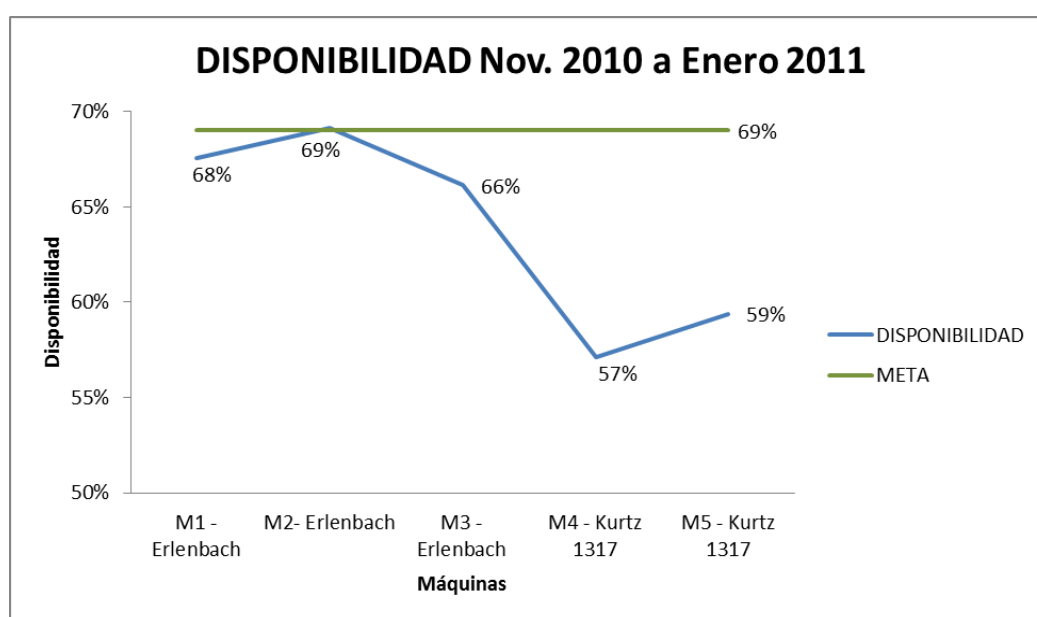


Figura 3.4 Disponibilidad del equipo.

En la gráfica anterior podemos observar que la máquina con mayor disponibilidad es M2-Erlenbach con 69% mientras que la más baja fue la M4-Kurtz 1317 con un 57%. Por lo que en base a los datos obtenidos se establecerá una meta del 69% para la disponibilidad ya que de acuerdo a los datos es algo alcanzable.

En cuanto a la eficiencia la figura 3.5 nos muestra el comportamiento que las máquinas tuvieron durante los meses muestreados.

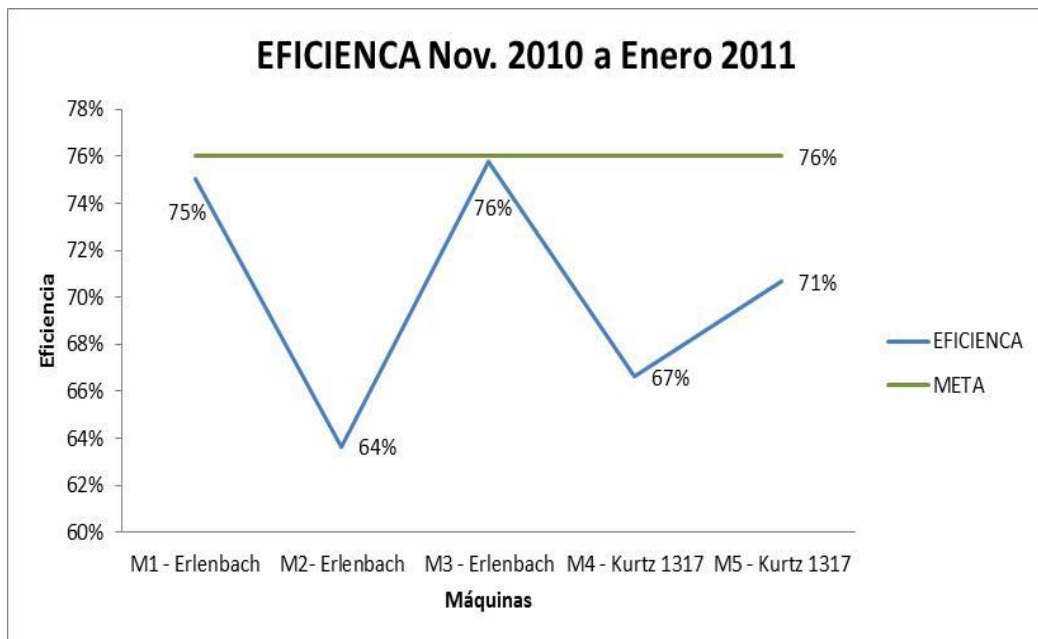


Figura 3.5 Eficiencia en máquinas.

En esta gráfica (figura 3.5) tenemos que la máquina con un porcentaje más alto de eficiencia es la máquina M3-Erlenbach con un 76% y con menor eficiencia la M2-Erlenbach con un 64%. En base a esta información arrojada, se establecerá una meta del 76% para la eficiencia como mínima.

Y en cuanto a la calidad, en la figura 3.6 todas las máquinas se mantuvieron por arriba del 90% por lo que no se establecerá ninguna meta, solo se estará verificando que se mantenga dentro de este rango.

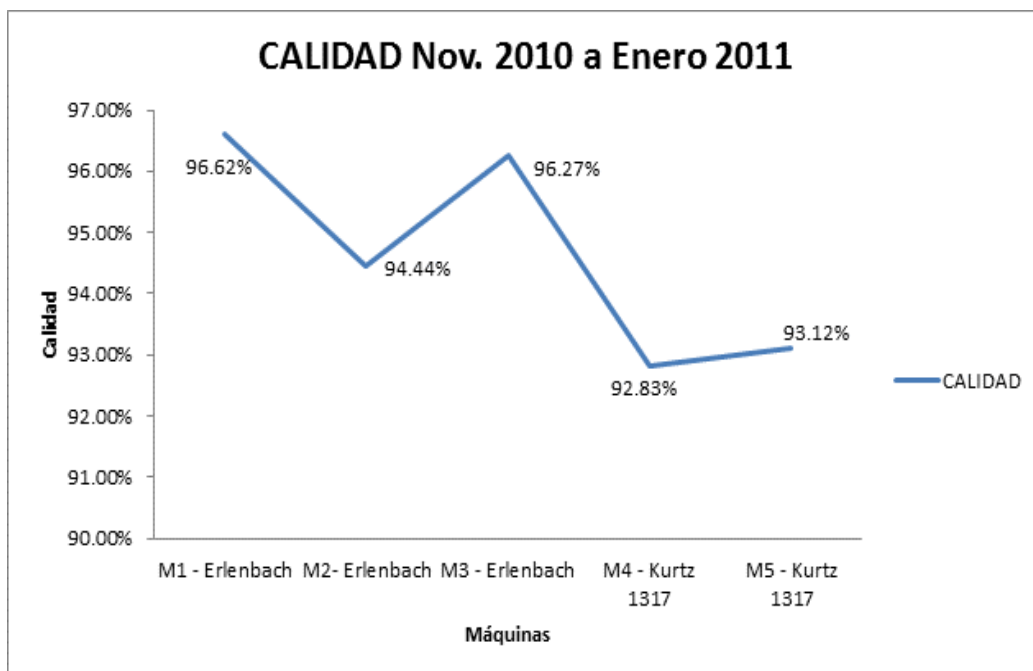


Figura 3.6 Calidad por equipo.

De acuerdo al muestreo podemos concluir que lo que más afecta al rendimiento del equipo es la disponibilidad, seguido de la eficiencia ya que comparando las tres factores del EGE (disponibilidad, eficiencia y calidad) estas fueron las más bajas, por lo que las establecemos como indicadores principales para nuestra mejora.

3.3 Análisis de causas raíz

Una vez recopilada la información, en esta etapa se procederá a analizar los paros generados en las máquinas, lo cual nos permitirá mejorar la disponibilidad y eficiencia de cada una de ellas.

Hay que recordar que este estudio se llevará a cabo solo en las 5 principales máquinas de la empresa.

3.3.1 Análisis del proceso

Para el análisis de los paros generados en los equipos tenemos la figura 3.7 donde se muestran resultados del muestreo, donde podemos ver los tiempos muertos por cada tipo de paro.

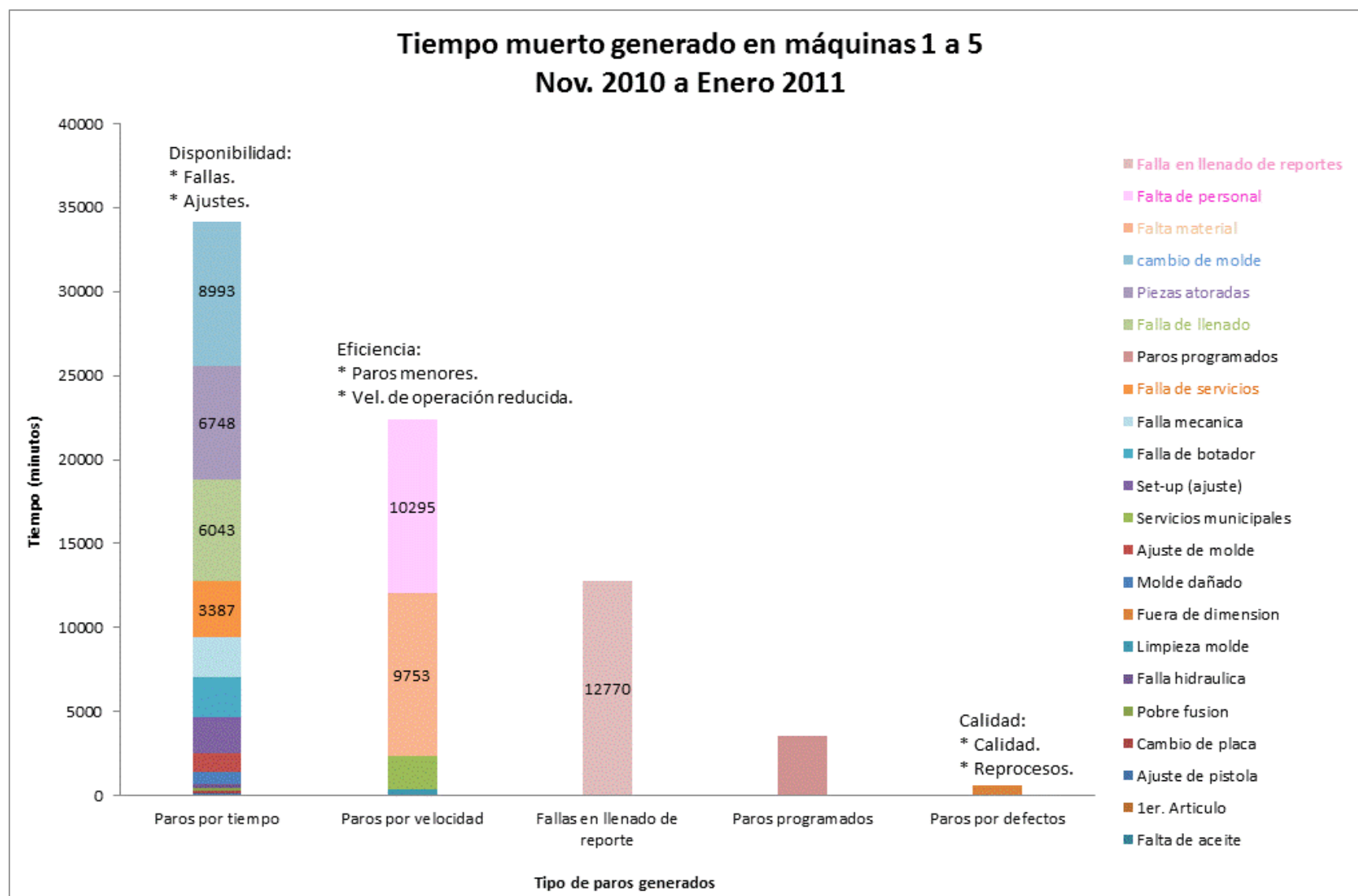


Figura 3.7 Gráfica de tiempo muerto (máquinas 1 a 5).

La figura 3.7 nos muestra en el eje de las “x” los tipos de pérdidas de acuerdo al EGE (ya antes mencionados en la sección 2.3, figura 2.16): paros por tiempo, paros por velocidad, paros programados y paros por defectos, así como también una columna de falla en llenado de reporte ya que existe tiempo muerto que no es registrado. En las columnas se encuentran agrupados las 6 grandes pérdidas de las que nos habla el TPM de acuerdo al tipo de pérdida (esta relación puede verse en la sección 2.3, figura 2.15).

En esta gráfica podemos observar que la disponibilidad es lo más crítico en el rendimiento de las máquinas en donde se encuentran las pérdidas por fallas y ajustes, teniendo como principales: cambio de molde, piezas atoradas, falla de servicios y falla de llenado.

Para hacer una mejor explicación del por qué estos paros son los que más afectan en la disponibilidad del equipo, a continuación se presentarán Paretos de cada una de las máquinas con la misma información de los meses muestreados para comprobar lo antes mencionado.

De acuerdo al Pareto obtenido en la figura 3.8 encontramos que los paros vitales que se deben atacar en estas 5 máquinas son: mal llenado de formato, falta de personal, falta de material, cambio de molde, piezas atoradas y falla de llenado. Para tener aún más claro qué tipo de paro es el que afecta más a cada uno del equipo se presentarán Paretos individuales de cada uno.

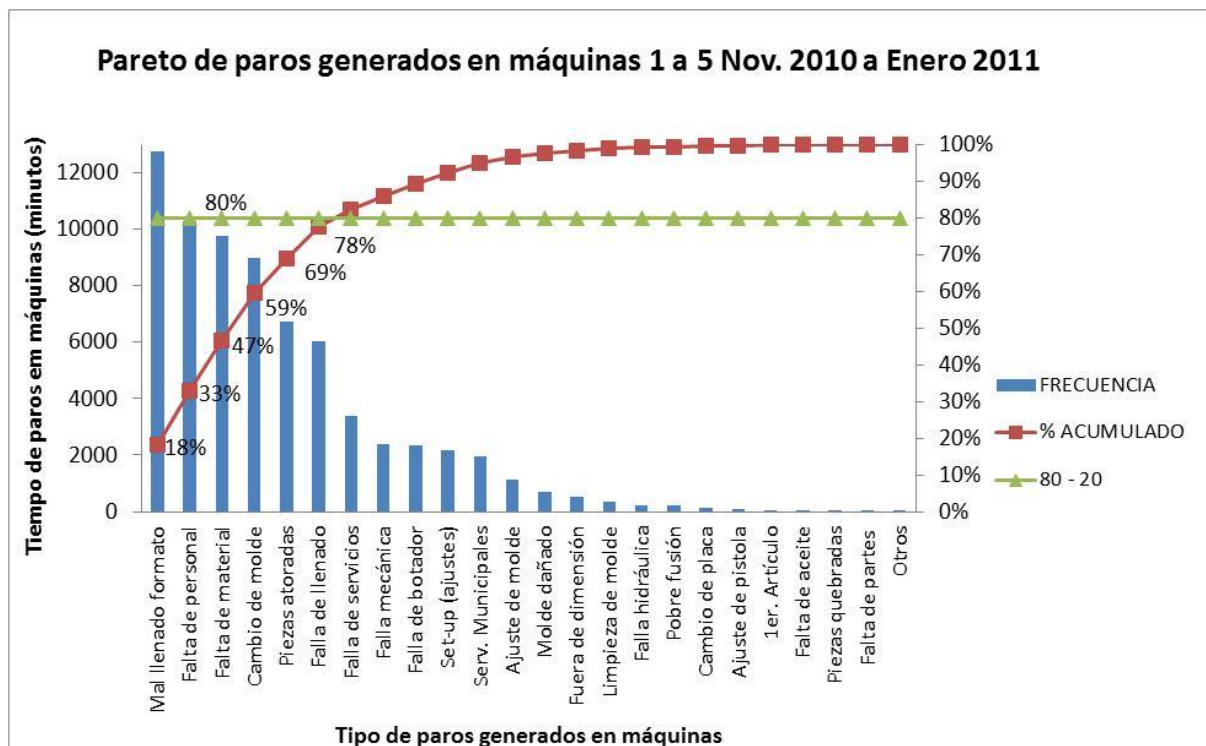


Figura 3.8 Pareto de paros generados de la máquina 1 a la 5.

En el Pareto de la figura 3.9 se muestran los principales pares que se generan en la máquina 1, en los cuales encontramos: falta de personal, falta de material, cambio de molde, mal llenado de formato, falla de llenado y falla en servicios, que al compararlo con la gráfica principal (figura 3.8) encontramos los mismos tipos de paros.

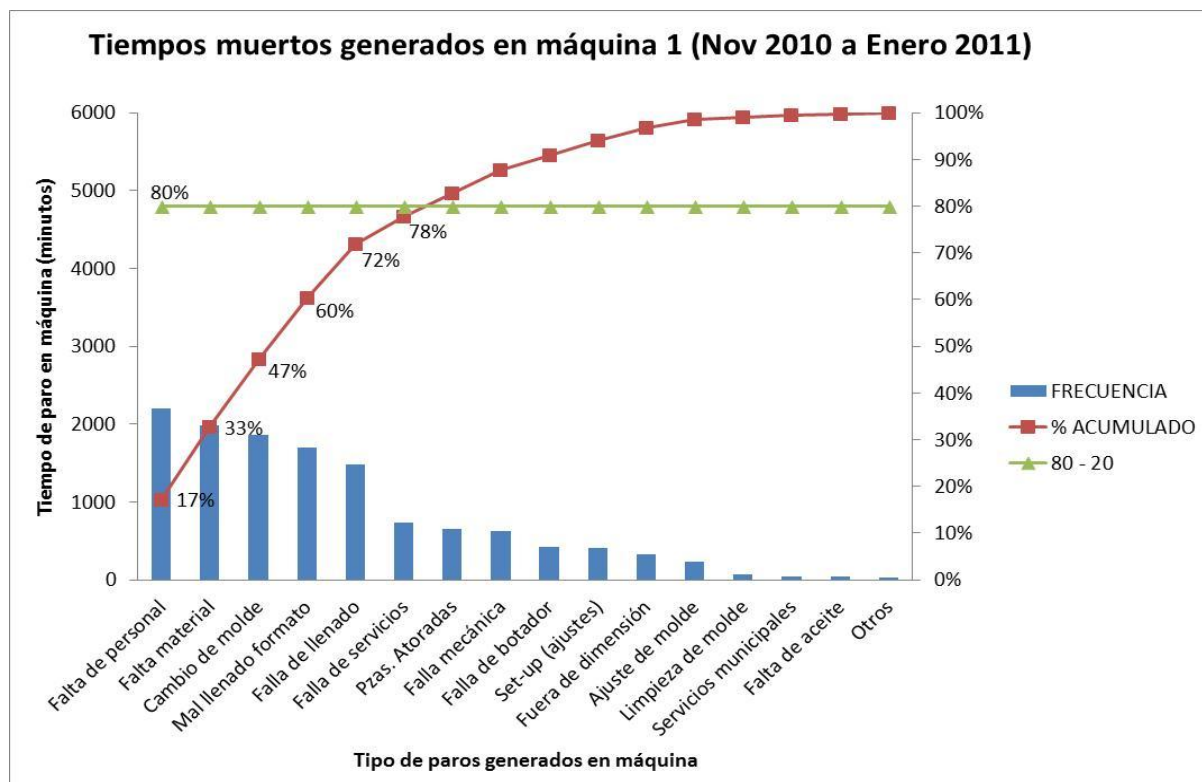


Figura 3.9 Pareto de paros generados en máquina 1.

Para el caso de otros (figura 3.9) estos corresponde a ajuste de pistola, manguera tapada, primer artículo, material en proceso, molde dañado, falla hidráulica, falla eléctrica, pobre fusión, piezas quebradas, cambio de placa y falta de partes para máquina.

De acuerdo al Pareto obtenido en la figura 3.10, podemos observar que los principales tiempos muertos generados en la máquina 2 son principalmente debido a: cambio de molde, falta de material, falta de personal, piezas atoradas, mal llenado de formato y falla de llenado, que al compararlo con el Pareto principal (figura 3.8), encontramos al igual que en la máquina 1 los mismos tipos de paros.

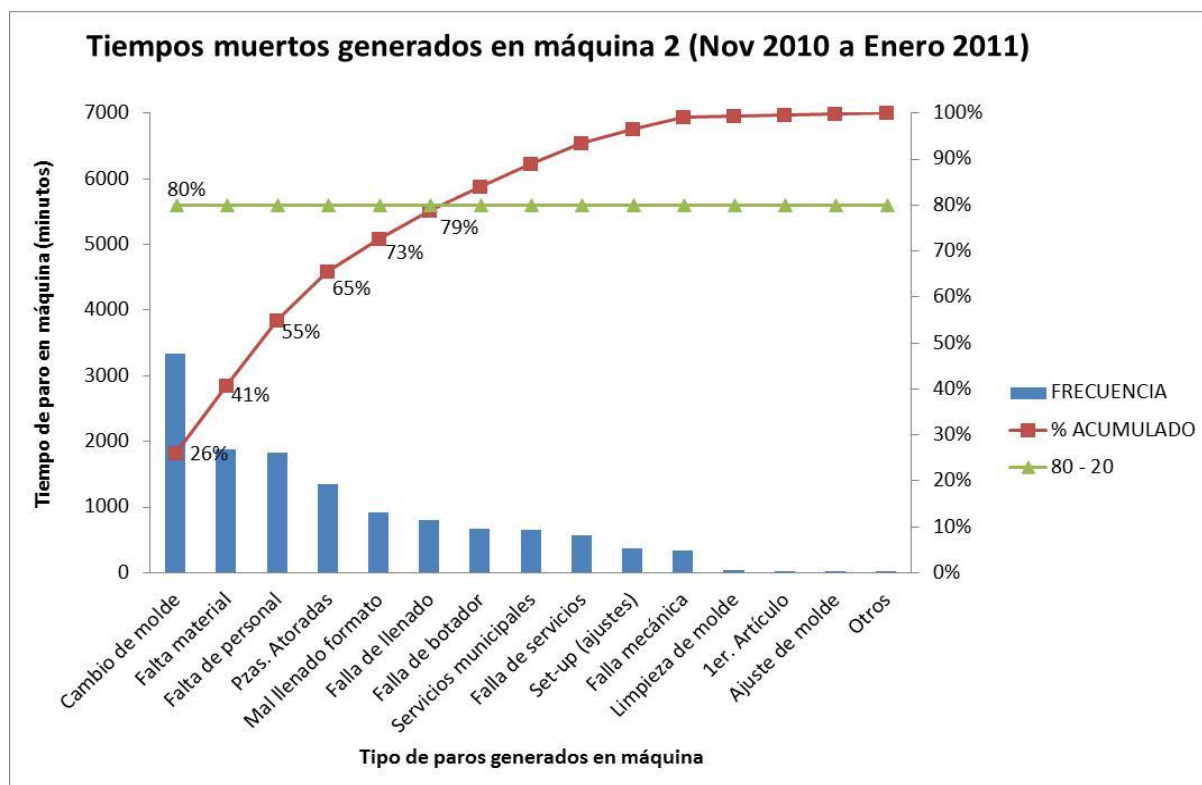


Figura 3.10 Pareto de paros generados en máquina 2.

En el caso de “Otros” (figura 3.10) tenemos: cambio de placa, material en proceso, molde dañado, falla hidráulica, falla eléctrica, fuera de dimensión, pobre fusión, ajuste de pistola, falta de aceite, piezas quebradas, mangueras tapadas y falta de partes para máquina.

En la máquina 3 (figura 3.11) encontramos la similitud existente con los Pareto anteriores: mal llenado de formato, falta de material, falta de personal, cambio de molde, piezas atoradas y falla de llenado como principales. Mientras que para “Otros” le corresponden: piezas quebradas, molde dañado, primer artículo, material en proceso, falla hidráulica, falla eléctrica, pobre fusión, ajuste de pistola, falta de aceite, cambio de placa, mangueras tapadas, servicios municipales y faltas de parte para máquinas; los cuales de acuerdo al Pareto no son importantes.

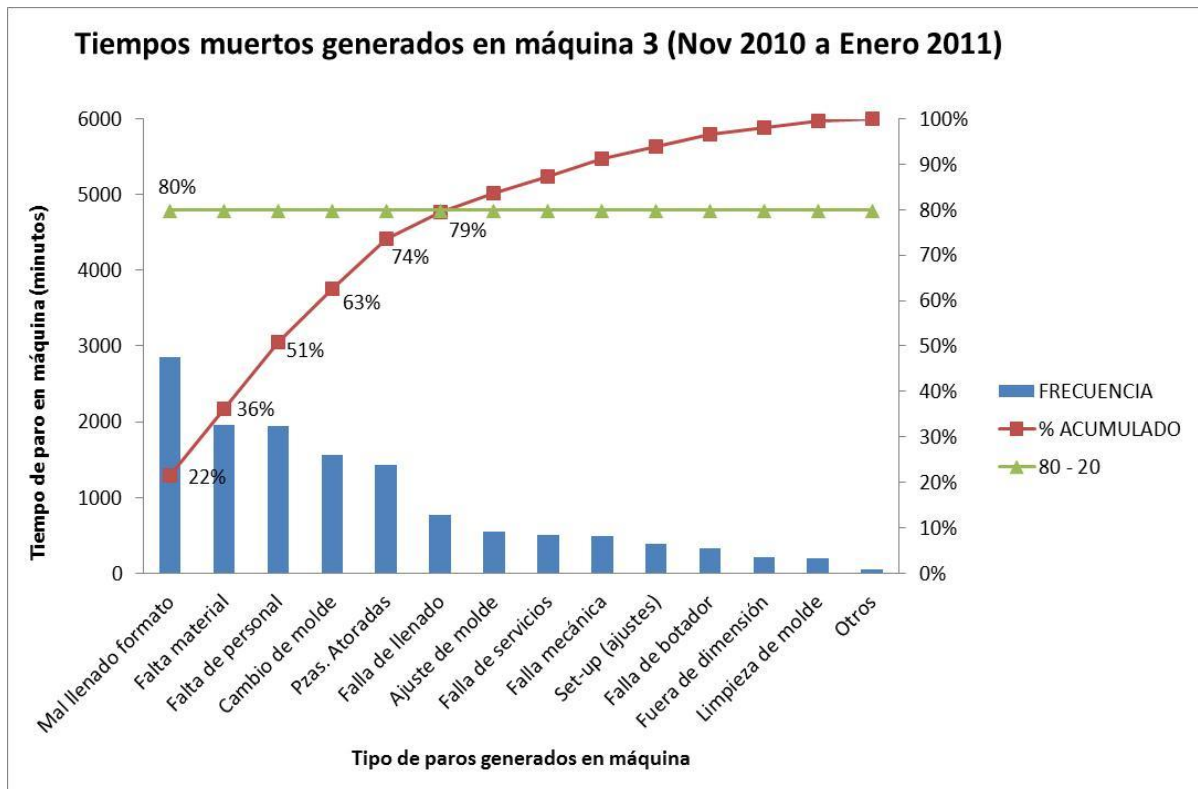


Figura 3.11 Pareto de paros generados en máquina 3.

De acuerdo a los datos arrojados en el Pareto de la figura 3.12, para la máquina 4 tenemos que los paros importantes a analizar son : mal llenado de formato, piezas atoradas, falta de personal, falta de material, falla de llenado y servicios, en donde podemos ver que siguen el mismo patrón que las gráficas anteriores.

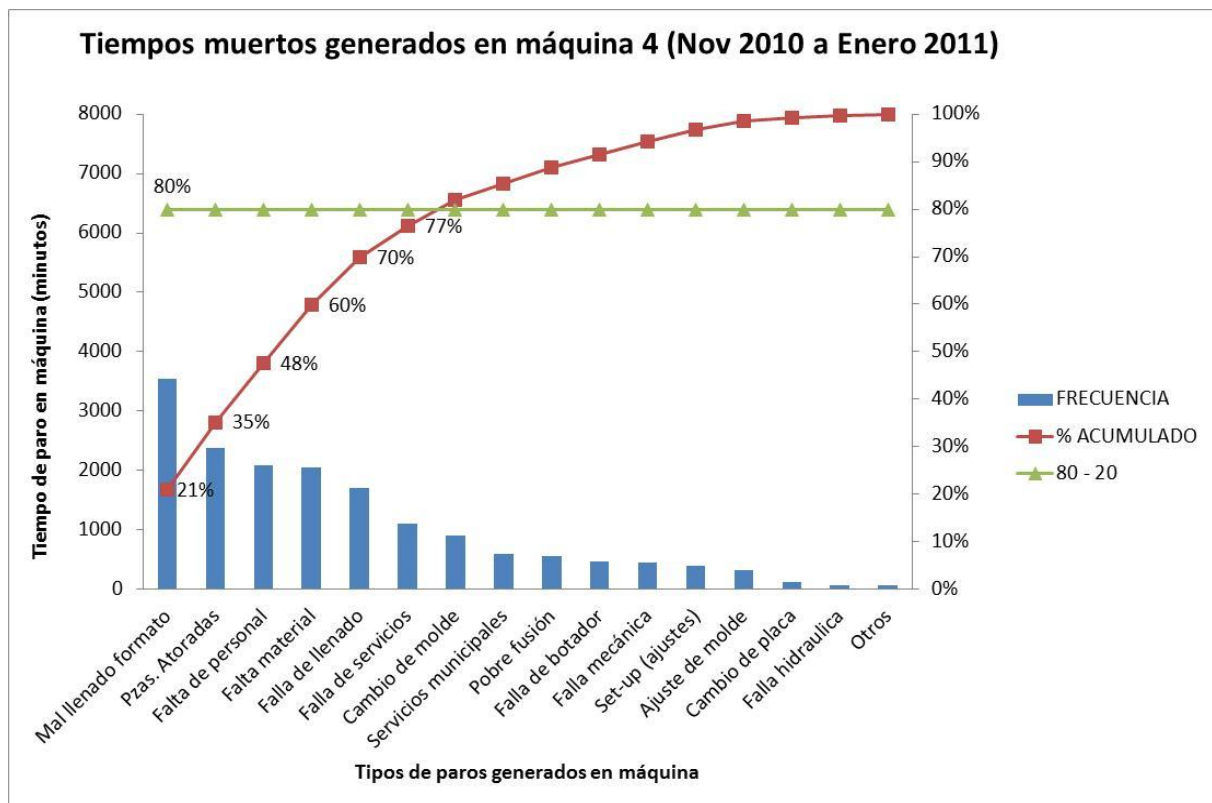


Figura 3.12 Pareto de paros generados en máquina 4.

En cuanto a “Otros” para la figura 3.12 tenemos: ajuste de pistola, primer artículo, material en proceso, limpieza de molde, molde dañado, falla eléctrica, falla de dimensión, falta de aceite, piezas quebradas, mangueras tapadas y falta de partes para máquinas.

En el último Pareto (figura 3.13) podemos observar que los paros más importantes tienen el siguiente comportamiento: mal llenado de formato, falta de personal, falta material, cambio de molde, falla de llenado y piezas atoradas, teniendo el mismo comportamiento que los Paretos anteriores.

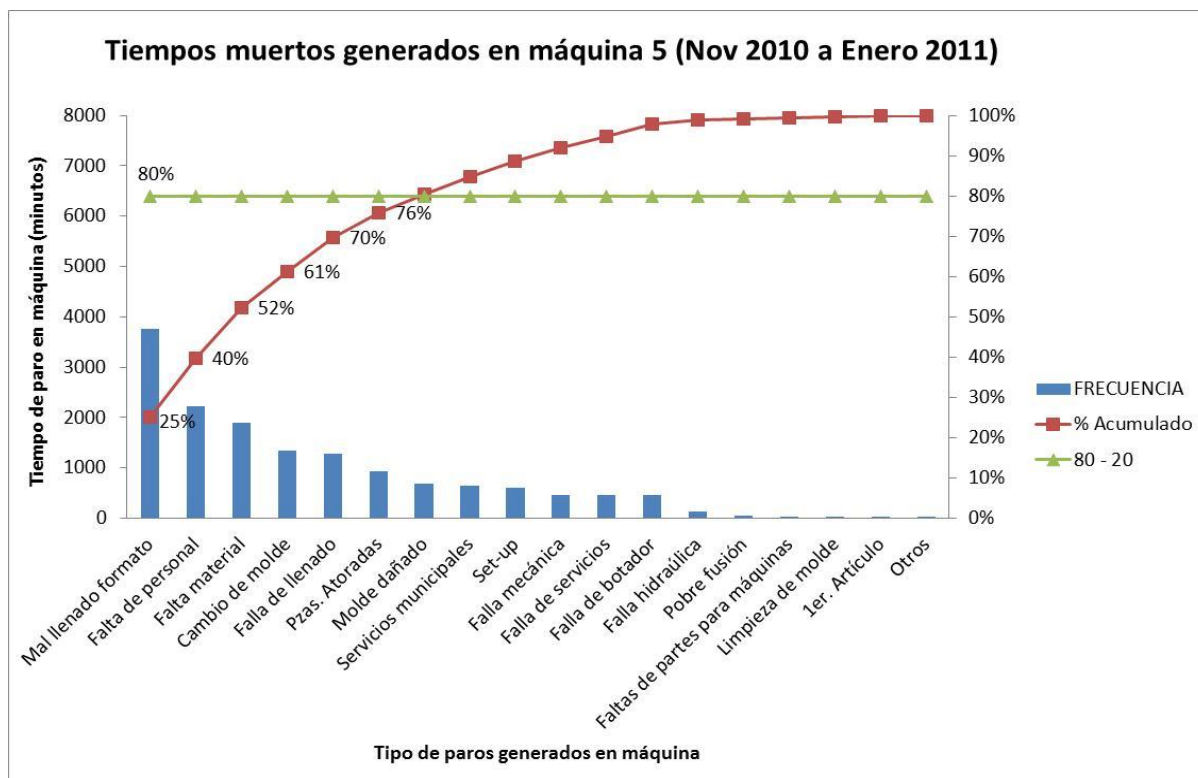


Figura 3.13 Pareto de paros generados en máquina 5.

Y para “Otros” con respecto al mismo Pareto (figura 3.13) en este caso tenemos: ajuste de pistola, ajuste de molde, material en proceso, falla eléctrica, fuera de dimensión, falta de aceite, piezas quebradas, cambio de placa y mangueras tapadas. Los cuales al igual que los Paretos anteriores no son vitales para el análisis.

Con este estudio determinamos que de acuerdo a los datos arrojados de manera grupal en las 5 máquinas y de manera independiente, los paros que generan una menor disponibilidad en el equipo y por consecuencia una menor eficiencia al tener las máquinas paradas sin producir son: mal llenado de formato, falta de personal, falta de material, cambio de molde, falla de servicios, piezas atoradas y falla de llenado.

Para llevar a cabo nuestro estudio haremos una clasificación de estos paros en dos, los que de manera directa se pueden controlar: mal de llenado de formato en donde se capacitará al personal, cambio de molde, falla de servicios, piezas atoradas y falla de llenado; y los no controlables de manera directa (estas decisiones dependerán del corporativo): falta de

personal y falta de material. En donde se presentará esta información obtenida para demostrar cómo estos factores afectan el desempeño de las máquinas.

3.3.2 Determinación de causas raíz cambio de moldes

Ya una vez determinado los factores a analizar, comenzaremos por estudiar los cambios de molde y determinar la causa raíz de los tiempos tan largos para dichos cambios.

Descripción del proceso de cambios de molde

Actividades que se llevan a cabo para los cambios de molde en máquinas Erlenbach:

1. Asegurar paro de máquina de molde a desmontar.
2. Remover platina.
3. Limpiar máquina.
4. Desconectar mangueras (abierto / cerrado, llenado y agua).
5. Cerrar paso de aire.
6. Aflojar tornillos que mantienen unido al molde con la máquina y retirar candados.
7. Quitar tornillos de bronce.
8. Quitar molde de máquinas.
9. Subir molde a carrito y verificar que irrigador no este dañado.
10. Ir por montacargas para bajarlo y llevarlo al área de mantenimiento.
11. Limpiar de foam el molde que se bajó con presión de aire.
12. Buscar herramienta para quitar pistolas.
13. Quitar pistolas.
14. Poner cabecera en área de trabajo en el cual se subirá el molde a montar a máquina.
15. Ir por molde a montar y ponerlo en área de trabajo.
16. Buscar cadena para asegurar molde con tecla y subirlo a cabecera.
17. Alinear molde con cabecera y atornillarlo.
18. Poner barras.
19. Limpiar pistolas que se quitaron de molde que se bajó.
20. Poner pistolas y atornillarlos.
21. Buscar cadena para ponerlo en molde y abrirlo.

22. Poner cadena, quitar mariposas y abrir molde.
23. Revisar que las cavidades no estén dañadas.
24. Colocar botadores en lado móvil del molde.
25. Buscar herramienta para poner tomas de agua en lado móvil.
26. Ir por mangueras abierto / cerrado.
27. Conectar mangueras a pistolas.
28. Poner tapones de tape a pistolas “T”.
29. Meter botadores.
30. Colocar resortes en botadores.
31. Asegurar resortes.
32. Poner aumento a botadores si es necesario.
33. Checar posición de botadores.
34. Cerrar molde (unir lado móvil con lado fijo).
35. Sujetar ambos lados con mariposa.
36. Colocar anillo en molde si es requerido.
37. Ir por montacargas para llevar molde al área de máquinas.
38. Llevar molde a máquinas, sujetarlo con tecla y subirlo a carrito.
39. Transportar molde a máquina a montar en carrito.
40. Colocar anillo en máquina si es requerido.
41. Quitar molde de carrito con tecla y montarlo en la máquina.
42. Sujetar molde con tuercas (apretar primero las tuercas de las esquinas).
43. Quitar mariposas.
44. Poner tornillos de bronce.
45. Conectar las mangueras de abierto / cerrado y material.
46. Poner tape a mangueras amarillas de material sobrantes para evitar fugas.
47. Conectar mangueras de agua.
48. Amarrar con tape mangueras con toma de agua.
49. Abrir paso de aire.
50. Colocar platina.
51. Checar: desmoldeo, vapores, agua / desmoldeo.
52. Ajustar distancia de recorrido lado móvil.
53. Sacar un tiro y asegurar 100% el llenado.

54. Entregar máquina a supervisor.

Es importante destacar que las actividades no siguen un flujo adecuado ya que no se cuenta con ningún procedimiento establecido, se pierde tiempo en ir por herramienta o buscarla. Además de que se hacen actividades que no agregan valor.

Actividades que se llevan a cabo para los cambios de molde en máquinas Kurtz:

1. Desmontar molde lado fijo de máquina (desconectar mangueras de irrigador, quitar abrazaderas y desatornillarlo de máquina).
2. Ir por tarima y con el tecla colocar el molde en dicha tarima.
3. Llevar molde al área de mantenimiento.
4. Mover lado móvil en máquina y desmontarlo (desconectar mangueras abierto / cerrado, de material, quitar resortes, botadores y desatornillar molde).
5. Poner molde sobre tarima.
6. Llevar molde al área de mantenimiento.
7. Desatornillar pistolas que se necesitarán para el siguiente molde.
8. Llevar lado móvil de molde al área de trabajo.
9. Levantar molde con tecla.
10. Si es necesario hacer cambio de cavidad:
 - a. Buscar herramienta para desatornillar cavidad a cambiar.
 - b. Quitar cavidad y guardarla.
 - c. Ir por cavidad nueva a montar.
 - d. Separar lados de cavidad (fijo y móvil) y verificar que estén en buen estado.
 - e. Checar posición de cavidad lado móvil en molde.
 - f. Limpiar molde parte interna si tiene foam.
 - g. Atornillar cavidad.
11. Limpiar pistolas que se quitaron del molde que se bajó.
12. Colocar pistolas en molde lado móvil y atornillarlas.
13. Colocar tapones en área de pistolas que no se utilizarán para evitar fuga de vapor.
14. Si se requiere anillo, buscar molde que tenga anillo requerido.
15. Desatornillar anillo y quitarlo.

16. Poner anillo en lado fijo a montar y atornillarlo.
17. Llevar lado móvil a máquina.
18. Ir por silicón.
19. Rellenar de silicón (empaquete) o-ring.
20. Subir lado móvil a máquina.
21. Alinear lado móvil con máquina.
22. Conectar mangueras de toma de agua.
23. Amarrar mangueras de toma de agua con tape.
24. Buscar tornillos y abrazaderas para asegurar molde a máquina.
25. Poner tornillos y abrazaderas en molde y atornillarlo a máquina.
26. Colocar barras y ajustarlas.
27. Colocar mangueras de aire abierto / cerrado.
28. Ir por botadores y ponerlos.
29. Mover lado móvil de molde.
30. Poner resortes en botadores.
31. Asegurar resortes.
32. Poner aumento a botadores si es necesario.
33. Checar posición de botadores.
34. Conectar mangueras de material.
35. Poner tape a mangueras de material sobrantes para evitar fuga de material.
36. Llevar lado fijo de molde a montar en área de trabajo para prepararlo.
37. Buscar tornillos para levantar molde con tecla.
38. Levantar molde con tecla.
39. Quitar tarima.
40. Si es necesario hacer cambio de cavidad:
 - a. Buscar herramienta para desatornillar cavidad a cambiar.
 - b. Quitar cavidad y guardarla.
 - c. Checar posición de cavidad lado fijo en molde.
 - d. Atornillar cavidad.
41. Si se requiere anillo, buscar molde que tenga anillo requerido.
42. Desatornillar anillo y quitarlo.
43. Poner anillo en lado fijo a montar y atornillarlo.

44. Buscar herramienta para conectar mangueras a irrigador.
45. Quitar mangueras que va conectada a irrigador de un molde para ponerlo en lado fijo de molde a montar.
46. Conectar mangueras a irrigador.
47. Llevar lado fijo en tarima a máquina a montar.
48. Ir por silicón.
49. Rellenar de silicón (empaque) el lorrin.
50. Subir lado fijo a máquina.
51. Conectar mangueras de irrigador a máquina.
52. Alinear lado fijo con lado móvil y empalmarlos hasta que queden unidos.
53. Verificar que los aumentos no dañen el irrigador.
54. Cerrar máquina y sujetar lado fijo con abrazaderas y tornillos a máquina.
55. Chechar: desmoldeo, vapores, agua / desmoldeo.
56. Ajustar distancia de recorrido lado móvil.
57. Sacar un tiro y asegurar 100% el llenado.
58. Entregar máquina a supervisor.

Al igual que en los cambios de las máquinas Erlenbach, las máquinas Kurtz tampoco siguen una secuencia estructurada ya que no cuenta con un procedimiento establecido, se generan actividades que no agregan valor y existen demasiado tiempo perdido en buscar herramienta o partes.

Diagrama Causa – Efecto

Ya que hemos conocido como es el procedimiento para los cambios de molde, podemos llevar a cabo un diagrama causa – efecto (figura 3.14) y con esto determinar los factores que influyen en los cambios.

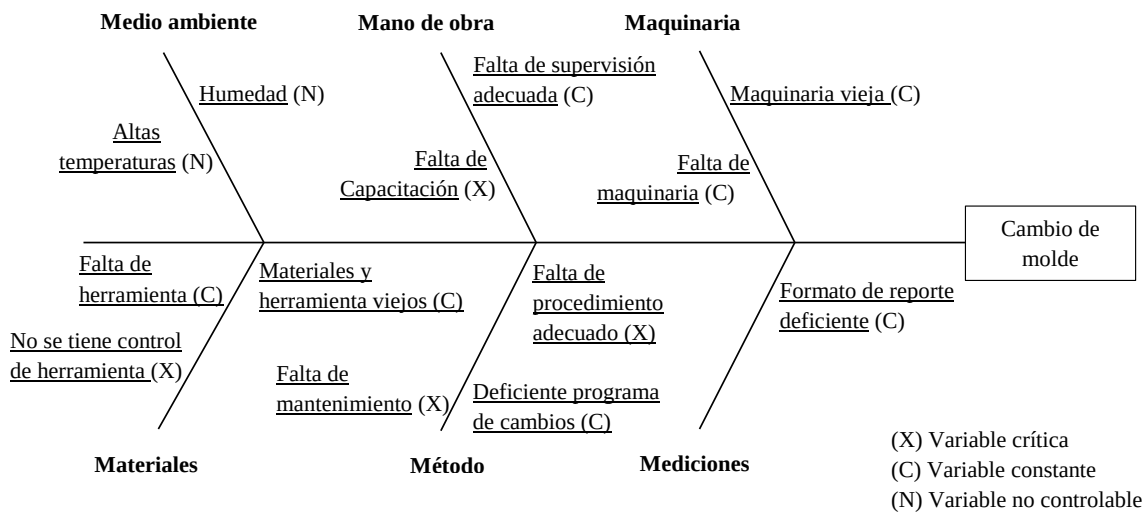


Figura 3.14 Diagrama Causa – Efecto de cambio de moldes.

En base a una lluvia de ideas con los técnicos del área de mantenimiento, supervisores y gerente de dicha área, estos son los factores que se consideran como parte influyente de que los cambios de molde se lleven entre 2 a 8 horas. Donde podemos observar que los factores más críticos son: falta de capacitación, falta de control de herramienta, falta de procedimiento adecuado y falta de mantenimiento.

Análisis mediante la técnica SMED

Ya una vez conocida la forma actual en que se llevan a cabo los cambios de molde, se hará un análisis mediante la técnica SMED para determinar la mejor forma para realizar dichas actividades y minimizar los tiempos de cambio. En esta etapa de análisis solo presentaremos la etapa preliminar de SMED, en el siguiente capítulo de mejora se presentarán las etapas restantes.

Etapas preliminar

En esta etapa se hace un estudio de las operaciones de cambio, en donde se han registrado los tiempos en que se llevan a cabo cada una de las actividades que intervienen en los cambios de molde, esta información podemos verla en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Registro de tiempos de las actividades a llevar en los cambios de molde para máquinas Erlenbach.

TIEMPO	ACTIVIDAD
6 seg	Remover platina.
22 seg	Limpiar máquina de foam a presión de aire.
8.10 min	Desconectar mangueras (abierto / cerrado, conectores de toma de agua y llenado de material)
2.12 min	Poner mariposas para agarrar molde.
3 seg	Cerrar paso de aire.
4.36 min	Aflojar tornillos que mantienen unido al molde con la máquina y retirar candados.
4.37 min	Quitar tornillos de bronce.
1.15 min	Poner tacle y a molde y quitarlo de máquina.
2.10 min	subir molde a carrito y checar que irrigador no este dañado.
1.30 min	Ir por montacargas.
5.45 min	Bajar molde y llevarlo a mantenimiento.
3.04 min	Mover molde para colocar cabecera a utilizar en área de trabajo.
8.51 min	Quitar mangueras (abierto / cerrado)y resortes de molde que se bajo.
1.17 min	Buscar herramienta.
12.34 min	Aflojar tornillos de pistolas del molde que se bajo.
9.29 min	Quitar pistolas y sacudirles el agua.
1.42 min	Ir por molde a montar y ponerlo frente a tacle.
49 seg	Buscar cadena para amarrar molde y subirlo a cabecera.
5.45 min	Alinear molde con cabecera y atornillarlo.
45 seg	Buscar herramienta.
3.10 min	Sobreponer molde en cabecera para que quede parejo y después atornillarlo 6 tuercas 10 mm y aumentos ya que los anillos estan muy largos.
33 seg	Ir por llave.
3.59 min	Apretar molde (anivelar).
1.53 min	Poner barras.
1.40 min	Limpiar pistolas que tengan agua a presión de aire del molde que se bajo, para ponerlos en el que se va a montar.
1.10 min	Limpiar foam a molde que se bajo con presión de aire.
2.46 min	Recoger tornillos depistolas del molde que se bajo.
17.36 min	Poner tornillos en pistolas de molde a subir.
17 seg	Buscar cadena para abrir molde.
1.55 min	Amarrar cadena con tuercas.
40 seg	Quitar mariposas.
54 seg	Separar lados de molde.
1.57 min	Revisar cavidades.
3.57 min	Colocar botadores.
1.48 min	Anivelar pistolas.
12.05 min	Atornillar pistolas.
59 seg	Buscar martillo y pinzas.

Tabla 3.4 Registro de tiempos de las actividades a llevar en los cambios de molde para máquinas Erlenbach.

TIEMPO	ACTIVIDAD
5.42 min	Quitar toma de agua del molde que se bajo para ponerlo en el que se va a subir.
1.57 min	Buscar herramienta.
2.38 min	Poner tomas de agua en lado móvil.
1.07 min	Ir por mangueras de llenado.
7.22 min	Conectar mangueras de aire a pistolas.
8.04 min	Poner tape a pistolas "T" para evitar fuga de material.
4.36 min	Conectar mangueras de cerrado.
1.58 min	Meter botadores.
5.19 min	Colocar resortes en botadores.
7.45 min	Fijar resortes a botadores.
42 seg	Checar botadores.
1.28 min	Cerrar molde.
1.58 min	Poner mariposas para agarrar molde.
38 seg	Colocar anillo en molde.
1.11 min	Colocar tubo en cabecera para transportar molde a máquina en montacargas.
3.11 min	Ir por montacargas.
1.17 min	Llevar molde a pasillo de máquinas.
2.50 min	Subir molde con tecla a carrito.
1.22 min	Transportar molde a máquina a montar.
1.31 min	Colocar anillo en máquina.
2.10 min	Recorrer tuercas donde se va apretar molde por el anillo que se colocó.
14 seg	Colocar tecla a molde.
1.15 min	Quitar molde de carrito.
3.07 min	Montar molde a máquina.
10.06 min	Apretar tuercas de molde que lo unen a la máquina (apretar primero las tuercas de las esquinas).
12.06 min	Poner tornillos de bronce.
15.26 min	Conectar todas las mangueras.
5.07 min	Poner tape a mangueras de material sobrantes.
1.19 min	Conectar mangueras de agua.
2 min	Abir paso de aire.
5.23 min	Colocar platina.
18.06 min	Ajuste de platina, no recorre al abrir molde.
27.06 min	Tiros de 1ra. Corrida (se verificó llenado, vapores, agua, agua / desmoldeo).
1.11 min	Entregar máquina a supervisor.

Los tiempos marcados en rojo representan actividades que no agregan valor, ya que son tiempos perdidos en buscar o ir por herramientas o partes, retrabajos que se hacen en el momento del cambio porque no saben lo que tienen y no tienen debido al desorden en el área, y limpieza de moldes o partes para máquinas que pudieran hacerse antes de inicio de un cambio programado, teniendo un acumulado para este caso de 32.36 min, el tiempo puede variar dependiendo del molde a montar pero lo importante es darnos cuenta que existe pérdida de tiempo solo porque no se tiene organizado el área de trabajo.

Por ejemplo para las prensas Kurtz los tiempos son más largos debido a que la forma de llevar a cabo los cambios varia por el diseño de la máquina. La tabla 3.5 nos muestra los resultados obtenidos en el estudio de las operaciones.

Tabla 3.5 Registro de tiempos de las actividades a llevar en los cambios de molde para máquinas Kurtz.

PERSONAL	TIEMPO	ACTIVIDAD
técnico 1	24.39 min	desmontar molde lado fijo de máquina.
técnico 1	2.02 min	ir por pallet y acomodar molde en él con tacle.
técnico 1	15 seg	quitar tacle.
técnico 1	6.09 min	mover lado móvil para desmontar.
técnico 1	51 seg.	llevar molde a mantenimiento.
técnico 1	1.33.54 hrs.	quitar lado móvil de máquina (se pierde tiempo en buscar herramientas, auxilia a compañero en dudas).
técnico 1	3.11 min	poner molde en tarima.
técnico 1	19.38 min	desatornillar pistolas (solo 12 pistolas para poner en molde nuevo a montar).
técnico 1	10.50 min	ayudar a otro técnico en poner cavidades (tapa y base mediana).
técnico 1	1.53 min	continuo yendo por resto de pistolas que desatornillo para poner en molde a montar.
técnico 1	11.07 min	fue por más pistolas a quitar del CM5221 y limpiarlas con presión de aire.
técnico 1	27.26 min	paro cambio para ir a checar máquina 5.
técnico 1	8.17 min	ayudar a poner pistolas en molde a montar.
técnico 1	34.16 min	comida.
técnico 1	2.07 min	dejar herramienta propia a su carro.
técnico 1	7.34 min	buscar tornillos para pistolas y ponerlos.
técnico 1	3.20 min	volver a poner tornillos sobrantes en molde en que quitó para que no se pierdan.
técnico 1	1.06 min	llevar lado de molde que se bajo a mantenimiento.
técnico 1	1.17 min	llevar lado móvil de molde a montar a máquina.
técnico 1	1.22 min	limpiar molde.
técnico 1	12.22 min	esperar silicón.
técnico 1	4.08 min	poner silicón.
técnico 1	8.32 min	subir lado móvil a máquina.
técnico 1	9.16 min	alineal molde a máquina.
técnico 1	2.13 min	buscar tornillos para atornillar molde.
técnico 1	13.48 min	poner tornillos en molde y atornillarlos (se tarda porque los tornillos no quieren agarrar).
técnico 1	35 seg	buscar herramienta.
técnico 1	4.08 min	buscar herramienta (prensores, abrasaderas).
técnico 1	16 min	poner abrazaderas y seguir poniendo tornillos y atornillarlos.
técnico 1	3.42 min	escoger mangueras de aire.
técnico 1	46 seg	abrir y cerrar molde.
técnico 1	1.20 min	acomodar carrito y mangueras para ponerlas.
técnico 1	7.15 min	ajustar barras.
técnico 1	3.19 min	poner mangueras de aire.
técnico 1	21 seg	abrir molde.
técnico 1	1.14 min	ir por botadores.
técnico 1	4.54 min	poner botadores.
técnico 1	1.22 min	ir por un botador y ponerlo.
técnico 1	38 seg	cerrar molde.
técnico 1	1.32 min	ir por tomas de agua (conectores).
técnico 1	2.45 min	acomodar resortes en mesa.
técnico 1	1.12 min	ir a checar problema en máquina 5.
técnico 1	11.30 min	poner resortes y asegurarlos.
técnico 1	1.39 min	tomar agua.
técnico 1	1.06 min	cerrar molde.
técnico 1	2.23 min	ir por aumentos de botadores.
técnico 1	2.35 min	poner tape a manguera negra (amarrar toma de agua 1).
técnico 1	16.22 min	conectar mangueras de material (mangueras amarillas).
técnico 1	2.39 min	tapar mangueras de material sobrantes con tape (mangueras amarillas).
técnico 1	45 seg	poner tape a manguera negra (amarrar toma de agua 2).
técnico 1	11.11 min	cortar aumentos a medida requerida para botadores.
técnico 1	6.13 min	poner aumento a botadores con tape.
técnico 1	27 seg	abrir molde para checar botadores.
técnico 1	2.37 min	quitar manguera que va conectada a irrigador de un molde para ponerlo en el lado fijo a subir.

Tabla 3.5 Registro de tiempos de las actividades a llevar en los cambios de molde para máquinas Kurtz.

PERSONAL	TIEMPO	ACTIVIDAD
técnico 1	3.59 min	poner mangueras a irrigador.
técnico 1	5.23 min	buscar dado.
técnico 1	3.47 min	apretar tornillos con dado encontrado.
técnico 1	58 seg	levantar molde.
técnico 1	3.47 min	apretar tornillos.
técnico 1	2.40 min	apretar tornillos de abajo y arriba.
técnico 1	1.24 min	poner tarima y subir molde en ella.
técnico 1	1.03 min	llevar molde a máquina.
técnico 1	1.10 min	tomar agua.
técnico 1	1.15 min	acomodar carrito.
técnico 1	50 seg	quitar abrazaderas.
técnico 1	3.43 min	seguir poniendo silicón.
técnico 1	58 seg	espera a que compañero termine actividad.
técnico 1	1.47 min	mover molde a máquina y poner tecla.
técnico 1	53 seg	esperar.
técnico 1	1.59 min	poner silicón a molde.
técnico 1	2.30 min	continuar subiendo molde.
técnico 1	33 seg	conectar mangueras de irrigador.
técnico 1	35 seg	cerrar molde.
técnico 2	8.32 min	buscar tornillos para levantar molde con tecla
técnico 2	9 seg	quitar pallet
técnico 2	5.24 min	buscar herramienta (dado)
técnico 2	5.55 min	adaptar dado 3/8 a 1/2 (se perdió tiempo en buscar conector y adaptar dado).
técnico 2	2.04 min	ir por destornillador eléctrico.
técnico 2	5.37 min	desatornillar 2 cavidades.
técnico 2	1.10 min	poner molde en pallet.
técnico 2	3.24 min	desatornillar cavidades.
técnico 2	1.48 min	ir por cavidad nueva a montar.
técnico 2	37 seg.	ir por cavidad nueva a montar.
técnico 2	34 seg.	ir por cavidad nueva a montar.
técnico 2	45 seg.	chechar que cavidades estén bien.
técnico 2	1.30 min	separar lados de cavidades.
técnico 2	1.50 min	chechar posición de cavidades.
técnico 2	11.22 min	poner cavidad (tapa) en molde.
técnico 2	3.31 min	retrabajar tornillos.
técnico 2	6.05 min	poner cavidad (base) en molde.
técnico 2	38 seg	chechar cavidades puestas.
técnico 2	20.02 min	buscar tornillos.
supervisor	3.08.53 hrs	adecuar tornillos a molde (se cortaron con cegueta 22 tornillos).
técnico 2	12.30 min	mover molde en el que se necesitan los tornillos que se están retrabajando y poner el otro lado del molde para prepararlo
técnico 2	3.44 min	levantar molde con tecla.
técnico 2	10.07 min	confusión en que cavidad cambiar en el lado móvil del molde que se acaba de levantar.
técnico 2	10.07 min	desatornillar cavidad a quitar (tapa) y llevarla a guardar.
técnico 2	6.01 min	ir al baño y tomar agua.
técnico 2	7.12 min	desatornillar cavidad a quitar (base) y llevarla a guardar.
técnico 2	11.10 min	limpiar molde por dentro de foam.
técnico 2	28.17 min	poner cavidades en molde a montar (tapa y base mediana).
técnico 2	4.20 min	recoger herramienta y poner lado de molde en tarima.
técnico 2	28.44 min	poner pistolas en molde (18) y quitar tapones donde van las pistolas por las nuevas cavidades y tapar las que ya no se van a utilizar para que el vapor no se escape.
técnico 2	34.16 min	comida.
técnico 2	12.53 min	continúa poniendo pistolas y atornillándolas.

Tabla 3.5 Registro de tiempos de las actividades a llevar en los cambios de molde para máquinas Kurtz.

PERSONAL	TIEMPO	ACTIVIDAD
técnico 2	1.12 min	tomar agua.
técnico 2	2.24 min	rellenar de silicón (empaque) el lorrin.
supervisor	12.22 min	ir por silicón a oficina de mantenimiento.
técnico 2	17.19 min	buscar tubos de cartón de fleje.
técnico 2	7.43 min	subir lado móvil a máquina.
técnico 2	9.16 min	alinear molde a máquina.
técnico 2	1.59 min	conectar mangueras.
técnico 2	1.24 min	buscar tornillos.
técnico 2	15.29 min	poner tornillos en molde y atornillar a máquina.
técnico 2	11.55 min	buscar tornillos.
técnico 2	12.54 min	poner tornillos y apretarlos.
técnico 2	3.01 min	poner pistola que se safo.
técnico 2	58 seg	paró de poner pistola para ir por herramienta.
técnico 2	4.08 min	continua poniendo pistola.
técnico 2	1.24 min	ir por herramienta.
técnico 2	7.58 min	espera a que compañero termine actividad.
técnico 2	56 seg	tomar agua.
técnico 2	3.29 min	buscar a supervisor para preguntar sobre el anillo a montar.
técnico 2	2.22 min	ir por montacarga a área de pre-expansor.
técnico 2	1.26 min	mover lado fijo a área de trabajo para ponerle el anillo.
técnico 2	5.06 min	ir por molde al que se le va a quitar el anillo.
técnico 2	2.07 min	levantar molde al que se va a quitar anillo.
técnico 2	2.38 min	acomodar molde en tarima y quitar tecle.
técnico 2	51 seg	ir por herramienta.
técnico 2	5.42 min	desatornillar anillo de molde (no del que se acaba de levantar sino de otro que esta en área de mantenimiento).
técnico 2	11 min	limpiar anillo de goma (silicón) y ponerlo parte por parte (esta pegado en 4 partes) en molde lado fijo a montar y pegarlo con silicón (solo 3 lados).
técnico 2	4.27 min	buscar tornillos para asegurar anillo a molde.
técnico 2	1.05 min	quitar cadena con que se levanta molde con tecle.
técnico 2	7.02 min	poner la 4ta. parte del aldo del anillo con silicón rojo y poner tornillos.
técnico 2	2.06 min	quitar tornillos de otro molde para acompletar para anillo.
técnico 2	1.37 min	poner tornillos a anillos.
técnico 2	1.11 min	ir al baño.
técnico 2	17.51 min	buscar tornillos para anillo (se pierde tiempo ya que tiene que mover varios moldes para quitarselos a los moldes que tienen tornillos)
técnico 2	7 min	quitar tornillos de molde para ponerlos en anillo a montar.
técnico 2	3.54 min	mover molde al que se le quitaron los tornillos a su lugar y acomodar los demás moldes que se movieron.
técnico 2	6.07 min	buscar cadena para lenvantar molde y atornillarla.
técnico 2	1.03 min	levantar molde.
técnico 2	3.17 min	poner tornillos faltantes a anillo.
técnico 2	1.24 min	subir molde (dejar colgando) para poner tornillos de abajo.
técnico 2	2.15 min	poner tornillos abajo y arriba.
técnico 2	1.55 min	poner tarima y subir molde en ella.
técnico 2	1.09 min	ir por silicón.
técnico 2	3.09 min	poner silicón a área de empaque y empaque.
técnico 2	4.41 min	acomodar cadena para subir molde.
técnico 2	2.40 min	subir lado fijo de molde a máquina.
técnico 2	1.59 min	esperar a que termine de poner silicón técnico 1 mientras sostiene molde con cadena
técnico 2	2.30 min	continuar subiendo molde.
técnico 2	33 seg	sostiene molde.
técnico 2	35 seg	detener molde.

Tabla 3.5 Registro de tiempos de las actividades a llevar en los cambios de molde para máquinas Kurtz.

PERSONAL	TIEMPO	ACTIVIDAD
sup, tec1, tec2	22 min	unir ambos lados del molde (enpalmar lados).
supervisor	3.08.53 hrs	adecuar tornillos a molde (se cortaron con cegueta 22 tornillos).
supervisor	12.22 min	ir por silicón a oficina de mantenimiento.
supervisor	31.31 min	arreglar falla en otra máquina que esta trabajando.
supervisor	5.33 min	poner anillos re trabajados en lado fijo y apretarlos.
supervisor	9.16 min	poner tornillos en molde a subir de otro molde al que que se le estan quitando y buscar dado.

Al igual que en las máquinas Erlebach, los números en rojo son por pérdida de tiempo en buscar herramienta o partes, en transportarse de un lugar a otro para ir por una herramienta, re trabajos y limpieza. En donde tenemos un acumulado de 8 horas, concluyendo que el hecho de no tener organizada el área de trabajo es un gran factor que afecta en los tiempos de cambio de molde.

3.3.3 Determinación de causas raíz en área de servicios

Para poder determinar la causa raíz en esta área de trabajo, debemos conocer su funcionamiento por lo que a continuación se llevará a cabo una breve descripción de sus funciones.

Descripción del funcionamiento en área de servicios

El área de servicios proporciona a las máquinas vapor, aire, agua y vacío mediante el siguiente proceso.

El agua cruda (agua normal) es almacenada en un tanque (figura 3.15a) para después ser filtrada por unos filtros suavizadores (figura 3.15b) y quitarle la dureza del agua de 300 ppm (partes por millón), ya que la caldera requiere 0 ppm. Después esta es almacenada en otro tanque para ser bombeada a un pre calentador (figura 3.15c) para prepararla de 65 °C a 76 °C y enviarla a la caldera.



(a)



(b)



(c)

Figura 3.15 Tratamiento de agua para uso en caldera: (a) almacenaje de agua, (b) suavizadores y (c) precalentador de agua.

Al prender el piloto de la caldera (figura 3.16a y b) entra el gas y un electrodo hace una chispa que permite que esta se encienda. En su interior, la caldera cuenta con unos tubos los cuales son cubiertos por el agua ya antes precalentada por donde pasa la lumbre para generar el vapor, este vapor pasa a un acumulador (figura 3.16c) el cual debe de estar a $310264.0781 \text{ Pa (kg/cm}^2\text{)}$ para posteriormente ser llevadas a las máquinas.



(a)



(b)



(c)

Figura 3.16 Funcionamiento de caldera: (a y b) caldera, (c) acumulador de vapor.

En esta área existe una torre de enfriamiento (figura 3.17), la cual cuenta con una pileta dividida en agua caliente y agua fría. El agua caliente es el retorno de las máquinas, en donde, por medio de una bomba se jala el agua caliente para subirla a la torre, que mediante unos paneles y ventiladores permiten que baje la temperatura. Después esta agua es enviada de nuevo a las máquinas por medio de otras bombas.



Figura 3.17 Torre de enfriamiento.

Y en cuanto al servicio de aire, se cuenta con tres compresores (figura 3.18a) los cuales jalan aire por unos filtros comprimiéndolo para almacenarlo en un acumulador (figura 3.18b) el cual debe de estar de 689.48 KPa a 792.9 KPa.



(a)



(b)

Figura 3.18 Servicio de aire: (a) compresores de aire y (b) acumulador de aire.

Gráfica de Pareto

Ya que conocemos como funciona el área de servicios, a continuación se presentarán los Paretos relacionados con cada una de las máquinas para determinar el tipo de servicio que más afecta a los paros generados en el equipo de acuerdo a los datos muestreados.

De acuerdo a la figura 3.19 el Pareto nos muestra que para la máquina 1 el tipo de servicio que más afecta a esta área es la presión de aire con un 77% recordando la regla del 80/20 que nos dice que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas solo resuelven el 20% del problema.

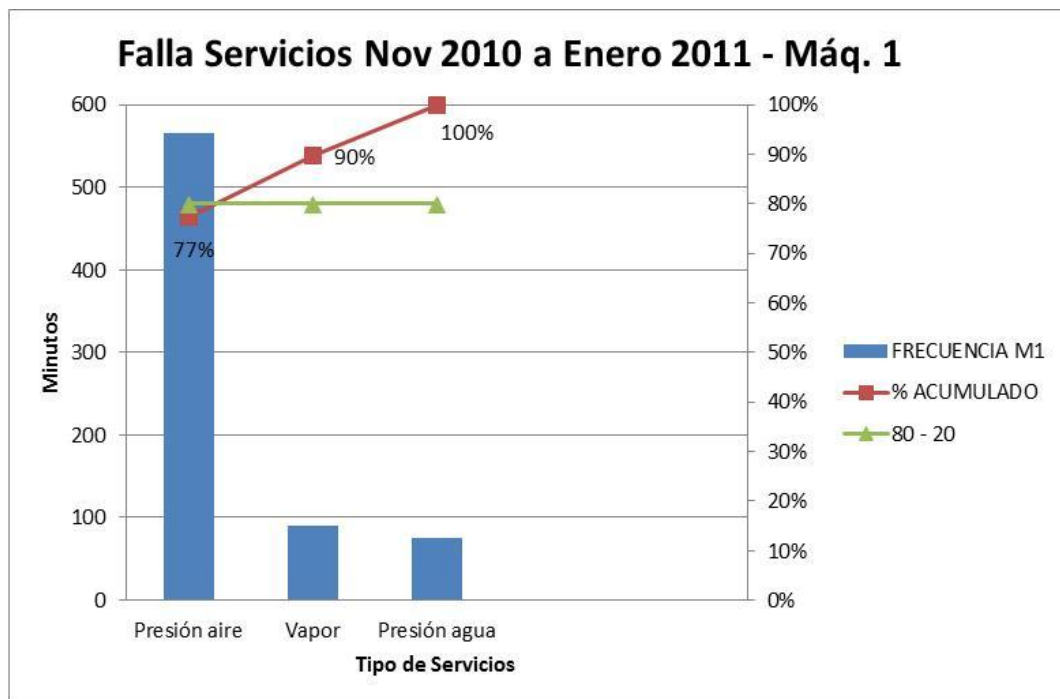


Figura 3.19 Falla de servicios generados en máquina 1.

La figura 3.20 muestra el comportamiento de la máquina 2, donde podemos observar que la falta de presión de aire provoca que sea la mayor parte que genera paros en el equipo con un 79%, que al compararlo con los resultados de la máquina 1 es el mismo.

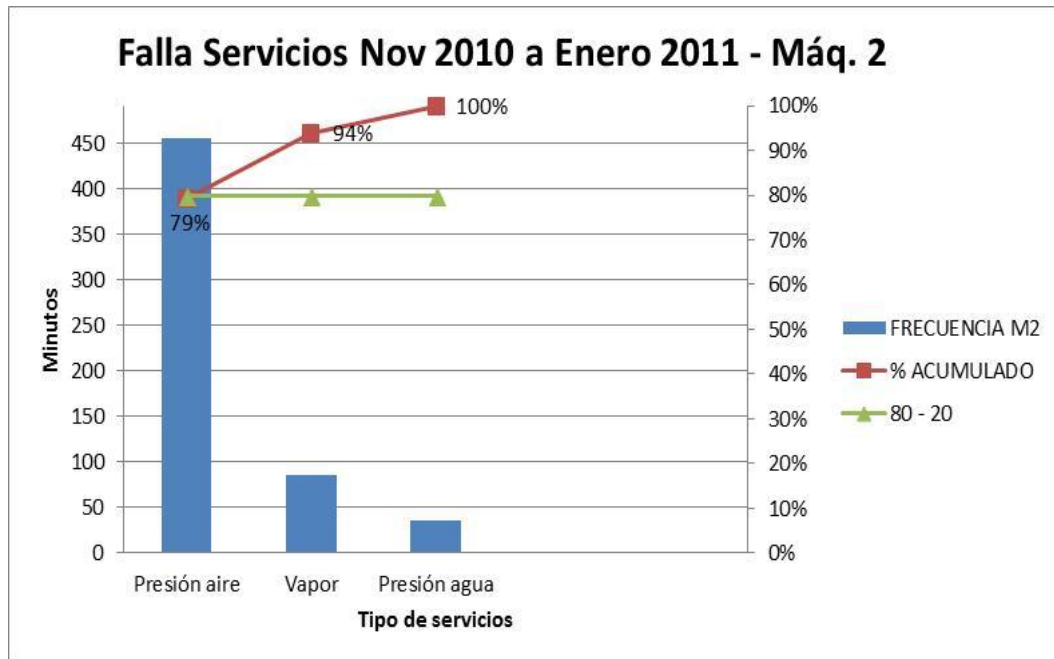


Figura 3.20 Falla de servicios generados en máquina 2.

En la figura 3.21 podemos observar el comportamiento de los paros generados por servicios en máquina 3, encontrando como el más importante la baja presión de aire al igual que las máquinas 1 y 2 con un 77%.

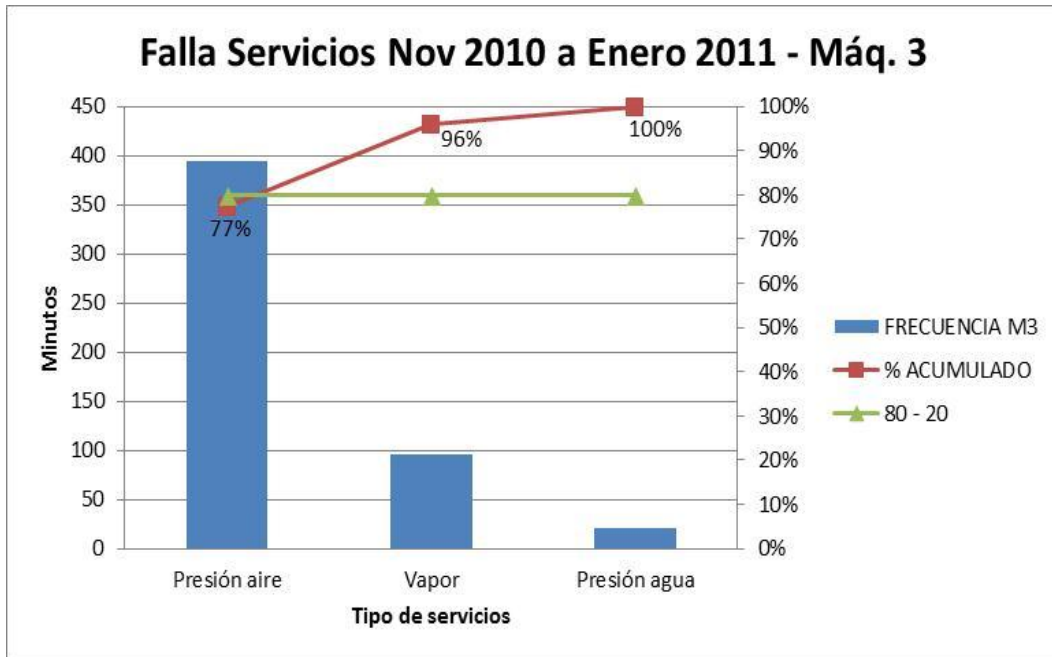


Figura 3.21 Falla de servicios generados en máquina 3.

En el Pareto de la figura 3.22 podemos observar el comportamiento de la máquina 4 con respecto al tipo de servicio que más le afecta, en este caso como en los anteriores sigue predominando la baja presión de aire con un 76%.

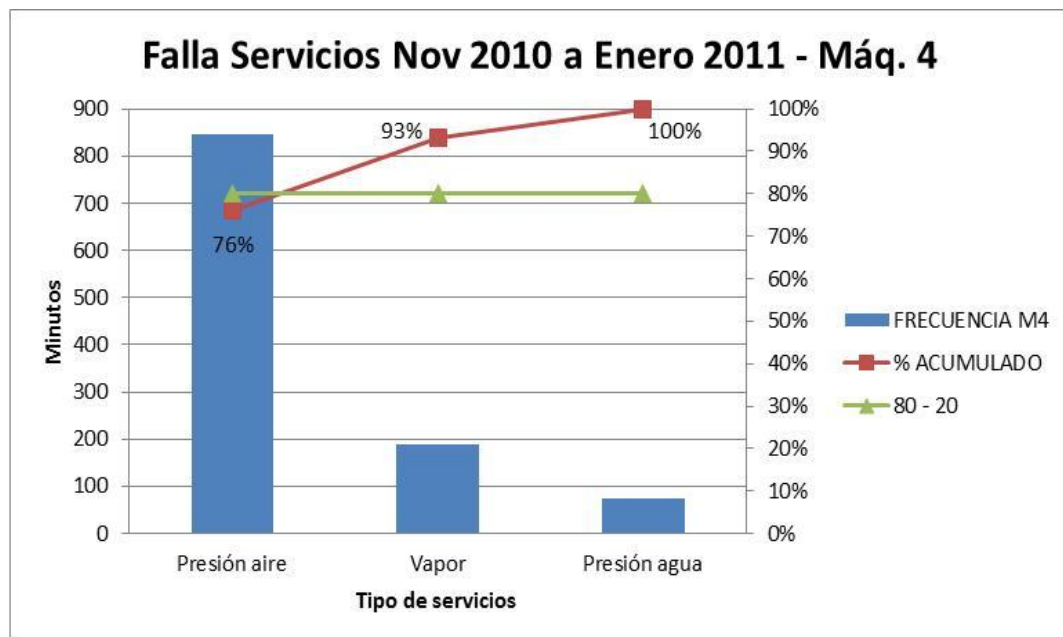


Figura 3.22 Falla de servicios generados en máquina 4.

Por último tenemos la figura 3.23 correspondiente a la máquina 5, que al igual que las máquinas anteriores la baja presión es lo que más afecta en cuanto al área de servicios, concluyendo con esto que este factor es el principal generador de paros en todas las máquinas.

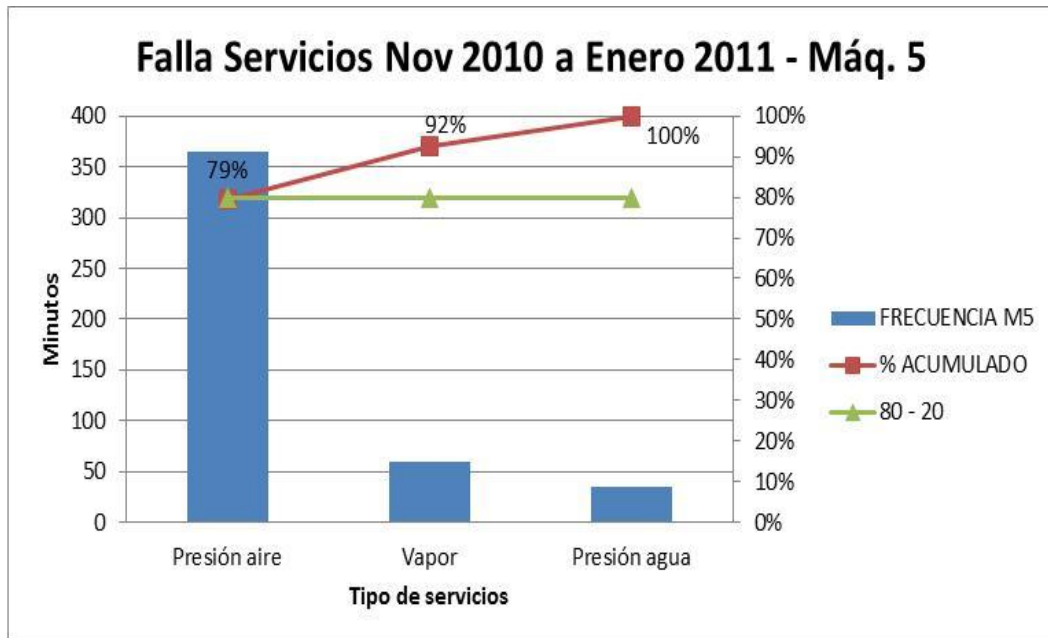


Figura 3.23 Falla de servicios generados en máquina 5.

Con este análisis concluimos que el principal problema que genera una falla en área de servicios en todas las máquinas es la presión de aire.

Diagrama Causa – Efecto

De acuerdo a la información arrojada por los Paretos anteriores en donde claramente podemos observar que la principal falla en el área de servicios se debe a una variación en la presión del aire, es necesario llevar a cabo un diagrama causa – efecto para detectar la causa raíz del problema.

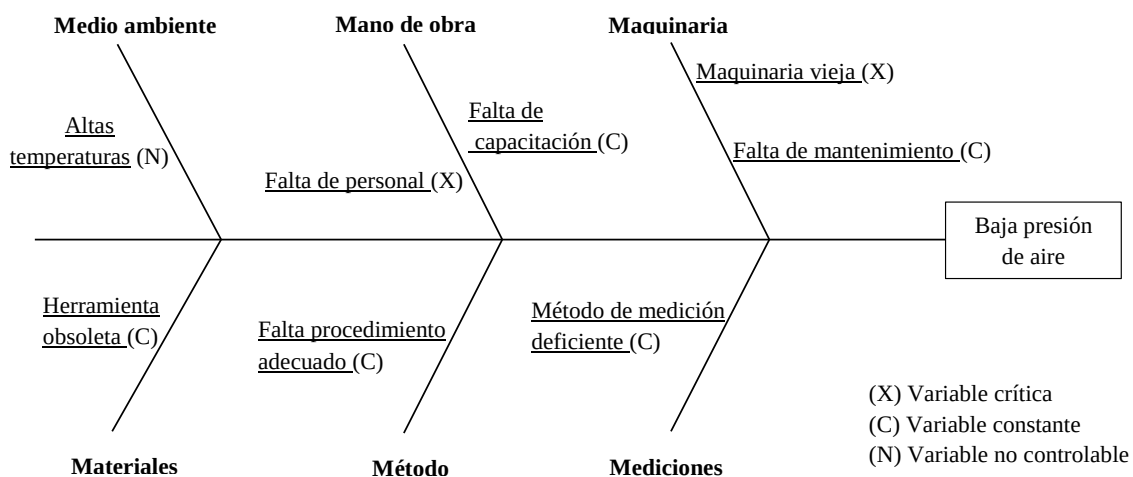


Figura 3.24 Diagrama Causa - Efecto de baja presión de aire.

Mediante este análisis (figura 3.24) se determinó que la principal causa de la baja presión de aire, es debido al tiempo de vida útil de los compresores que ha disminuido, y ya que son inversiones fuertes para conseguir nuevos compresores, se optó por una segunda opción la cual consiste en instalar un andon, ya que no existe una persona exclusiva encargada del área, por lo que por medio de este sistema, se podrá controlar el suministro del aire para las máquinas y al momento de ser activada la alarma, cualquier personal de mantenimiento cercana al área podrá estabilizar el servicio antes de que el problema llegue a las máquinas.

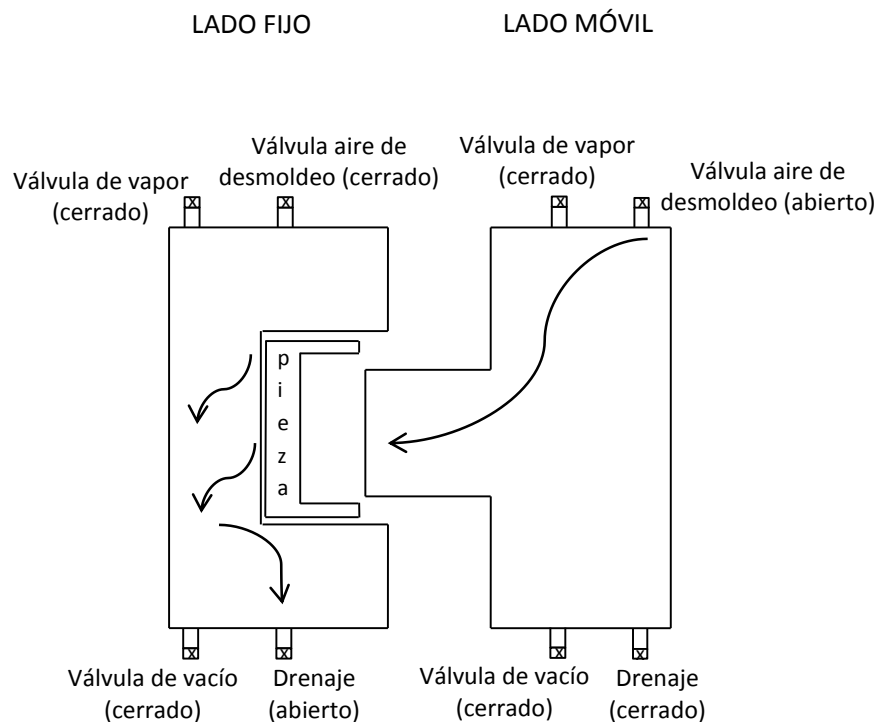
3.3.4 Determinación de causa raíz para piezas atoradas

Continuando con el análisis de los Paretos obtenidos en las máquinas, tenemos que el siguiente paro a analizar es piezas atoradas, para lo cual primeramente se llevará a cabo una descripción del desmoldeo en los equipos.

Descripción del funcionamiento del desmoldeo de piezas

El desmoldeo inicia en el momento en que las piezas han sido moldeadas, la máquina puede hacerlo de dos formas: con AZA o sin AZA. El desmoldeo normal (sin AZA) inicia al momento en que se abre la válvula de desmoldeo del lado fijo o móvil (el inicio del desmoldeo dependerá de las condiciones iniciales que se le haya asignado a la máquina) y la válvula de drenaje del lado opuesto del molde. Al entrar el aire (válvula de desmoldeo) busca

una salida, la cual la encuentra en el lado opuesto del molde (válvula de drenaje) lo cual genera una presión sobre la pieza moviéndola hacia el otro lado del molde para poder salir por la válvula abierta (ver figura 3.25a). Después de esto inicia el desmoldeo del lado opuesto, ahora se cierra la válvula de desmoldeo y se abre la opuesta, así como también se cierra la válvula de drenaje y se abre la del otro lado del molde. Y al igual que en el lado anterior, al entrar el aire, este busca la salida más próxima que es la válvula de drenaje del lado opuesto, generando presión en la pieza moldeada para desatorarla (ver figura 3.25b). Inmediatamente después de haberse despegado la pieza del molde, entran los botadores del lado fijo que empujados mediante una platina empujan a la pieza para sacarla por completo del molde (ver figura 3.25c).



(a)

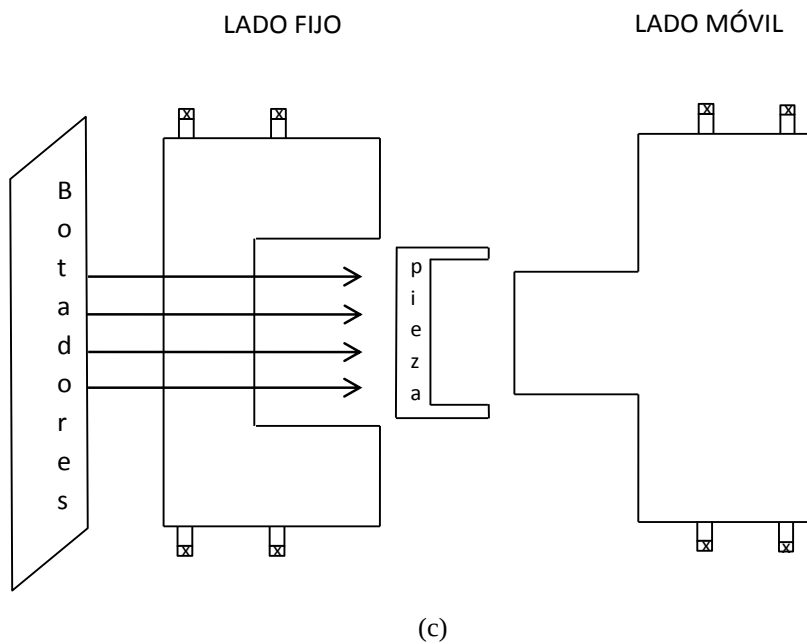
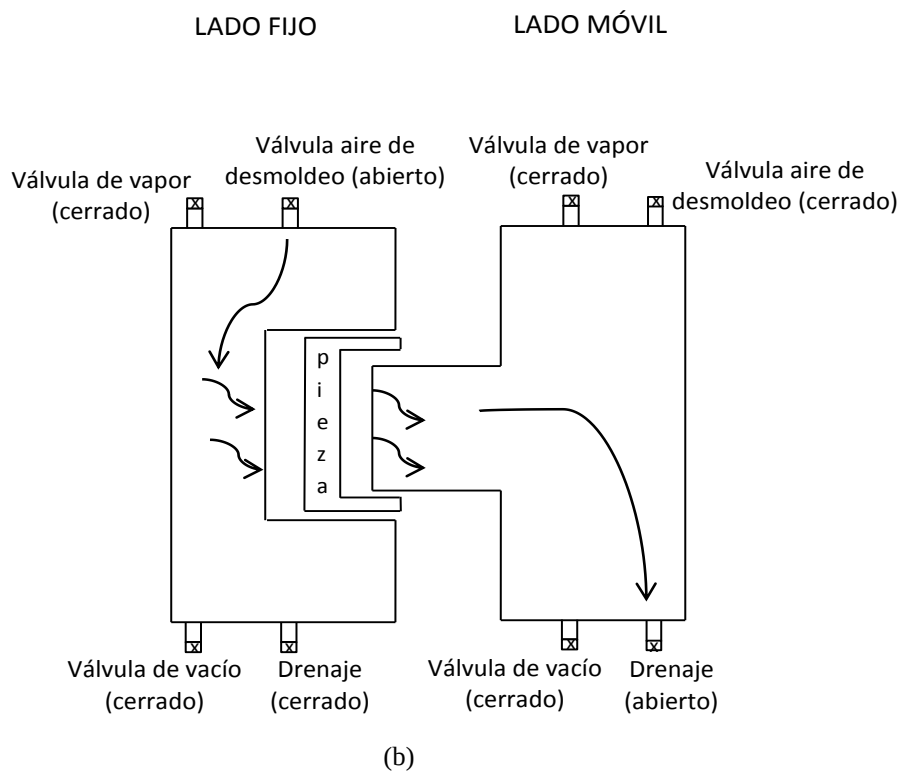


Figura 3.25 Desmoldeo de piezas: (a) desmoldeo lado móvil, (b) desmoldeo lado fijo (b) y (c) desmoldeo con botadores.

El movimiento con AZA consiste en hacer un movimiento rápido de abrir y cerrar el molde inyectando aire antes de entrar el aire de desmoldeo para despegar las piezas (doble desmoldeo).

Gráfica de Pareto

Ya una vez teniendo conocimiento sobre el funcionamiento del desmoldeo en el equipo, se presentarán los Paretos relacionados con la falla de piezas atoradas. Para esto de acuerdo a los Paretos generales presentados por máquina, el análisis solo se llevará a cabo para las máquinas 2,3, 4 y 5, ya que la para máquina 1 este factor no está dentro de los principales.

De acuerdo a la figura 3.26 podemos observar que el molde con más problemas durante el mes de noviembre 2010 y enero 2011 en piezas atoradas en el desmoldeo es CM5188.

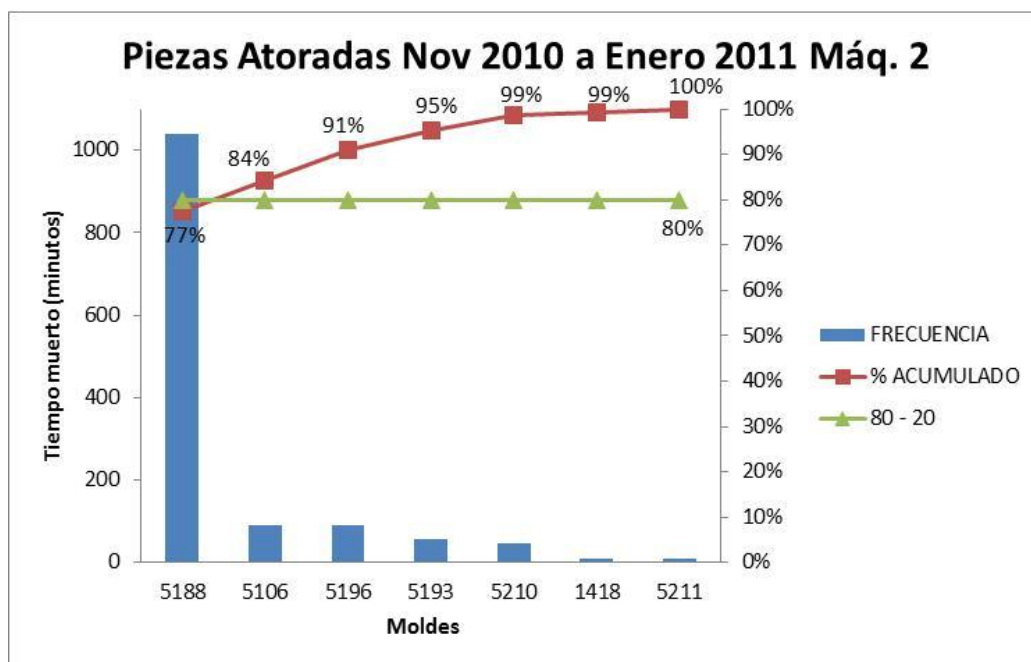


Figura 3.26 Pareto de piezas atoradas por molde máquina 2.

Para la máquina 3, podemos observar en la figura 3.27 que el molde CM5221 es el más afecta en el desmoldeo de las piezas de acuerdo al muestreo tomado.

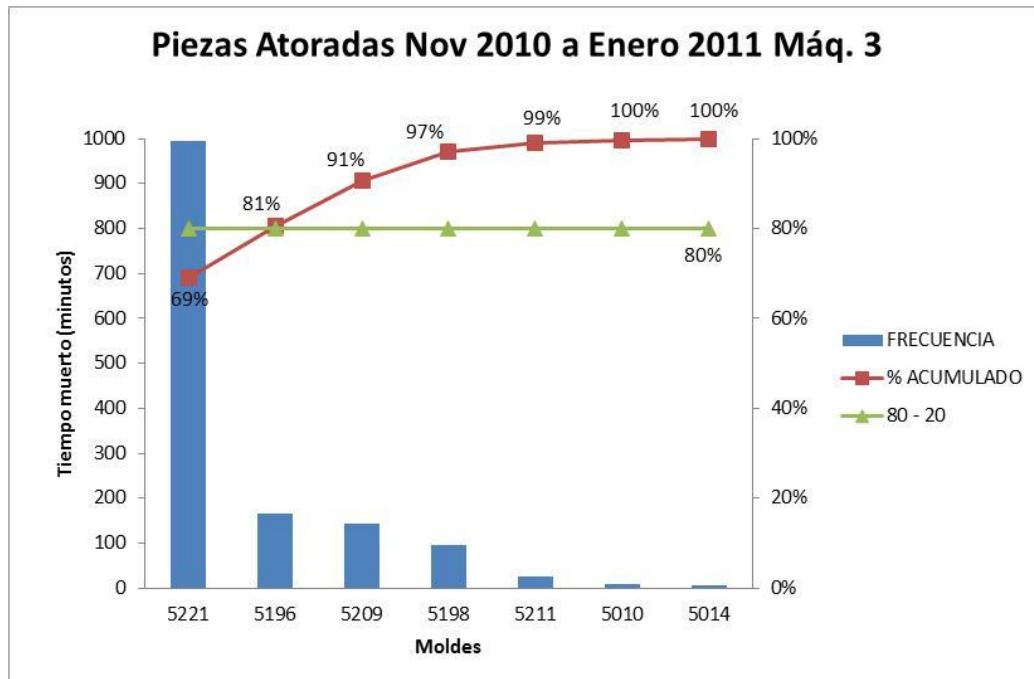


Figura 3.27 Pareto de piezas atoradas por molde máquina 3.

El Pareto de la figura 3.28 nos muestra que en la máquina 4 se presenta el mayor problema de piezas atoradas arrojándonos como prioridad los moldes CM5224, CM5186, CM5220 Y CM0620.

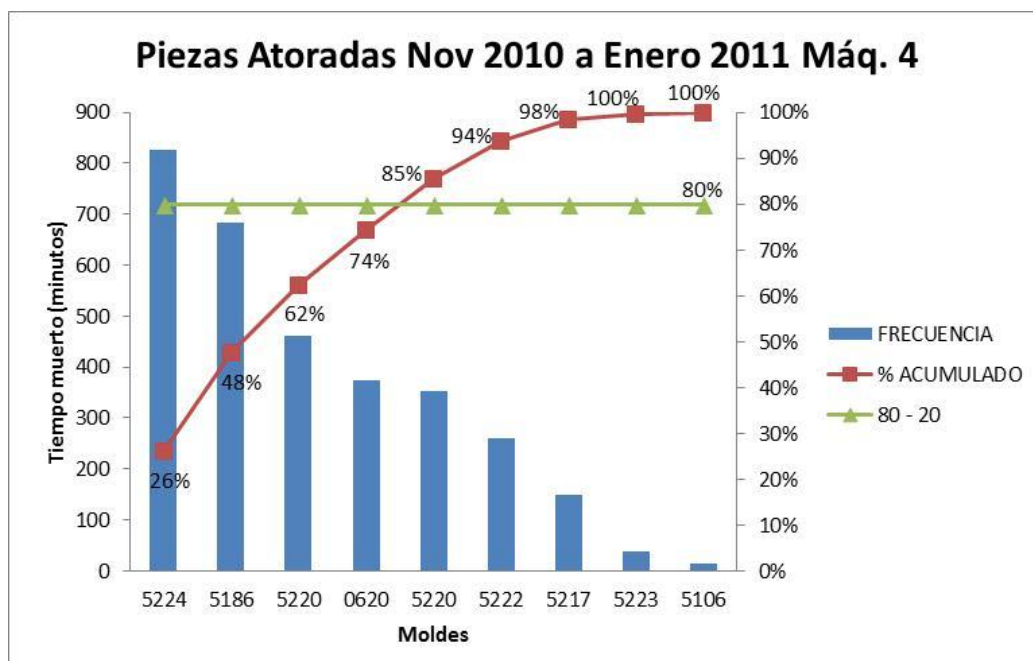


Figura 3.28 Pareto de piezas atoradas por molde máquina 4.

Mientras que para la máquina 5 de acuerdo al Pareto de la figura 3.29 tenemos los moldes más críticos el CM5220 y el CM0620.

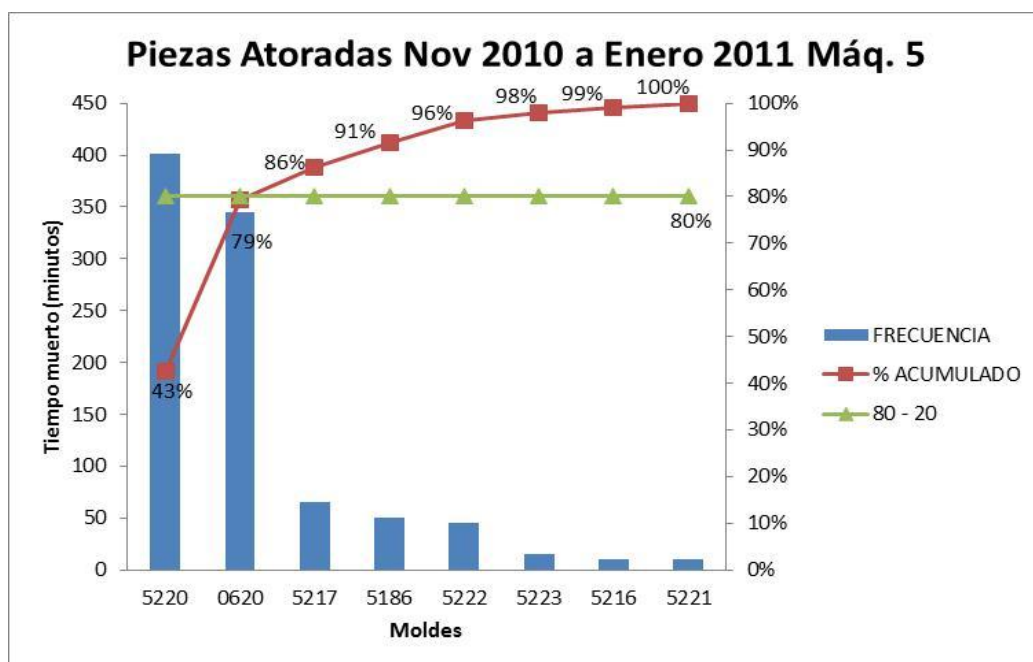


Figura 3.29 Pareto de piezas atoradas por molde máquina 5.

Con esta información podemos concluir que los moldes que debemos considerar para el análisis de piezas atoradas de acuerdo al muestreo tomado de los meses noviembre 2010 a enero 2011 son: CM5188, CM5221, CM5224, CM5186, CM5220 y CM0620.

Diagrama Causa – Efecto

Basándonos en la información arrojada en los Paretos anteriores, a continuación podemos ver en la figura 3.30 un diagrama causa – efecto considerando los moldes resultantes del análisis.

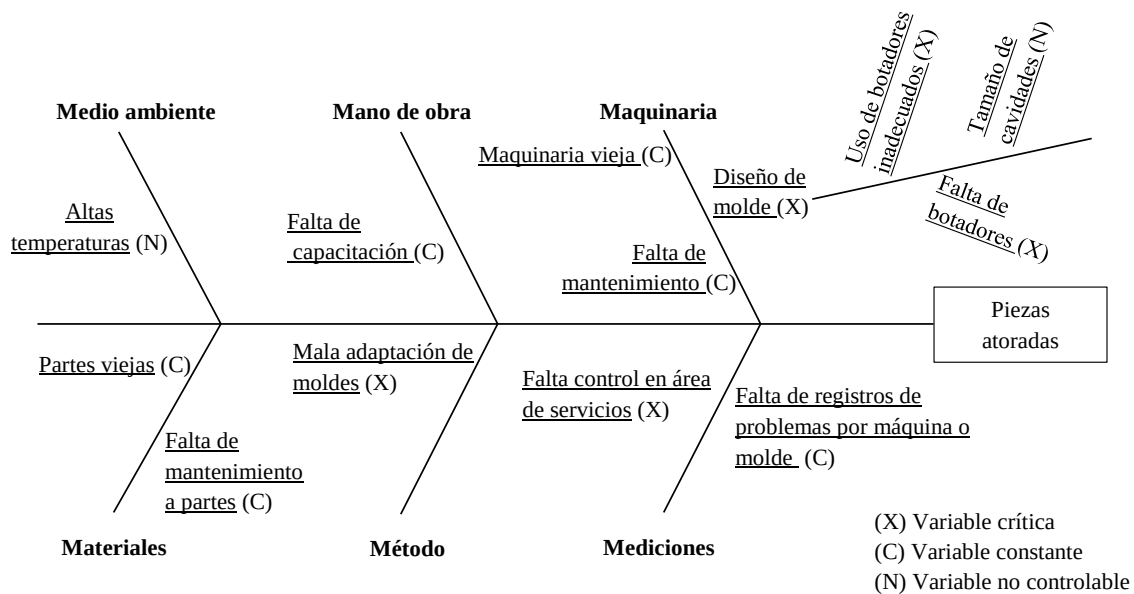


Figura 3.30 Diagrama Causa- Efecto de piezas atoradas.

De acuerdo a la figura 3.30 podemos observar que las variables críticas a evaluar son: diseño de molde (uso de botadores inadecuados y falta de los mismos), mala adaptación de moldes en máquinas, y falta de control en área de servicios.

3.3.5 Determinación causa raíz para problemas de llenado

Para terminar con el análisis de los paros generados en las máquinas, a continuación estudiaremos los paros generados por la falla de llenado.

Descripción del funcionamiento de inyección de molde

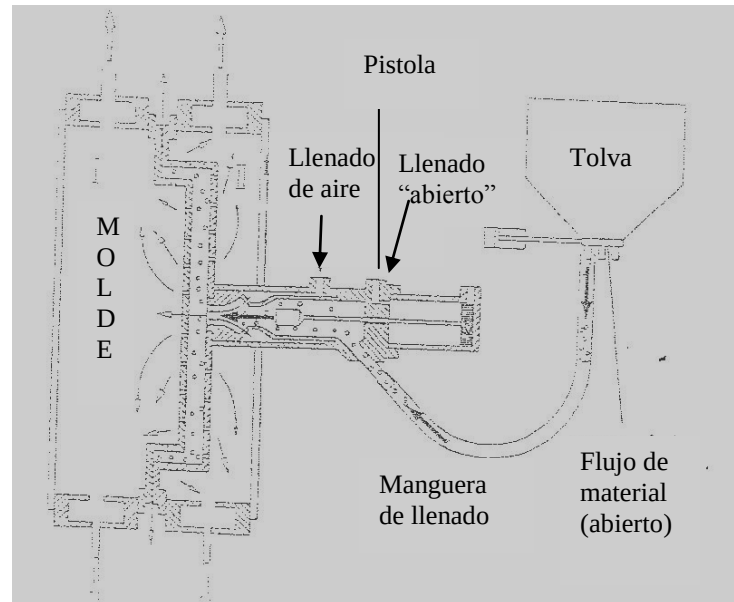
Antes de hacer el análisis, se dará una explicación sobre las diferentes formas en que las máquinas pueden llevar a cabo el proceso de llenado en los moldes.

Existen varios tipos de llenados los cuales son:

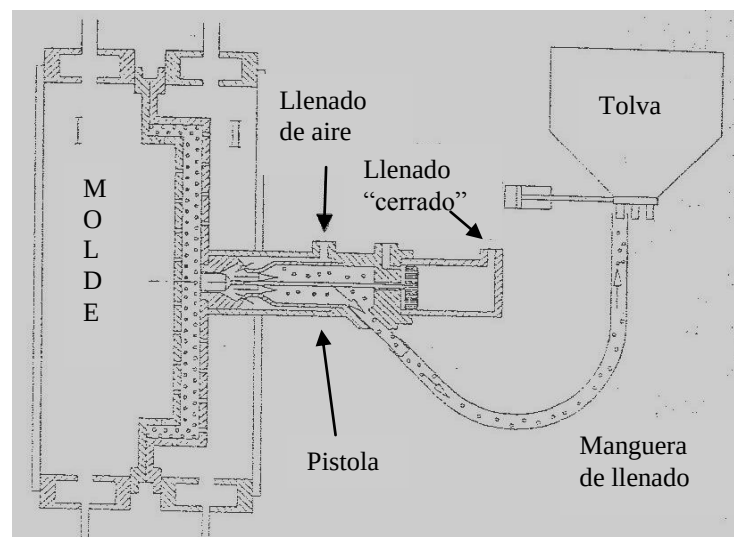
- Llenado a presión. Consiste en aplicar altas presiones de vapor en el flujo de la perla hacia el molde, lo cual permite reducir los tiempos de llenado en moldes grandes.
- Llenado por vacío. Se puede utilizar el vacío como un medio auxiliar en el llenado del molde extrayendo el aire a través de las tomas de vapor. Entonces la cavidad del molde es completada y uniformemente llenada.
- Llenado con rejillas (cracking). Es una forma muy ventajosa de llenar el molde y se puede hacer por llenado convencional o por presión. En este caso el molde no se encuentra completamente cerrado y el aire se puede escapar a través de las dos mitades del molde. Cuando el molde está completamente lleno las perlas se compactan especialmente en las esquinas y en las áreas delgadas y por consiguiente se obtiene un mejor llenado.
- Llenado convencional. Las perlas preexpandidas entran en el molde una vez cerrado, a través de inyector de aire (conocidas como pistolas). El aire sale del molde por las rejillas especiales. En moldes sencillos es suficiente con un inyector central, pero en moldes más complejos o grandes se requieren de varios inyectores.

Las pistolas funcionan mediante la inyección de aire comprimido que fluye a alta velocidad en las boquillas de los inyectores, genera una baja presión absorbiendo el material (foam) de las tolvas. Dentro del área de la boquilla, las bolitas de foam entran

en la corriente del aire comprimido para ser sopladas en el molde (ver figura 3.31). (Polioles, 2007).



(a)



(b)

Figura 3.31 Funcionamiento de una pistola. (a) Al abrirse la válvula de llenado "abierto" el material baja de la tolva hasta llegar a la pistola por medio de una manguera. Al entrar el llenado de aire el material es inducido en el molde. (b) Después de llenar el molde un aire de retroceso es activado al abrir la válvula de llenado "cerrado" y el material que queda en la pistola y en la manguera es devuelta al tanque.

Gráfica de Pareto

Ya una vez conociendo el funcionamiento de llenado de las máquinas, se procederá a llevar a cabo el análisis. De acuerdo al muestreo tomado, este problema puede presentarse principalmente por el funcionamiento de las pistolas de inyección, la tolva que alimenta el molde y las mangueras por donde circula el material.

La figura 3.32 muestra el comportamiento del Pareto generado con el muestreo para la máquina 1, encontrando como principal causa de este problema el uso de las pistolas.

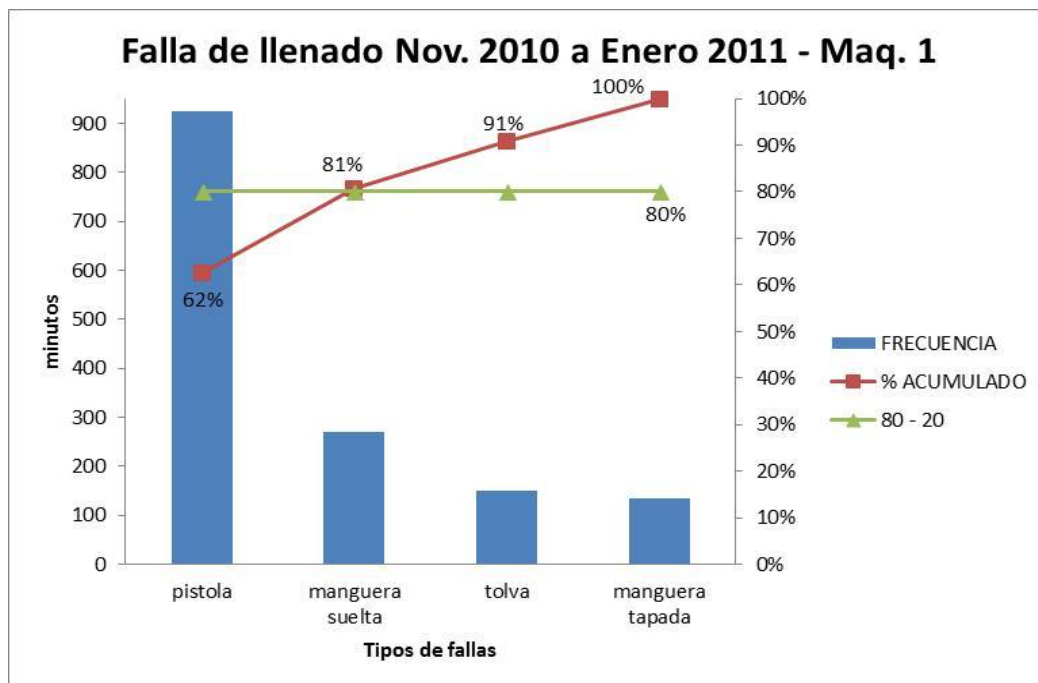


Figura 3.32 Pareto falla de llenado máquina 1.

Como podemos observar en la figura 3.33, el Pareto de la máquina 2 nos indica al igual que en la máquina 1, que el principal problema se encuentra en el uso de las pistolas de inyección.

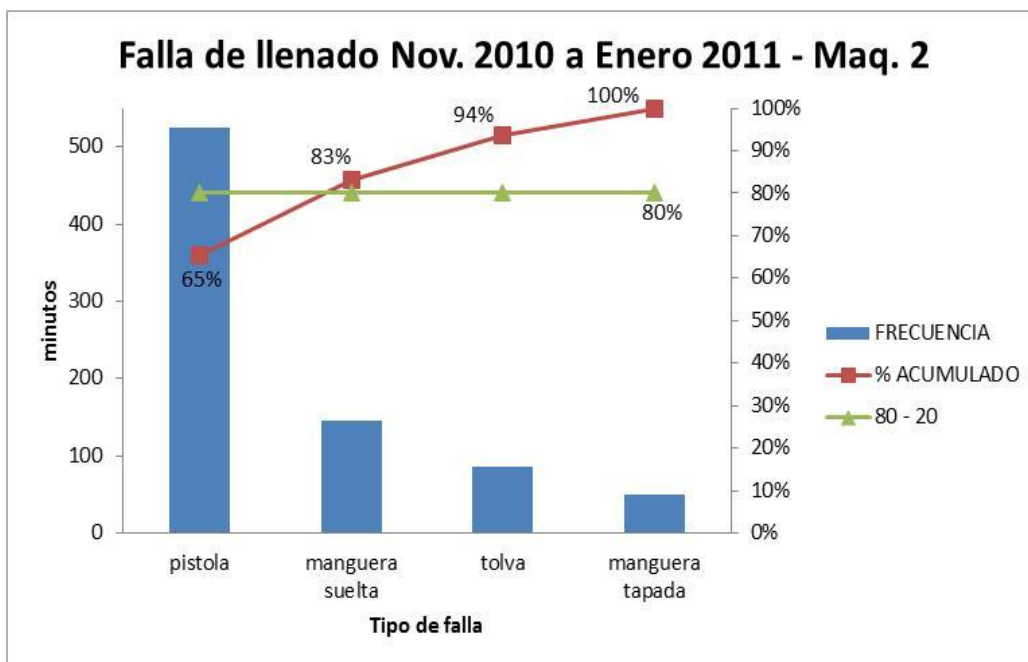


Figura 3.33 Pareto falla de llenado máquina 2.

En el siguiente Pareto de (figura 3.34) observamos al igual que en las máquinas anteriores, que el principal problema en la máquina 3 sigue siendo en el uso de las pistolas.

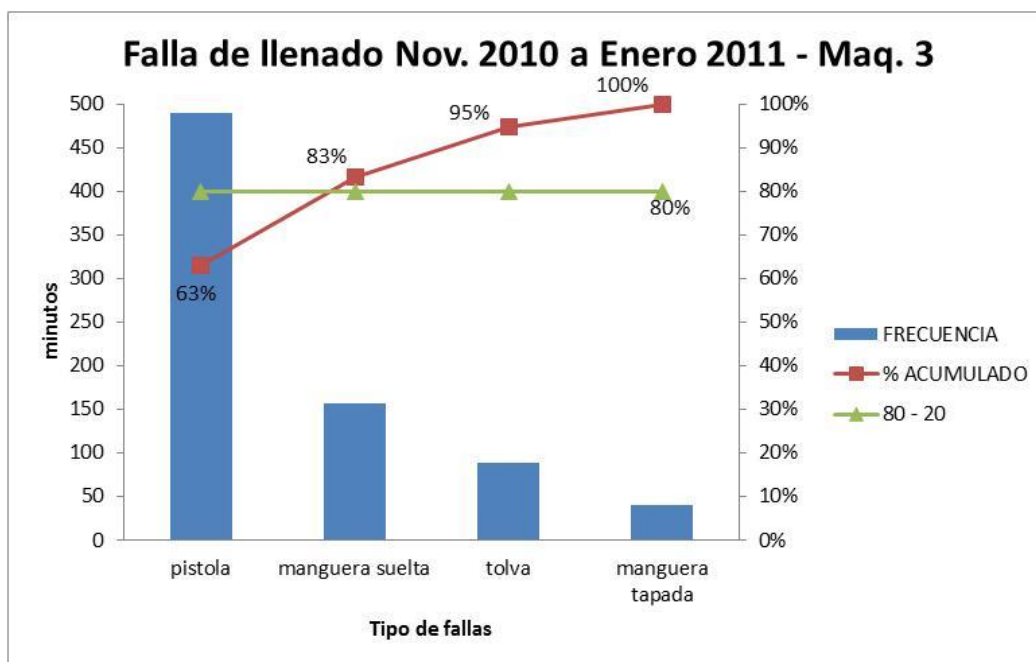


Figura 3.34 Pareto falla de llenado máquina 3.

Para la máquina 4, la figura 3.35 muestra el mismo comportamiento que en las máquinas anteriores.

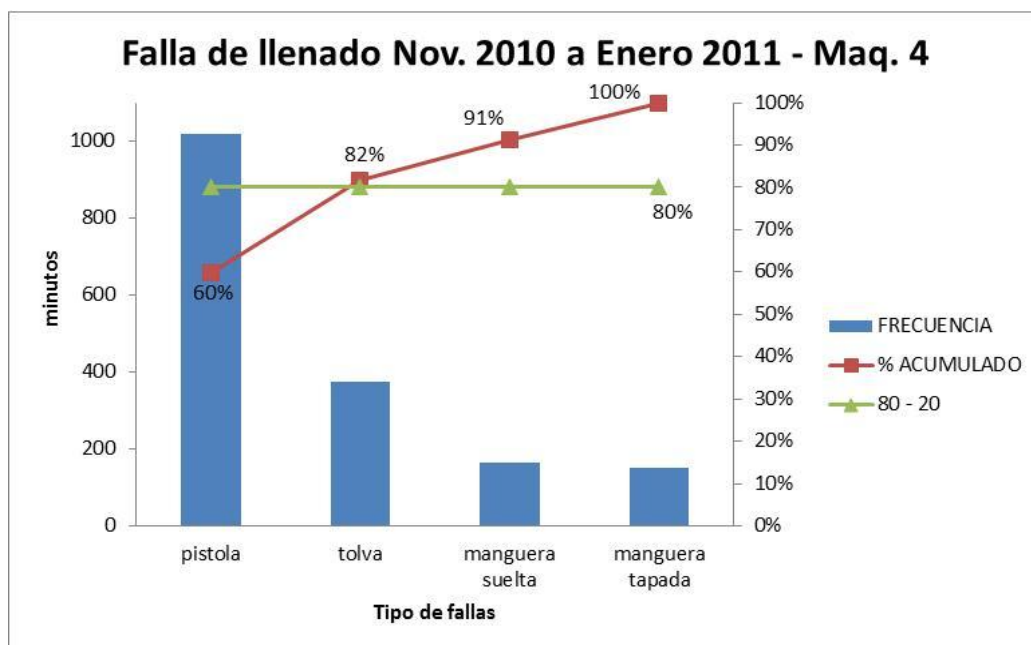


Figura 3.35 Pareto falla de llenado máquina 4.

En el último Pareto para la máquina 5 (figura 3.36) se muestra la misma tendencia que los anteriores, teniendo como principal causa del problema de llenado el uso de las pistolas.

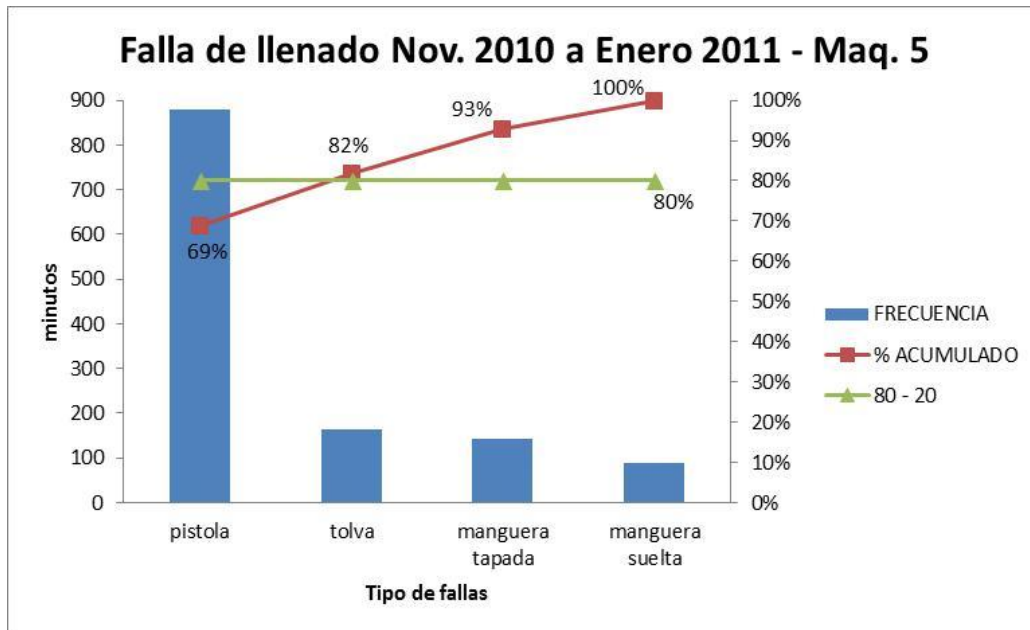


Figura 3.36 Falla de llenado máquina 5.

Con esto concluimos en base a la información arrojada por los Paretos de las 5 máquinas que la principal causa del mal llenado en piezas radica principalmente en las pistolas de inyección, por lo que a continuación se procederá a llevar un diagrama causa – efecto para determinar la causa raíz de este problema, para posteriormente presentar alguna mejora.

Diagrama Causa – Efecto

Dado a que los Pareto nos arrojan que el problema principal se encuentra en que las pistolas no llenan por completo la cavidad del molde, a continuación se presenta un diagrama Causa – Efecto (figura3.37) por medio del cual determinaremos la causa raíz del problema.

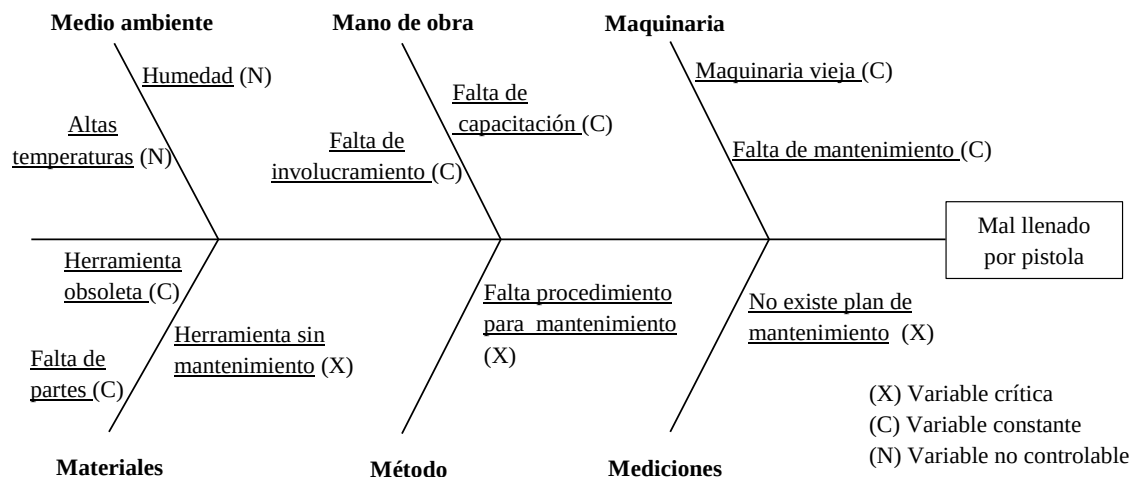


Figura 3.37 Diagrama Causa – Efecto de mal llenado por pistola.

De acuerdo a las variables críticas del diagrama (figura 3.37), podemos determinar que al no tener un plan de mantenimiento para las pistolas y el no contar con un procedimiento establecido para dicho mantenimiento, no se puede tener un control sobre su correcto funcionamiento, por lo que se llevará a cabo una instrucción de trabajo sobre cómo realizar de manera correcta la limpieza de las pistolas y se establecerá un calendario para programar su mantenimiento, el cual nos permitirá mantener un control, sobre las partes.

3.3.6 Análisis de tiempos de ciclos

Ya que se han analizado los tipos de paros generados en las máquinas para mejorar la productividad de la empresa, a continuación se llevará a cabo un análisis sobre los tiempos de ciclo de los moldes que mayor ganancia generan en la empresa lo cual permitirá obtener mejores resultados.

Descripción del proceso de moldeo en máquinas

Debemos recordar que el tiempo de ciclo es el tiempo que transcurre desde que la máquina cierra, hace el proceso de moldeo, abre tira la pieza y vuelve a cerrar. Por lo que a continuación se presenta una breve descripción del proceso de moldeo.

1. *Precalentado de molde.* Cuando el vapor entra en el molde frío se condensa agua en las partes superficies internas, si estos condensados quedan atrapados dentro se evita que las perlas se fusionen adecuadamente y le da una apariencia pobre a las paredes. Por lo tanto es importante precalentar el molde al principio de una serie de corridas, de forma de que todas las paredes internas estén calientes, antes de que las perlas preexpandidas se vacíen en el molde.

Los condensadores presentes en las corrientes de vapor y en las cámaras deben purgarse en las líneas de drenaje, en el fondo de estas cámaras. La construcción del molde debe permitir remover estos condensados de manera sencilla. (Polioles, 2007).

2. *Llenado.*- Existen varios tipos de llenados los cuales son:

- Llenado a presión. Consiste en aplicar altas presiones de vapor en el flujo de la perla hacia el molde, lo cual permite reducir los tiempos de llenado en moldes grandes.
- Llenado por vacío. Se puede utilizar el vacío como un medio auxiliar en el llenado del molde extrayendo el aire a través de las tomas de vapor. Entonces la cavidad del molde es completada y uniformemente llenada.
- Llenado con rejillas (cracking). Es una forma muy ventajosa de llenar el molde y se puede hacer por llenado convencional o por presión. En este caso el molde no se encuentra completamente cerrado y el aire se puede escapar a través de las dos mitades del molde. Cuando el molde está completamente lleno las perlas se compactan especialmente en las esquinas y en las áreas delgadas y por consiguiente se obtiene un mejor llenado.
- Llenado convencional. Las perlas preexpandidas entran en el molde una vez cerrado, a través de inyectores de aire. El aire sale del molde por las rejillas especiales. En moldes sencillos es suficiente con un inyector central, pero en moldes más complejos o grandes se requieren de varios inyectores. (Polioles, 2007).

3. *Vaporización.*- Para prevenir el sobrecalentamiento de las perlas es necesario utilizar vapor saturado para transferir calor a las perlas preexpandidas en el molde.

Para asegurar la mínima absorción de agua durante el moldeo, es esencial evitar que el vapor se condense en las paredes frías del molde. El proceso para este caso es dejar las válvulas de drenaje abiertas lo suficiente, desde el principio del vaporizado para las dos mitades del molde y lograr un calentamiento adecuado. Después, en el caso de moldes con paredes delgadas solo una válvula de condensados se cierra al principio, para que el vapor fluya de una mitad del molde a la otra parte para eliminar el aire presente y expandir las perlas y la segunda válvula se cierra en el momento. Después, se inyecta el vapor a una presión de 60,000 – 120,000 pascales (0.6 – 1.2 bar) para generar la expansión de forma adecuada. En el caso de moldes con paredes gruesas no es necesario el flujo de vapor de una mitad a la otra del molde, ya que este se inyecta en ambas direcciones e inmediatamente después de la inyección de vapor, las válvulas de los condensados son abiertas. La mayoría de los problemas relacionados con la inyección es debido a las malas condiciones de vaporización. (Polioles, 2007).

4. *Enfriamiento y disminución de presión.*- El molde debe permanecer cerrado hasta que la presión interna de la pieza moldeada se ha reducido en el punto en que la pieza no se deforme cuando se libere del molde. Con la presión de vapor en cero el tiempo para la caída de presión está determinado por el espesor de la pieza, el tamaño de la perla, el tiempo de reposo, la temperatura del agua, la presión de vacío usado, la densidad y el tipo de perla.

Para reducir la presión lo más rápido posible, el molde debe ser enfriado por un roció de agua. El agua sobrante se expulsa de las cámaras usando un barrido de aire. Así la mayor parte del vapor usado en la operación de la pieza, se utiliza en el calentado cíclico del molde. Existen diversas técnicas para minimizar esta pérdida, dos de estas técnicas son el moldeo asistido por vacío de 50,000 – 80,000 pascales (0.5 – 0.8 bar) a la cámara de vapor durante el enfriamiento. Esto acelera la caída de presión en la pieza eliminando el exceso de agua y permitiendo el desmoldeo a altas temperaturas. (Polioles, 2007).

5. *Desmoldeo*.- Un chorro de aire comprimido a través de la cámara de vapor y de las ranuras es suficiente para remover la pieza del molde. El aire se introduce en forma alternada en cada mitad del molde a la vez que es abierto. Las presiones de aire son de alrededor de 600,000 pascales (6 bar). Las piezas moldeadas complicadas y profundas requieren del uso de expulsores mecánicos. Este método de desmoldeo es muy recomendable. (Polioles, 2007).

Descripción de parámetros para manejo de set - up

Ya que conocemos el proceso y sabemos que los tiempos de ciclo dependerán de los tiempos de set up que se le programen a las máquinas, es necesario conocer cada uno de los parámetros, su funcionamiento y duración, para así poder presentar mejoras.

Los parámetros se manejan por menú de tiempos, menú de presiones, funciones opcionales y modos; los cuales serán descritos de acuerdo al formato que se utiliza en la empresa (ver anexo).

Menú de tiempos.- Como su nombre lo dice son los tiempos referentes a la duración mínima y máxima en que los factores que intervienen en el proceso pueden durar como lo es el tiempo de llenado, vaporización, enfriamiento, entre otros. Los cuales son medidos en segundos. Estos factores son:

- Reserva (Reserve 1-5seg).- Consiste en precalentar el molde del lado fijo.
- Reserva (Reserve 1-5seg).- Es el precalentado de molde en el lado móvil.
- Soplado de molde (Pre-blow 3-6seg).- Permite limpiar el molde y mangueras de material.
- Soplado de retroceso (Back blow 3-9seg).- Es utilizado para limpiar las mangueras y evitar que se tapen por el material y que este sea devuelto a la tolva.
- Llenado (Filling 5-35seg).- Inyección de material en molde.
- Vapor de retardo (Steam retarding 1.5-3seg).- Es el tiempo en que cierra el molde por completo cuando hay crack.
- Rising (3-6seg).-Elimina el exceso de agua en molde. Entre el steam retarding y el steam M1 y M2

- Vapor (Steam M1 1-25seg).- Vapor lado fijo. Steam M2 (1-25seg).- Vapor lado móvil. Es el vapor que permite la fusión interna de la pieza. El inicio del vapor dependerá de la función “Begin of steaming” (inicio de vaporización) del menú Funciones Opcionales.
- Autoclave (0.5-1seg).- Autoclave fijo y móvil. Da el acabado externo de la pieza.
- Refrigerado (Cooling M1 1-150seg).- Enfriamiento con agua fijo, Refrigerado (Cooling M2 10-150seg).- Enfriamiento con agua lado móvil. El inicio del agua dependerá de la función “Cooling” de menú Funciones Opcionales.
- Drenaje (Draining 1-5seg).- Elimina el exceso de agua en el molde.
- Aire de enfriamiento (Cooling air 1-5seg.).- Permite enfriar las piezas.
- Vacío o estabilización (Stabilizing 0-20seg).- Estabiliza el material en temperatura antes de abrir el molde para que no exista un choque térmico.
- Condensado de enfriamiento (Condensation cooling 5-10seg).- Condensado de agua. Condensation (1-2seg).- Condensado (no afectan el tiempo de ciclo).
- Aire de transferencia (Transfer air 1-5seg).- Permite despegar las piezas del molde. Este puede iniciar del lado fijo o móvil dependiendo de la opción Funciones Opcionales Part Ejection.
- Pausa (Cycle break 0-15seg).- Es un retardo en el que el molde permanece abierto al soltar la pieza para que esta caiga.
- Llenado de tanque (Fill material tank 50-180seg).- Es el tiempo en que las tolvas son llenadas de material. No afecta en el tiempo de ciclo.

Menú de presiones.- Estos tiempos es referente a todas las presiones que se manejan en las máquinas: presiones para la vaporización, llenado y desmoldeo, las cuales se miden en psi.

- Vapor cruzado lado fijo (Cross steam fixed side 0.5-2psi).- Permite funcionar la pieza en la parte interna comenzando por el lado fijo del molde.
- Vapor cruzado lado móvil (Cross steam moving side (0.5-2psi).- Funciona la pieza en la parte interna comenzando por el lado móvil del molde.
- Auto clave lado fijo (Fixed side 0.5-2psi).- Da el acabado externo de la pieza del lado fijo.

- Auto clave lado móvil (Moving side 0.5-2psi).- Da el acabado externo de la pieza del lado móvil.
- Aire de transferencia (Transfer air 0.5-1.5psi).- Desmoldeo lado fijo a móvil.
- Aire de desmoldeo (Ejection air 0.5-1.5psi).- Desmoldeo lado móvil a fijo.
- Control de aire (Control air 2.5 bar 0.5-1psi).- Presión para el llenado de pistolas.
- Presión de llenado de tanque. (Pressure filling tank 0.5-psi).- Es la presión que se asinga al llenado del tanque.

Funciones opcionales.- En estas funciones se establece la manera en que la máquina va a trabajar, la forma en que va a llevar a cabo cada ciclo que opere. Son las condiciones iniciales de proceso.

- Transportación del material (Material transportation).- Es la forma en que se alimenta la máquina de materia prima, con: Tanque I, Tanque II, Tanque I y II, ninguno.
- Precalentado (Pre-stream).- Con / sin precalentamiento.
- Llenado (Filling).- Llenado con presión o sin presión.
- Aire de retroceso (Back blow).- Cerrado o abierto.
- Vaporización (Steaming).- Con / sin vacío.
- Inicio de vaporización (Begin of steaming).- Inicio de vaporización en lado fijo o móvil.
- Vapor autoclave (Steam autoclave).- Por tiempo o presión.
- Enfriamiento (Cooling).- Forma de enfriamiento.
- Estabilización (Stabilizing).- Desmondeo con / sin Azar.
- Desmoldeo lento (Ejection in slow motion).- si / no.
- Inicio de desmoldeo (Part ejection).- Condiciona el lado de tranferencia, empieza por lado fijo o móvil.
- Transportación de material (Material transportation).- Por tiempo o por proceso. Por tiempo, los tanques van a llenarse de acuerdo al tiempo de fill material tank (menú de tiempos). Por proceso, se está llenando los tanques mientras está corriendo la máquina.

Modos.- Este menú es referente a las distancias (entre el lado móvil y el lado fijo) en que algunos parámetros ya antes establecidos entrarán en el proceso. También se determinan las distancias en que el molde abrirá y cerrará.

- Cerrado rápido de molde (Close fast motion 150-200mm).- A partir de estas distancias, comienza a cerrar lento el molde hasta llegar al “filling crack”. De acuerdo a la figura 3.38 para este caso al llegar a 200 mm el molde comienza a cerrar lento hasta llegar al “filling crack” (15mm).

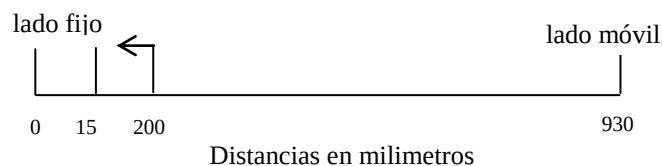


Figura 3.38 Cerrado rápido de molde.

- Abierto de molde con AZA (Open at AZA 3-40mm).- Aza abierto. Si está activado “stabilizing” en Funciones Opcionales, el molde se abre a 35mm (open aza) y cierra a 15mm (close aza) esto para ayudar a despegar las piezas del molde, después entra el transfer y después el desmoldeo (ver figura 3.39). Se utiliza cuando el material está fresco.

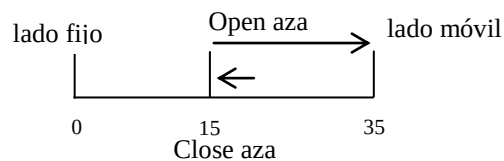


Figura 3.39 Desmoldeo con AZA (abierto).

- Cerrado de molde con AZA (Close at AZA 5-20mm).- Si está activado stabilizing en Funciones Opcionales, el molde se abre a 35mm (open aza) y cierra a 15mm (close aza) esto para ayudar a despegar las piezas del molde, después entra el transfer y después el desmoldeo (ver figura 3.40). Se utiliza cuando el material está fresco.

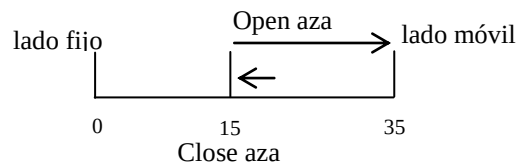


Figura 3.40 Desmoldeo con AZA (cerrado).

- Crack de llenado (Filling crack 0-20mm).- Es la abertura que se deja entre los lados del molde (fijo y móvil) para empezar con el llenado (ver figura 3.41). Ejemplo 15mm.

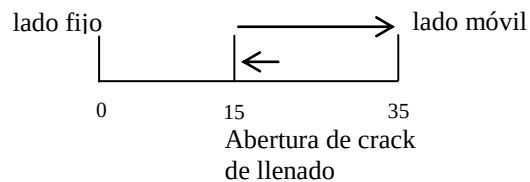


Figura 3.41 Crack de llenado.

- Inicio de abierto lento (Open slow motion 50-100mm).- Después del closet at AZA al llegar el molde a 15mm, el molde comienza a abrir hasta 40mm (open slow motion) y a partir de ahí el molde abre rápido (ver figura 3.42).

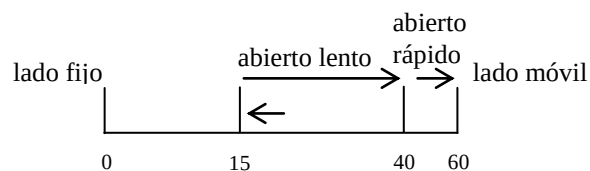


Figura 3.42 Inicio de abierto lento.

- Apagado de aire de transferencia (Transfer air off 1-60mm).- Es la distancia en que el transfer se corta a partir de que el molde se abre a cierta medida, ejemplo 38 mm, al abrir el molde a esa medida el aire de transferencia se corta (ver figura 3.43).

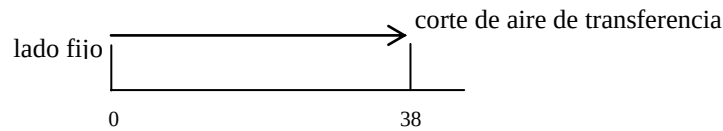


Figura 3.43 Apagado de aire de transferencia.

- Inicio de desmoldeo (Ejection on 100-600mm).- La distancia tiene que ser menor que la distancia del botador a la platina. A partir de 600mm entra el aire para desmoldear la pieza (ver figura 3.44).

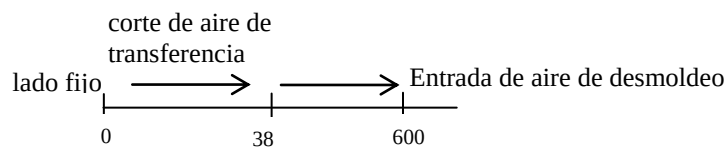


Figura 3.44 Inicio de desmoldeo.

- Apagado de aire de desmoldeo (Eject air off 200-1000 mm).- Es la distancia en que el desmoldeo se corta a partir de que el molde se abre a cierta medida, ejemplo 910mm, al abrir el molde a esa medida el desmoldeo se corta (ver figura 3.45).

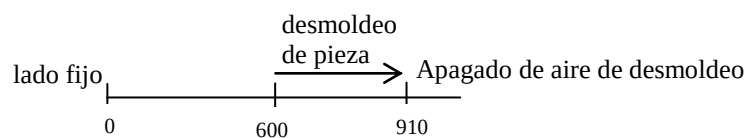


Figura 3.45 Apagado de aire de desmoldeo.

- Distancia de abierto de máquina (Opening stroke stop 600-1100mm).- Es la distancia en que el molde abre por completo. Por ejemplo a 930mm, en donde a partir de 910mm al cortar el aire del desmoldeo, el molde se abre por completo (ver figura 3.46).

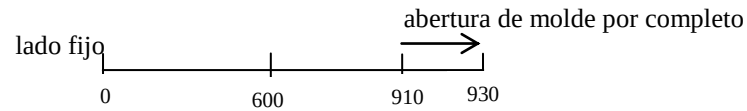


Figura 3.46 Distancia de abierto de máquina.

- Open drain (5-70mm).- Drenaje abierto. Indica cual lado del drenaje se abrirá primero, siempre se debe seleccionar el drenaje del lado que no se va a desmoldear primero para que fluya el aire.

Gráfica de tiempo de ciclos

Ya que conocemos el proceso y los parámetros, en la figura 3.47 se mostrará el comportamiento actual de los tiempos de ciclos de los moldes más importantes para la empresa, comparándolo con el estándar óptimo, y así estudiar las causas y proponer mejoras.

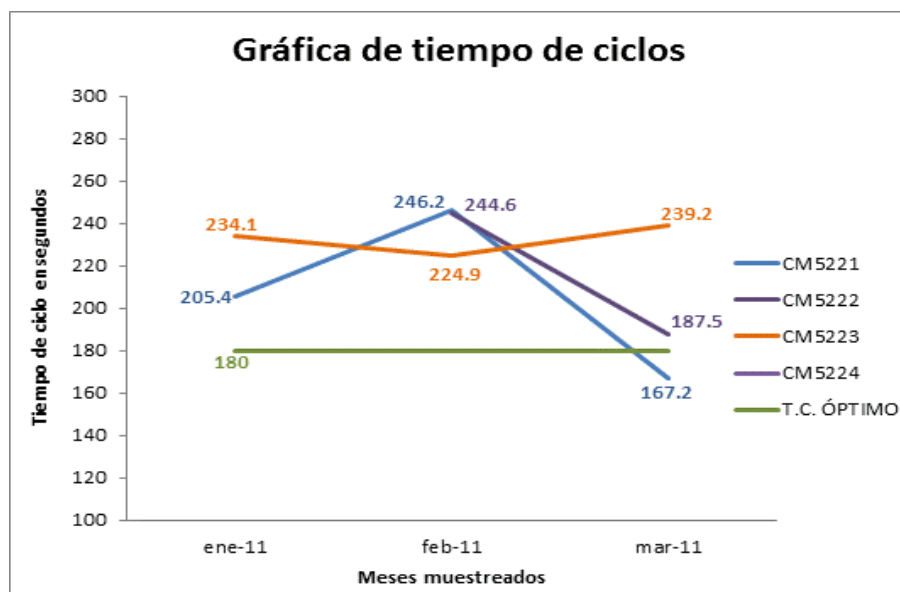


Figura 3.47 Comportamiento de tiempos de ciclos de moldes CM5221, CM5222, CM5223 y CM5224.

De acuerdo a la figura 3.47 podemos observar que los tiempos de ciclos de los moldes muestreados durante los meses de enero, febrero y marzo 2011 se encuentran por arriba del estándar, el cual debe de ser de 180 segundos a excepción del CM5221 que en último mes anduvo por debajo de lo óptimo.

Diagrama Causa – Efecto

Para determinar el o los orígenes de los altos tiempos de ciclos, mediante una lluvia de ideas generadas por el equipo de trabajo, se desarrolló un diagrama causa – efecto el cual podemos observar en la figura 3.48.

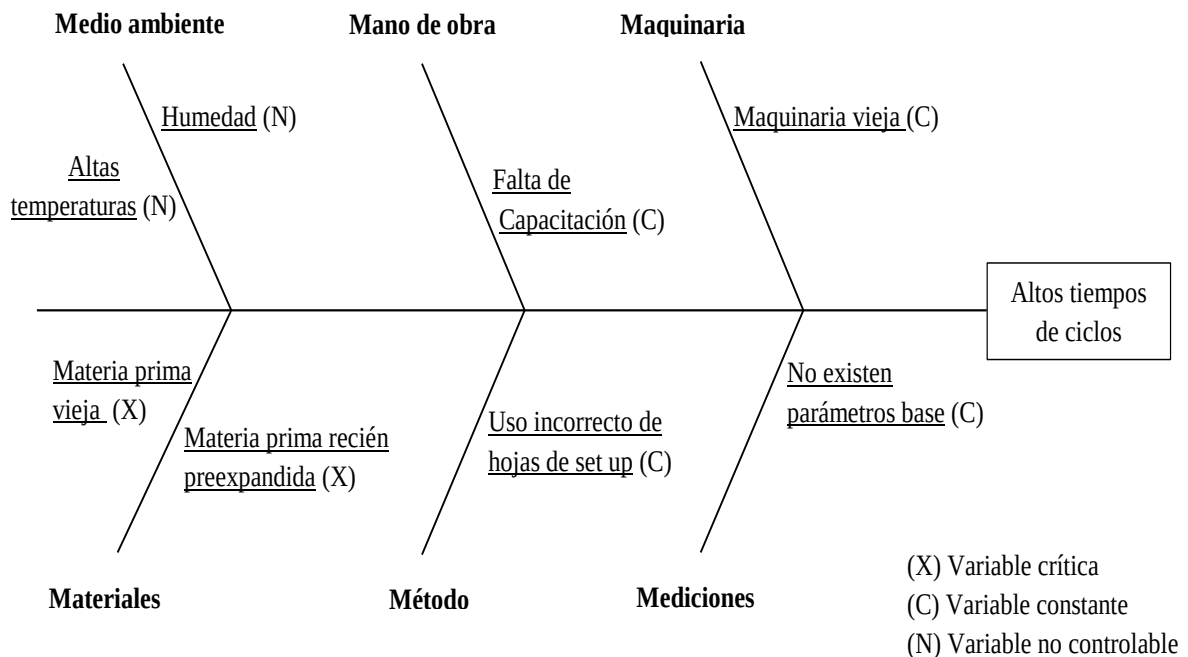


Figura 3.48 Diagrama Causa – Efecto para tiempo de ciclos altos.

De acuerdo al diagrama anterior (figura 3.48) se llega a la conclusión que el factor que mayor influencia tienen en el aumento de los tiempos de ciclos es el estado de la materia prima (material viejo o recién preexpandida).

3.4 Mejoras y control del desempeño

En esta etapa llevaremos a cabo la implementación de algunas actividades para mejorar la productividad de la empresa de acuerdo a los resultados obtenidos en la etapa de análisis, los cuales son:

- Mal llenado de formato. Hablando con el personal se llegó a la conclusión que el problema radica en el lenguaje técnico que se utiliza en el formato y la falta de capacitación. Por lo que el formato de producción ha sido cambiado (ver anexo B págs. 214 para formato viejo y 215 para formato nuevo) por un lenguaje más común y se ha capacitado a los empleados.
- Cambio de molde, Falla en servicios, Piezas atoradas y falla de llenado serán vistos a mayor profundidad.
- Falta de personal y material. Se presentó la información obtenida en el muestreo a gerente general, en el cual aprobó la contratación de personal. Con respecto a la materia prima, la información fue entregada a la gerencia para ser enviada al dueño ya que él es quien compra y envía la materia prima a la empresa.

3.4.1 Mejora y medidas de control para los cambios de molde

Ya una vez conocido el impacto negativo que puede llegar a tener los cambios de molde por la falta de organización en el área de trabajo, falta de capacitación, falta de mantenimiento y un procedimiento adecuado, se llevará a cabo la aplicación de las 5's y la técnica SMED.

Aplicación 5's

Seleccionar

La aplicación de las 5's se implementará en las áreas que más impactan las cuales son el área de tornillería y pistolas. Se comenzará por el área de tornillería, ya que de acuerdo al análisis anterior es lo que más genera pérdida de tiempo en los cambios de molde. En la figura 3.49 podemos observar la condición inicial de dicha área.



Figura. 3.49 Condiciones iniciales del área de trabajo (área de tornillería).

Como podemos ver en las fotos (figura 3.49), aunque el área cuente con anaqueles para depositar los tornillos en un lugar fácil de localizar, estos no son utilizados, en ellos se encuentran tornillerías de diferentes medidas o vacíos.

Lo primero que se hizo fue seleccionar e identificar con una etiqueta amarilla (fig. 3.50) la tornillería que se utiliza de la que ya está obsoleta (la cual fue desechada).



Figura 3.50 Selección de tornillería.

Organizar y Limpieza

Posteriormente se limpiaron los anaqueles y se asignaron lugares a la tornillería dejando los que más comúnmente se utilizan en la parte de superior para un fácil acceso y debidamente identificados (ver figura 3.51).



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3.51 Área de tornillería organizada e identificada: las figuras (a) y (b) muestran la tornillería ya organizada, se limpiaron y reacomodaron los anaqueles, y se desechó tornillería vieja. Posteriormente se le asignó a cada tipo de tornillería un lugar, los cuales se fueron identificados como lo muestran las figuras (c) y (d).

Estandarización

Para controlar la existencia de la tornillería en los anaqueles se colocaran tarjetas encima de un mínimo de cantidad establecido por cada tipo de tornillo en los anaqueles, lo cual indicará que la tornillería se está acabando y necesita ser abastecido el anaquel de nuevo. Por lo que, al momento de que un técnico al ir por tornillos se encuentre con la tarjeta, este deberá recogerla y entregarla a supervisor para que el anaquel correspondiente sea abastecido de nuevo, mientras el técnico tomará los tornillos que se encuentren debajo de la tarjeta (cantidad mínima) en lo que se suministra el anaquel (ver figura 3.52).

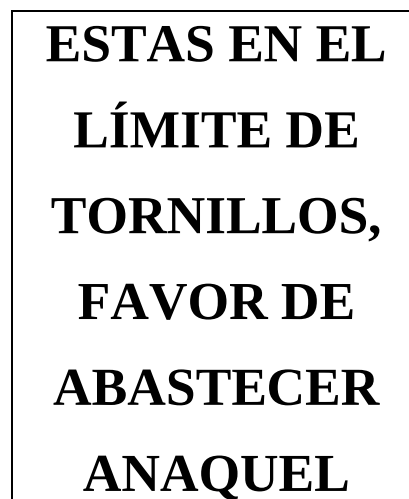


Figura 3.52 Indicador de falta de tornillería en anaquel.

De acuerdo a la figura 3.52 esta tarjeta permitirá tener un mejor control de la existencia de tornillería en anaqueles.

Seleccionar

Otra área que fue organizada es el área de las pistolas, la figura 3.53 muestra el estado en el cual se encontraba al iniciar las 5's.



(a)



(b)



(c)



(c)



(d)

Figura. 3.53 Condiciones iniciales en área de pistolas: las figuras (a) y (b) muestra la suciedad y la desorganización de los anaqueles del área, mientras que las figuras (c) y (d) muestran el desorden de las pistolas.

Como se puede ver en las imágenes (figura 3.53), aunque las pistolas cuentan con un lugar para guardarlas, estas no son colocadas en el lugar que les corresponden, estas son colocadas sobre la mesa de trabajo, en hieleras, así como también podemos observar el desorden en los anaqueles de dicha área en donde todo se encuentra revuelto.

Organizar y Limpieza

Al organizar y limpiar el área, se eliminaron cosas que ya no se utilizaban, lo cual permitió tener mayor espacio al asignar cada cosa en su lugar, tal como lo muestra la figura 3.54.



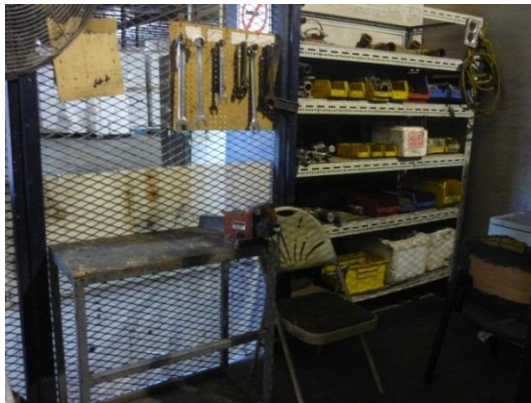
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 3.54 Área de pistolas después de seleccionar y organizar. Las pistolas fueron colocadas en los anaqueles. Existen dos, una para las pistolas listas para ser montadas y las que están para darles servicio, estos fueron limpiados y organizados como lo muestran las figuras (a), (b) y (c). Se acomodaron las herramientas y partes de las pistolas en los anaqueles blancos quedando espacio para acomodar un área donde el técnico pueda hacer anotaciones como se ve en las figuras (d) y (e).

Fase de Estandarizar

Se llevará a cabo un inventario diario de las pistolas tanto en máquinas como en anaqueles para detectar la falta de alguna de ellas en el lugar que le corresponde (ver figura 3.55, anexo B pág. 210).

marko		Markode México S. de R.L. de C.V. Circulo de la amistad #2695 Parque Industrial "Medical M" Medical, S.C. México C.P. 21210	
F-PRO-116 inventario de pistolas			
Técnico: _____		Fecha: _____	
Supervisor: _____			
ÁREA DE MÁQUINAS			
MÁQUINAS	MOLDE	NÚM. DE PISTOLAS	
M1 - Erlenbach			
M2 - Erlenbach			
M3 - Erlenbach			
M4 - Kurtz 1317			
M5 - Kurtz 1317			
M6 - Kurtz 1014			
M7 - Hirsch 1014			
M8 - Kurtz 1014			
M9 - Dayson			
M11 - Kurtz 1317.5			
M12 - Kurtz 710			
TOTAL			
ÁREA DE PISTOLAS			
CON SERVICIO		SIN SERVICIO	
TOTAL DE PISTOLAS			
PISTOLAS EN EXISTENCIAS		PISTOLAS INVENTARIADAS	
Comentarios: _____			

F-PRO-116 / Rev. 00 / Pág. 1 de 1 / Marzo 2011

Figura 3.55 Formato inventario de pistolas.

En la figura 3.55 podemos observar el formato que se utilizará para tener un control sobre el manejo de las pistolas en base a la norma QS-9000 (ya que en base a ella se rige todo el sistema de la empresa), el cual nos permitirá saber si se encuentran en su lugar, si existe algún faltante y conocer el su estado (en uso, con servicio, sin servicio).

Fase de Disciplina

Para hacer un hábito de esta cultura, se llevarán a cabo auditorías semanales para detectar anomalías con el cumplimiento de los estándares establecidos. Esta revisión se llevará a cabo en los cambios de molde, ya que es ahí donde se refleja la falta de control del área al generarse tiempos muertos largos (ver formato F-PRO- 117 en anexo B pág. 211).

Otras áreas

Algunas otras áreas que también fueron acomodadas es el de los botadores, los cuales fueron acomodados en sus estantes, identificándolos de acuerdo al molde que le corresponden (ver figura 3.56).



(a)



(b)



(c)

Figura 3.56 Área de botadores. En la figura (a) podemos observar botadores en lugares que no le corresponden como en la mesa de trabajo. En la figura (b) y (c) observamos los botadores ya organizados e identificados de acuerdo al molde que le corresponde.

Se asignó una mesa especial para los cambios de moldes en donde colocar solo la herramienta que se ocupará durante el cambio, se comenzó a controlar los carritos que los técnicos utilizan para transportar la herramienta que solo necesitan para determinado cambio (ver figura 3.57).

ANTES



DESPUÉS



(a)



(b)

Figura 3.57 (a) mesa de trabajo asignado para herramientas de cambios de molde, la figura muestra el antes cuando todo se colocaba sobre esta y el después donde se asignó para la mesa especialmente para los cambios de molde. La figura (b) muestra el carrito ya organizado solo con la herramienta necesaria.

Uso de la técnica SMED

Ya que hemos trabajado en la etapa preliminar de esta técnica en la sección 3.3.2.3 del capítulo anterior. A continuación llevaremos a cabo la aplicación de las siguientes etapas.

Primera etapa: Separación de actividades externas e internas

Ya una vez conocidas las operaciones que se llevan a cabo para los cambios de molde, se procederá a separar todas las actividades externas e internas.

De acuerdo a la lista de actividades ya antes mencionadas en la etapa preliminar para las prensas Erlenbach, dichas actividades se han clasificado de acuerdo a la secuencia que debe de seguir el cambio de molde, separando las actividades externas de las internas, teniendo como resultado la siguiente información:

ACTIVIDADES EXTERNAS

Preparación de molde

1. Revisar plan de cambio de moldes.
2. Llevar molde al área de trabajo.
3. Levantarlo con tecla y colocarlo en cabecera.
4. Alinearlo con cabecera y atornillarlo.
5. Poner barras.
6. Poner pistolas y atornillarlas.
7. Poner cadena a molde para abrirlo.
8. Quitar mariposas y abrir molde (separar los lados, fijo y móvil).
9. Revisar cavidades y limpiarlo de rebaba si es necesario.
10. Colocar botadores en lado móvil.
11. Poner tomas de agua en lado móvil.
12. Conectar mangueras de aire en pistolas.
13. Meter botadores.
14. Colocar resortes de botadores y asegurarlos.
15. Checar posición de botadores.
16. Cerrar molde (unir lado móvil con lado fijo).
17. Sujetar ambos lados con mariposas.

18. Colocar anillo en molde si es requerido.

ACTIVIDADES INTERNAS

Desmontar molde

1. Asegurar paro de máquina.
2. Remover platina.
3. Poner mariposa para agarrar molde.
4. Cerrar paso de aire.
5. Desconectar todas las mangueras.
6. Aflojar tornillos que mantienen unido al molde con la máquina y retirar candados.
7. Quitar tornillos de bronce.
8. Poner tecla a molde y quitarlo de máquina.
9. Subir molde a carrito.
10. Checar que irrigador no este dañado.
11. Bajar molde de área de máquinas y llevarlo al área de mantenimiento en montacargas.

Montado de molde

1. Llevar molde a pasillo de máquinas en montacargas.
2. Poner tecla y subirlo a corredor de máquinas.
3. Subirlo a carrito y llevarlo a máquina a montar.
4. Poner anillo en máquina si es requerido.
5. Quitar molde de carrito con tecla y montarlo en la máquina.
6. Sujetar molde con tuercas (apretar primero las tuercas de las esquinas).
7. Apretar tornillos de bronce.
8. Quitar mariposas.
9. Conectar todas las mangueras.
10. Poner tape a mangueras amarillas de material para evitar fugas.
11. Conectar mangueras de toma de agua.
12. Abrir paso de aire.
13. Colocar platina.
14. Verificar:

- a. Desmoldeo.
- b. Vapores.
- c. Agua.
- d. Agua / Desmoldeo.

15. Ajustar distancia de recorrido lado móvil.

16. Sacar un tiro y asegurar 100% llenado.

Para las prensas Kurtz se obtuvo lo siguiente:

ACTIVIDADES EXTERNAS

Preparación de molde lado fijo

1. Revisar plan de cambio de moldes.
2. Colocar lado fijo de molde a montar en área de trabajo.
3. Levantar molde con tecla.
4. Revisar molde por dentro si está sucio y limpiarlo.
5. Colocar molde en tarima.
6. Poner anillo si se requiere y atornillarlo.
7. Conectar mangueras a irrigador.
8. Medir separadores y comparar contra cámara de máquina.

Preparación de molde lado móvil

1. Llevar lado móvil de molde al área de trabajo.
2. Levantar molde con tecla.
3. Revisar molde por dentro si está sucio y limpiarlo.
4. Poner anillo si se requiere y atornillarlo.
5. Colocar molde en tarima.
9. Colocar pistolas en molde y atornillarlas.
10. Poner tapones en áreas de pistolas que no se utilizarán para evitar fuga de vapor.

ACTIVIDADES INTERNAS

Desmontar molde

1. Revisar plan de cambio de molde.
2. Asegurar paro de máquina.
3. Cerrar paso de aire.
4. Desmontar molde lado fijo.
5. Bajar molde con tecla.
6. Colocar en tarima y llevarlo al área de mantenimiento.
7. Mover lado móvil en máquina y desmontarlo (desconectar mangueras, quitar resortes, botadores y desatornillar molde).
8. Poner molde en tarima.
9. Llevar molde al área de mantenimiento.
10. Desatornillar pistolas que se necesitarán para el siguiente molde.

Montado de molde lado móvil

1. Llevar lado móvil a máquina a montar.
2. Rellenar de silicón (empaques) el lorrin.
3. Subir lado móvil a máquina.
4. Alinear molde con máquina.
5. Conectar mangueras de toma de agua.
6. Poner tornillos y abrazaderas en molde y atornillarlo a la máquina.
7. Colocar barras y ajustarlas.
8. Conectar mangueras de aire abierto / cerrado.
9. Poner botadores.
10. Poner resortes de botadores y asegurarlos.
11. Alinear botadores.
12. Conectar mangueras de material (amarillas).

Montado de molde lado fijo

1. Llevar lado fijo a máquina a montar en tarima.
2. Subir lado fijo.

3. Conectar mangueras de irrigador.
4. Alinear lado fijo con lado móvil y empalmarlos hasta que queden unidos.
5. Verificar que los aumentos no dañen el irrigador.
6. Cerrar máquina y sujetar lado fijo con abrazaderas (clamps) y tornillos.
7. Abrir paso de aire.
8. Verificar:
 - a. Desmoldeo.
 - b. Vapores.
 - c. Agua.
 - d. Agua / Desmoldeo.
9. Ajustar distancia de recorrido lado móvil.
10. Sacar un tiro y asegurar 100% llenado.

Segunda etapa: Convertir actividades internas a externas

Después de haber separados las actividades externas e internas, nos enfocaremos en las internas para determinar que operaciones se pueden realizar mientras la máquina está produciendo y así poder reducir más los tiempos en cambios de molde.

Para las prensas Erlenbach tenemos las siguientes actividades que se consideran actualmente como internas, las cuales pueden realizarse como externas sin afectar los cambios de molde:

- En la etapa de montado de molde tenemos:
 - Transportar molde a pasillo de máquinas en montacargas.
 - Poner tecla y subirlo a corredor de máquinas.
 - Subirlo a carrito y llevarlo a máquina a montar.

Estas actividades se pueden realizar antes, eliminando un tiempo de 9.51 minutos para el cambio de molde.

Para las prensas Kurtz tenemos:

- En la etapa de montaje de molde lado móvil encontramos:
 - Llevar lado móvil de máquina a montar.
 - Conectar mangueras de aire a molde.
 - Conectar mangueras de llenado a molde.
 - Poner botadores.
 - Poner resorte de botadores y asegurarlos.

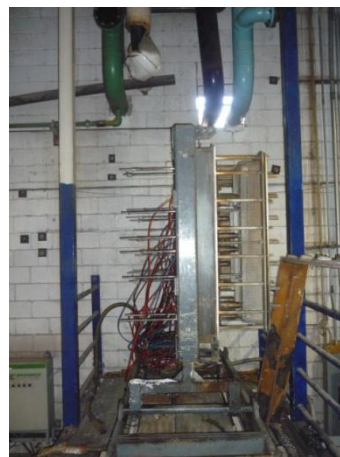
Estas son actividades permiten reducir 22.06 minutos el cambio de molde. Las figuras 3.58 muestran esta secuencia.



(a)



(b)



(c)

Figura 3.58 Actividades internas convertidas a externas: (a) transportación de molde en montacargas del área de mantenimiento al área de producción, (b) transportación del molde a montar por carril de máquinas y (c) espera de molde en área de máquinas para ser montado.

Como podemos ver en las imágenes de la figura 3.58 (a) se muestra la secuencia del transporte del molde a montar antes de parar la máquina, ya con las mangueras de aire y de llenado instaladas, así como pistolas, botadores y resortes; (b) y (c) su traslado entre el corredor de las máquinas para dejarlo listo al final del carril y esperar a que la máquina para cambio de molde sea parada.

Por otra parte, existe tiempo perdido al ir por herramienta, partes o utensilios que se necesitan al montar un molde teniendo como resultado que el tiempo de cambio se incrementa, para eliminar esto, se ha diseñado un formato (anexo B, pág. 212), el cual se utilizará como auxiliar para que los técnicos preparen todo lo necesario antes de parar la máquina y tengan las cantidades exactas a utilizar y herramientas necesarias en el momento (ver figura 3.59).

marko		Marko de México S. de RL de CV. Circulo de la amalia #2092 Parque Industrial "Nacional" - Mexico, S.C. México C.P. 21210																																																																																	
F-PRO-113 Lista de chequeo para cambio de moldes																																																																																			
Datos generales																																																																																			
Fecha: _____	Supervisor: _____	Hora de inicio: _____																																																																																	
Tarea: _____	Técnico: _____	Hora final: _____																																																																																	
Máquina: _____																																																																																			
Listado de herramientas a utilizar																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIORNILLOS</th> <th>CANTIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Tornillo 12 x 70 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Tornillo 12 x 60 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Tornillo 12 x 40 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Tornillo 12 x 30 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Tornillo 10 x 60 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Tornillo 10 x 40 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Tornillo 10 x 30 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Tornillo 8 x 60 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Tornillo 8 x 40 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Tornillo 8 x 30 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Tornillo 8 x 25 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Tornillo hexagonal 1/2" x 2 1/2"</td><td></td></tr> <tr><td>Tornillo hexagonal 5/16" x 2 1/2"</td><td></td></tr> <tr><td>Tornillo hexagonal 5/16" x 2"</td><td></td></tr> <tr><td>Tornillo hexagonal 5/16" x 1 1/2"</td><td></td></tr> <tr><td>Tornillo hexagonal 5/16" x 1 3/4"</td><td></td></tr> <tr><td>Tornillo hexagonal 5/16" x 1"</td><td></td></tr> </tbody> </table>		TIORNILLOS	CANTIDAD	Tornillo 12 x 70 mm		Tornillo 12 x 60 mm		Tornillo 12 x 40 mm		Tornillo 12 x 30 mm		Tornillo 10 x 60 mm		Tornillo 10 x 40 mm		Tornillo 10 x 30 mm		Tornillo 8 x 60 mm		Tornillo 8 x 40 mm		Tornillo 8 x 30 mm		Tornillo 8 x 25 mm		Tornillo hexagonal 1/2" x 2 1/2"		Tornillo hexagonal 5/16" x 2 1/2"		Tornillo hexagonal 5/16" x 2"		Tornillo hexagonal 5/16" x 1 1/2"		Tornillo hexagonal 5/16" x 1 3/4"		Tornillo hexagonal 5/16" x 1"		<table border="1"> <thead> <tr> <th>HERRAMIENTA</th> <th>CANTIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Llave 1.5 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Llave 1.6 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Llave 1.8 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Llave 1.10 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Llave 1.14"</td><td></td></tr> <tr><td>Llave moto 17 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Llave moto 34"</td><td></td></tr> <tr><td>Llave moto 1.5"</td><td></td></tr> <tr><td>Llave alíen</td><td></td></tr> <tr><td>Dado 1" mm</td><td></td></tr> <tr><td>Dado 30 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Dado 30 mm de entrada 3/4"</td><td></td></tr> <tr><td>Dado 26 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Dado 3/4"</td><td></td></tr> <tr><td>Dado 1/2"</td><td></td></tr> <tr><td>Desarmador de caja 5/16"</td><td></td></tr> <tr><td>Desarmador de caja 1/4"</td><td></td></tr> <tr><td>Méscala 3/4"</td><td></td></tr> <tr><td>Adaptador 40 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Impulso eléctrico de aire 1/2"</td><td></td></tr> <tr><td>Radio neumático 12"</td><td></td></tr> </tbody> </table>		HERRAMIENTA	CANTIDAD	Llave 1.5 mm		Llave 1.6 mm		Llave 1.8 mm		Llave 1.10 mm		Llave 1.14"		Llave moto 17 mm		Llave moto 34"		Llave moto 1.5"		Llave alíen		Dado 1" mm		Dado 30 mm		Dado 30 mm de entrada 3/4"		Dado 26 mm		Dado 3/4"		Dado 1/2"		Desarmador de caja 5/16"		Desarmador de caja 1/4"		Méscala 3/4"		Adaptador 40 mm		Impulso eléctrico de aire 1/2"		Radio neumático 12"	
TIORNILLOS	CANTIDAD																																																																																		
Tornillo 12 x 70 mm																																																																																			
Tornillo 12 x 60 mm																																																																																			
Tornillo 12 x 40 mm																																																																																			
Tornillo 12 x 30 mm																																																																																			
Tornillo 10 x 60 mm																																																																																			
Tornillo 10 x 40 mm																																																																																			
Tornillo 10 x 30 mm																																																																																			
Tornillo 8 x 60 mm																																																																																			
Tornillo 8 x 40 mm																																																																																			
Tornillo 8 x 30 mm																																																																																			
Tornillo 8 x 25 mm																																																																																			
Tornillo hexagonal 1/2" x 2 1/2"																																																																																			
Tornillo hexagonal 5/16" x 2 1/2"																																																																																			
Tornillo hexagonal 5/16" x 2"																																																																																			
Tornillo hexagonal 5/16" x 1 1/2"																																																																																			
Tornillo hexagonal 5/16" x 1 3/4"																																																																																			
Tornillo hexagonal 5/16" x 1"																																																																																			
HERRAMIENTA	CANTIDAD																																																																																		
Llave 1.5 mm																																																																																			
Llave 1.6 mm																																																																																			
Llave 1.8 mm																																																																																			
Llave 1.10 mm																																																																																			
Llave 1.14"																																																																																			
Llave moto 17 mm																																																																																			
Llave moto 34"																																																																																			
Llave moto 1.5"																																																																																			
Llave alíen																																																																																			
Dado 1" mm																																																																																			
Dado 30 mm																																																																																			
Dado 30 mm de entrada 3/4"																																																																																			
Dado 26 mm																																																																																			
Dado 3/4"																																																																																			
Dado 1/2"																																																																																			
Desarmador de caja 5/16"																																																																																			
Desarmador de caja 1/4"																																																																																			
Méscala 3/4"																																																																																			
Adaptador 40 mm																																																																																			
Impulso eléctrico de aire 1/2"																																																																																			
Radio neumático 12"																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TUERCA</th> <th>CANTIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Tuerca 12 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Tuerca 10 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Tuerca 8 mm</td><td></td></tr> <tr><td>Tuerca 1/2"</td><td></td></tr> <tr><td>Tuerca 5/16"</td><td></td></tr> </tbody> </table>		TUERCA	CANTIDAD	Tuerca 12 mm		Tuerca 10 mm		Tuerca 8 mm		Tuerca 1/2"		Tuerca 5/16"		<table border="1"> <thead> <tr> <th>UTENSILIOS / PARTES</th> <th>CANTIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Resaca</td><td></td></tr> <tr><td>Botadores</td><td></td></tr> <tr><td>Aplicadores</td><td></td></tr> <tr><td>Resortes</td><td></td></tr> <tr><td>Almohadones</td><td></td></tr> <tr><td>Sierras</td><td></td></tr> <tr><td>Cinta adhesiva</td><td></td></tr> <tr><td>Manguera abierta</td><td></td></tr> <tr><td>Manguera cerrada</td><td></td></tr> <tr><td>Manguera</td><td></td></tr> </tbody> </table>		UTENSILIOS / PARTES	CANTIDAD	Resaca		Botadores		Aplicadores		Resortes		Almohadones		Sierras		Cinta adhesiva		Manguera abierta		Manguera cerrada		Manguera																																															
TUERCA	CANTIDAD																																																																																		
Tuerca 12 mm																																																																																			
Tuerca 10 mm																																																																																			
Tuerca 8 mm																																																																																			
Tuerca 1/2"																																																																																			
Tuerca 5/16"																																																																																			
UTENSILIOS / PARTES	CANTIDAD																																																																																		
Resaca																																																																																			
Botadores																																																																																			
Aplicadores																																																																																			
Resortes																																																																																			
Almohadones																																																																																			
Sierras																																																																																			
Cinta adhesiva																																																																																			
Manguera abierta																																																																																			
Manguera cerrada																																																																																			
Manguera																																																																																			

F-PRO-113 / Rev. 00 / Pág. 1 de 1/Marzo 2011

Figura. 3.59 Lista de chequeo para cambio de moldes.

Con este formato (figura 3.59) podremos eliminar traslados innecesarios por parte del técnico, pérdida de tiempo en búsqueda de herramientas o utensilios al tener la máquina parada, así como detectar si está en existencia o no la herramienta o utensilio en el área de trabajo evitando retrabajos o demoras por falta de alguno de ellos.

Tercera etapa: Perfeccionar las tareas internas y externas

En esta etapa determinaremos que cosas o actividades externas e internas podemos mejorar para disminuir los tiempos de cambio.

En las actividades externas en la etapa de preparación, se pueden hacer las siguientes modificaciones:

- Estandarizar el uso de herramienta (figura 3.60), ya que al colocar los tornillos en ocasiones se utilizan llaves para atornillarlos provocando que el tiempo para ponerlos sea prolongado, y en otras, se utiliza un impacto eléctrico lo cual permite disminuir el tiempo.



Figura 3.60 Estandarización de herramienta.

De acuerdo a la imagen de la figura 3.60 al concientizar al personal de la ventaja de utilizar esta herramienta permite reducir los tiempos de atornillado, sobre todo en moldes que llegan a necesitar que sean instaladas 48 pistolas.

- Estandarizar la herramienta que se utiliza para sujetar los resortes, en este caso se utilizan de tres tipo (ver figura 3.61), en donde la figura A es un clip que se coloca en el orificio del botador, la figura B y C son tipo abrazaderas que para colocarse necesitan ser atornilladas, lo cual genera pérdida de tiempo cuando la cantidad de botadores a colocar en el molde son grandes.

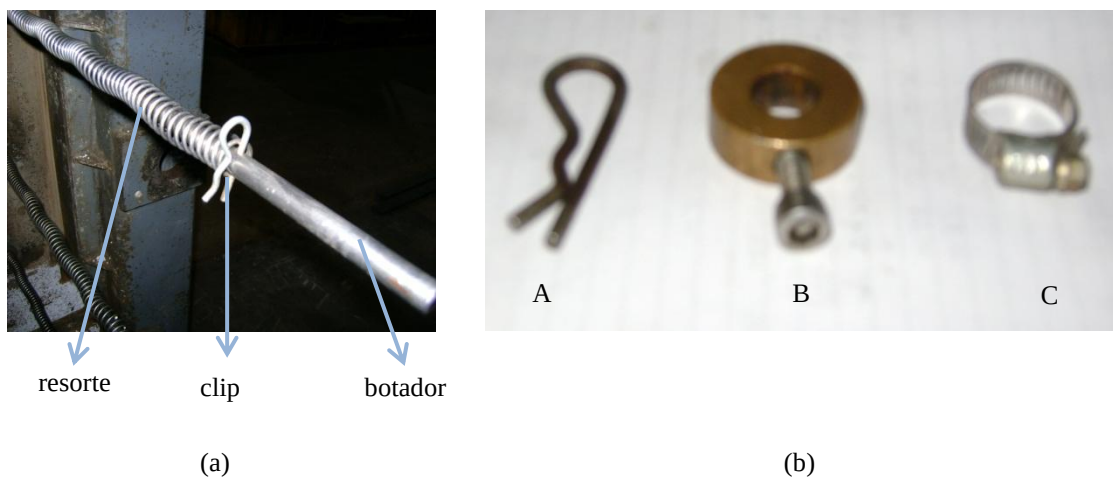


Figura. 3.61 Tipos de sujetadores para resortes. La figura (a) muestra la forma en que los sujetadores son utilizados, la figura (b) muestra los tipos de sujetadores que utilizan en la empresa.

Este cambio será gradual, ya que conforme se vayan necesitando sujetadores se comprarán clips (figura 3.61 c) ya que son la mejor opción.

En las actividades internas algunas que pueden eliminarse o modificarse son:

- Las pistolas y anillos deben de estar limpias al momento de utilizarse. Ya que estas deben estar listas antes de utilizarse. El cumplimiento de esto se verificará por medio de auditorías, de las cuales se hablarán más adelante.

- No es necesario amarrar con tape las tomas de agua al molde ya que estas son atornilladas. Es un mal hábito por parte de los técnicos, ya que ellos creen que esto es necesario, lo cual permite perder tiempo en buscar tape y colocarlo.

Además de aplicar la técnica SMED, se desarrolló un procedimiento (ver anexo D, pág. 225) para el cambio de moldes y se capacitó al personal sobre la forma correcta de llevar a cabo las actividades de acuerdo a la lista que se estableció en la etapa 2 al separar las actividades externas de las internas. Todo esto permitió una reducción del 30 al 50% en los cambios de molde, dependiendo de la complejidad del molde y tipo de máquina.

3.4.2 Mejora y medidas de control para el área de servicios

De acuerdo a la información arrojada en el diagrama Causa – Efecto se llevó un análisis de las variables críticas (falta de personal y maquinaria vieja), en donde en base a reuniones se llegó a la conclusión de que la causa raíz del problema radica en el estado actual de los compresores, los cuales ya no funcionan correctamente. La mejor alternativa es adquirir compresores nuevos, la cual sería la mejor porque acabaría con el problema de raíz, pero la empresa actualmente cuenta con problemas financieros por lo que no puede hacer grandes inversiones. Otra opción fue contratar a una persona exclusiva que se encargara del área de servicios la cual detectaría el problema en el momento exacto, pero esta fue negada por el gerente general, ya que a su consideración no es necesario más personas. Por lo que la última opción fue instalar una alarma para detectar a tiempo el problema, la cual fue aprobada por el equipo de trabajo.

Instalación y descripción del funcionamiento de alarma

Funcionamiento del servicio en presión de aire

Existe un acumulador el cual es alimentado por tres compresores de aire los cuales mantienen la presión a 965.27 KPa (140 psi). Por medio de una tubería el acumulador libera el aire para las 11 máquinas cada vez que estas están trabajando, el acumulador cuenta con un manómetro el cual al estar por debajo de 827.37 KPa (120 psi) comienza a generar problemas

en las máquinas como pobre fusión, piezas atoradas en moldes, entre otros, lo cual genera que la máquinas paren hasta que la presión del aire se estabilice de nuevo a 827.37KPa (120 psi).

Funcionamiento de alarma

La alarma está conectada a la tubería principal del acumulador que está conectada a las máquinas, la cual cuenta con un circuito eléctrico el cual está conectado a un manómetro que al llegar la presión a 827.37 KPa (120 psi), automáticamente manda una descarga de 110 Volts cerrando el sistema eléctrico permitiendo el flujo de corriente hacia una bocina que es activada al instante para que el personal de mantenimiento detecte el problema y se dirija al área de servicios a verificar el funcionamiento de los compresores (ver figura 3.62).



Figura 3.62 Alarma para controlar presión de aire.

3.4.3 Mejora y medidas de control para disminuir piezas atoradas

De acuerdo al análisis realizado por medio del diagrama Causa – Efecto, se determinó que las variables críticas que afectan en el desmoldeo de las piezas se deben a los siguientes factores:

- *Mal adaptación de molde.* Esto sucede cuando los moldes son montados en máquinas que no corresponden a su medida. Por ejemplo en los meses muestreados para el

Pareto se obtuvieron que los moldes CM 5188 y CM 5221, corresponden a máquinas Kurtz pero por necesidad de la empresa para cumplir con los requerimientos del cliente, estos tuvieron que ser instalados en máquinas Erlenbach 2 y 3.

La mala adaptación es un problema generado debido al poco tiempo de disponibilidad que tienen las máquinas para trabajar por lo que para cumplir con los pedidos de los clientes, es necesario montarlas en otras máquinas. Las adaptaciones que se han hecho a las máquinas para estos moldes, no han funcionado, ya que debido a las dimensiones de las máquinas con respecto a los moldes no permiten que al abrir el molde la pieza caiga, ya que las distancias máximas a la que la máquina puede abrir es menor a la que la pieza necesita para caer. Por lo que para este problema, la solución es que al disminuir los tiempos de cambios de molde, permitirá que cada máquina corra con los moldes que les corresponden ya que habrá una mayor flexibilidad en las máquinas.

- *Falta de control en área de servicios.* Ya que el desmoldeo depende en parte de la presión de aire la cual empuja la pieza hacia fuera de la cavidad para desatorarla y sacarla, el tener problemas con el servicio de aire genera que las piezas se atoren. Este problema será controlado al mejorar la causa raíz en área de servicios (ver sección3.4.2).
- *Diseño de molde (uso de botadores inadecuados / falta de botadores).* De acuerdo al Pareto arrojado podemos observar que los moldes resultantes con mayor paros por piezas atoradas corresponden a: CM 5224, CM5186, CM5220, CM0620, estos moldes fueron montados en las máquinas que le corresponden, por lo que se descartó una mala adaptación. También se detectó que eran moldes nuevos, cuyas cavidades son piezas grandes, comparados con las que piezas que regularmente se corren. Al examinar a detalle el proceso, se detectó que al abrirse el molde, los botadores se quedaban cortos en su recorrido lo cual provocaba que la pieza no saliera por completo de la cavidad.

Uso de botadores y resortes

Lo que se hizo para mejorar el problema sobre el diseño del molde, fue conseguir botadores y resortes más largos, ya que el estándar que se maneja en la empresa no permite el funcionamiento adecuado del molde (ver figura3.63).



Figura 3.63 Comparación de botadores y resortes.

De acuerdo a la figura 3.63, podemos ver la diferencia que existe entre los botadores y resortes que normalmente se usan, con respecto a los que deben ser utilizados para estos moldes, cuya diferencia en longitud es de 15 cm.

Ya una vez probada esta propuesta, se obtuvieron buenos resultados, por lo que se hizo un presupuesto en cuanto al costo de los botadores y resortes (ver tabla 3.6).

Tabla 3.6 Presupuesto de botadores y resortes.

MOLDE	BOTADORES / RESORTES	COSTO BOTADORES (25 dlls c/u) / RESORTES (35 dlls c/u)	TOTAL COSTO BOTADORES / RESORTES
CM5224	4 botadores / 4 resortes	100 dlls botadores 140 dlls resortes	240 dlls
CM5186	8 botadores / 8 resortes	200 dlls botadores 280 dlls resortes	480 dlls
CM5220	12 botadores / 12 resortes	300 dlls botadores 420 dlls resortes	720 dlls
CM0620	12 botadores / 12 resortes	300 dlls botadores 420 dlls resortes	720 dlls
		TOTAL	2, 160 dlls

La tabla 3.6 muestra la inversión necesaria por cada molde, así como el total. Al inicio de la mejora se comenzará por cubrir los moldes CM5224 ya que es uno de los que mayor

ingreso genera en la empresa, y el CM5186 ya que de los 4 moldes es uno de los que requiere menor cantidad de botadores y resortes. Por lo que la inversión inicial aprobada será de 720 dls. Conforme vaya habiendo mejoras se invertirá en los otros moldes.

3.4.4 Mejora y medidas de control para disminuir problemas de llenado

De acuerdo al Pareto que se obtuvo en el pobre llenado, se determinó que las variables críticas a evaluar son: herramienta sin mantenimiento, falta de procedimiento para la limpieza de las pistolas y falta de plan de mantenimiento. Para lo cual se propusieron las siguientes mejoras.

Creación de instrucción de trabajo para mantenimiento a pistolas

Lo primero que se estableció fue una instrucción de trabajo de acuerdo a la manera correcta en que se debe dar mantenimiento a las pistolas, ya que antes, solo se le conectaba aire a presión con una manguera y si el aire circulaba por la pistola y salía por la punta donde sale el material, se consideraba que la pistola estaba limpia para ser utilizada. Pero esto, no sirve, ya que se comprobó que la mayoría de los problemas de llenado se presentaba cuando recién se hacía un cambio de molde, ya que se consideraba como pistola limpia, la que permitiera la circulación de aire.

Ahora, con la ayuda de las 5's, se lograron separar las pistolas que ya tiene servicio con las que no lo tienen, lo cual permite identificar cuales necesitan mantenimiento antes de ser utilizadas.

El mantenimiento básicamente consiste en desarmar la pistola en sus partes, limpiarlas una por una, lubricar las que sean necesarias y cambiar las que ya no sirvan. Para esto, se generó una instrucción de trabajo (ver anexo C, pág. 195) en donde se capacitó al personal sobre la manera correcta en que se debe llevar a cabo dicho mantenimiento.

Creación de programa mensual de mantenimiento

Ya una vez que se ha establecido la forma correcta en llevar a cabo el mantenimiento en las pistolas, es necesario establecer un programa de mantenimiento, ya que esto permitirá mantener y controlar la mejora; así como programar otras actividades. En la figura 3.64 y

anexo B (pág. 213), podemos ver el formato que se utilizará para programar los mantenimientos.

marko		Marko de México S. de R.L. de C.V. Circulo de la amistad #2698 Parque Industrial "Mexicali IV" Mexicali, B.C. México C.P. 21210																														
F-PRO-119 Programa de mantenimiento mensual																																
Nombre y firma de responsable: _____																Mes: _____								Año: _____								
EQUIPO	DIAS																															
	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	
Molde (_____)																																
Pistolas																																
Irrigadores																																
Anillos																																
Mangueras																																
Botadores																																
Resortes																																
Máquina 1																																
Máquina 2																																
Máquina 3																																
Máquina 4																																
Máquina 5																																
Máquina 6																																
Máquina 7																																
Máquina 8																																
Máquina 9																																
Máquina 10																																
Máquina 11																																
Servicios (_____)																																
Comentarios: _____																																

F-PRO-119 / Rev. 00 / Pág. 1 de 1 / Junio 2011

Figura 3.64 Programa de mantenimiento mensual.

De acuerdo a la figura 3.64, este formato permitirá no solo programar el mantenimiento de las pistolas, sino también de todo el equipo, lo cual permitirá detectar a tiempo anomalías, mejorar los tiempos en los cambios de molde, tener un mejor control sobre el estado de cada equipo, así como aumentar su vida útil.

3.4.5 Mejora y medidas de control para reducción de tiempo de ciclos

De acuerdo al diagrama causa – efecto llevado a cabo en la etapa de análisis, se determinó que el factor principal que influye en el aumento de los tiempos de ciclos es el estado en el que se encuentra la materia prima, ya que los tiempos de los parámetros dependerán de las condiciones en que se encuentre la materia.

Para proponer alguna mejora es necesario conocer con el tipo de material que se está trabajando; para el caso de los moldes principales de la empresa se trabaja con poli estireno, cuyo tamaño de perla (como se le llama al foam antes del proceso de pre-expansión) varía de 0.60 a 1.18 mm. El tipo de material que se utiliza se le conoce como serie P-340 cuyo porcentaje de pentano va del 4.4 al 4.9%, y densidad mínima 17 kg/m³.

Proceso de pre expansión de la perla (Polioles, 2007)

1ª etapa: pre expansión

Por medio de la aplicación de vapor se ablanda el poli estireno. Después el pentano contenido en la perla empieza a hervir y evaporarse incrementando la presión, lo cual provoca que aumente el volumen de la perla convirtiéndola a lo que conocemos como foam.

2ª etapa: reposo intermedio y estabilización

Durante la segunda etapa del proceso, los granos pre expandidos, conteniendo 90% de aire, son estabilizados durante 24 horas. En el caso de densidades aparentes entre 15 y 20 kg/m³ por lo general se trabaja con tiempos de reposo intermedio de entre 12 y 24 horas.

Al enfriarse las partículas recién expandidas, en la primera etapa, se crea un vacío interior que es preciso compensar con la penetración de aire por difusión. De este modo las perlas alcanzan una mayor estabilidad mecánica y mejoran su capacidad de expansión, lo que resulta ventajoso para la siguiente etapa de transformación. Este proceso se desarrolla durante el reposo intermedio del material pre expandido en silos ventilados. Al mismo tiempo se secan las perlas. Después de esto el material está listo para ser enviado a las máquinas.

Ya que conocemos como funciona realmente el proceso de pre expansión de la materia prima, utilizaremos esta información para proponer la mejora.

Comenzaremos por analizar en los reportes de set up el menú de tiempos con los que se trabajan actualmente para conocer las condiciones en las que se fusiona la materia prima. Como ejemplo podemos observar en el anexo B pág. 214, el formato F-PRO-046 Ajustes de arranque de prensa Kurtz (A) para el molde CM5221 que de acuerdo a lo visto en la sección 3.3.6.2 donde se hizo una descripción de los parámetros, el más alto es el vapor (steam 1, steam 11 y autoclave). También podemos ver en el reporte que a mayor tiempo de reposo de la materia prima (indicado en datos generales) el vapor aumenta, esto debido al poco pentano que le queda a la perla para poder fusionarse con otra. Mientras que en el reporte F-PRO-046 Ajustes de arranque de prensa Kurtz (B) (pág. 215) tenemos que el parámetro más alto es el agua (Cooling M1 y Cooling M2) cuando el tiempo de reposo (ver la sección de datos generales en el formato) es menor al tiempo recomendado por el proveedor. Es importante aclarar que estos reportes no fueron los únicos analizados, pero se tomó como referencia este molde para explicar la misma tendencia que se encontró en todos los reportes.

Por otra parte, al analizar los reportes de producción detectamos que el utilizar material viejo o recién pre expandido también ocasiona que el scrap aumente los días lunes ya que hay material que no es utilizado los fines de semana y su tiempo de reposo es mayor de 48 hrs. provocando el incremento del scrap. Así como también observamos que en los reportes donde se utiliza una materia prima con poco tiempo de reposo el scrap también aumenta al que normalmente es registrado en la semana. Por lo que con esto determinamos que es necesario establecer un programa de pre expansión en donde se puedan mantener los tiempos de reposo de 12 a 24 horas, lo cual no solo nos ayudará a disminuir los tiempos de ciclo sino también a controlar el scrap.

Programa de pre expansión

Ya que sabemos que el tiempo de reposo ideal de la materia prima debe de estar entre 12 a 24 horas, este rango será la condicionante para programar las pre expansiones. Para ello, se utilizará un reporte en donde se registrarán los tiempos de reposo de las materias primas que se vayan ocupando de acuerdo al plan de producción (ver figura 3.65).

Capítulo IV: Análisis de resultados

Ya que hemos llevado a cabo el análisis del problema, propuesto mejoras y la aplicación de las mismas, es necesario determinar el efecto que estas han tenido en la capacidad productiva de la empresa. Por lo que a continuación se presentará el análisis de los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto.

4.1 Monitoreo de indicadores

Debemos de recordar que al inicio del proyecto se determinó que los factores que afectan la productividad de la empresa (de acuerdo al EGE) son la disponibilidad y la eficiencia, por lo que en base a los resultados obtenidos durante la etapa de análisis se establecieron como indicadores principales. Así como también se estableció una meta del 69% para la disponibilidad y un 76% para la eficiencia.

Para lograr estas metas se llevaron a cabo una serie de mejoras (véase capítulo III) cuyos resultados se ven reflejados a continuación en las siguientes gráficas sobre el comportamiento de dichos factores durante el desarrollo del proyecto. Para la máquina 1 podemos ver la figura 4.1.

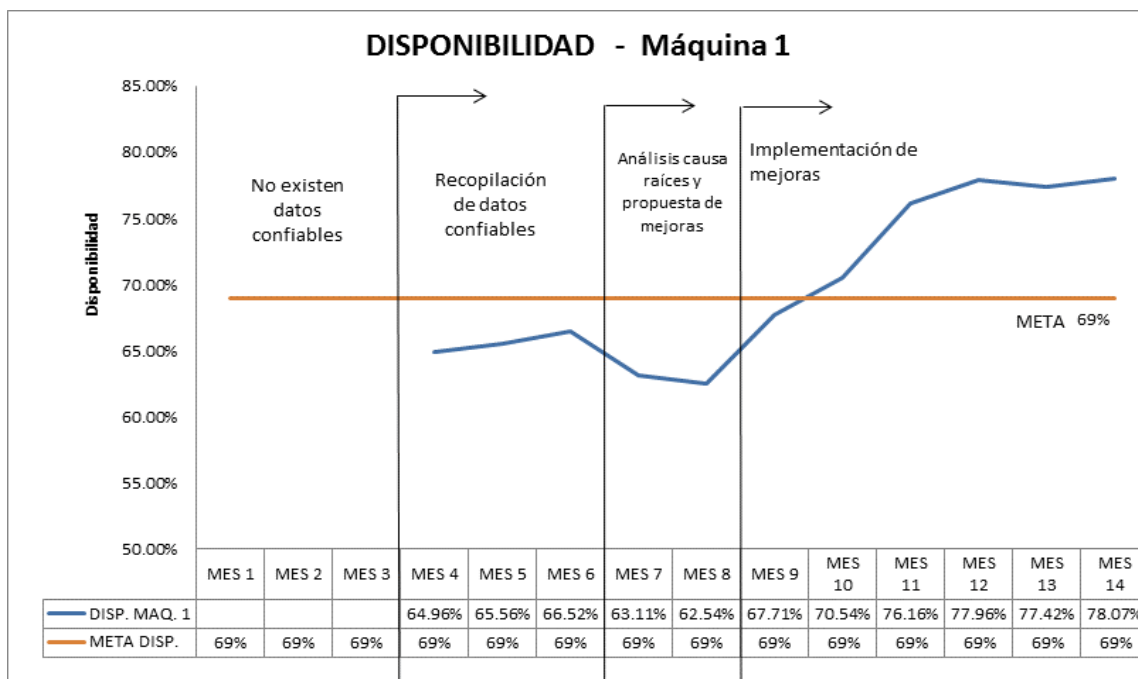


Figura 4.1 Indicador de disponibilidad para máquina 1.

De acuerdo a la figura 4.1 podemos observar el comportamiento de la disponibilidad de la máquina 1 desde el inicio del proyecto hasta su culminación. Del mes 1 al 3 no se tiene registros ya que debido a la falta de capacitación del personal en el llenado del formato de producción, la información se considera como no confiable, por lo que entre los meses 4, 5 y 6 se capacitó al personal y se comenzó la recopilación de los mismo. Para partir del mes 9 se llevaron a cabo las implementaciones, pero podemos ver que hasta el siguiente mes es cuando la disponibilidad rebasa la meta establecida del 69%. Así como para el mes 12 podemos observar ya una estabilidad en cuanto a su comportamiento.

En cuanto a la eficiencia la figura 4.2 nos muestra el siguiente comportamiento.

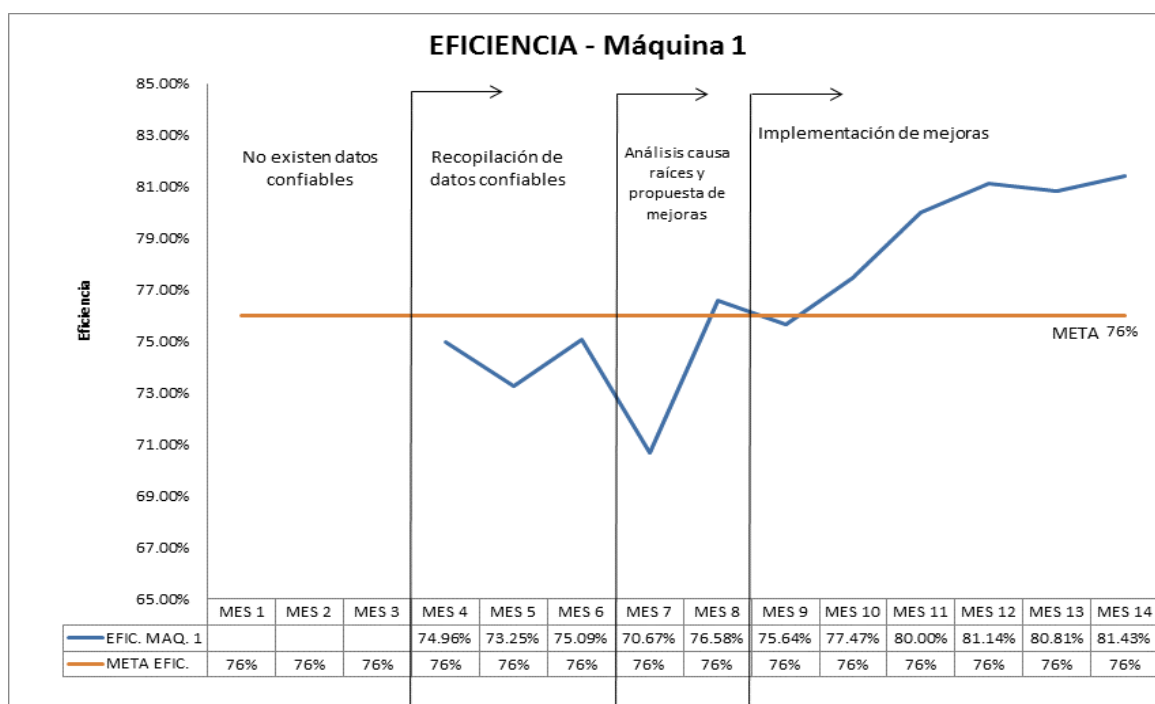


Figura 4.2 Indicador de eficiencia para máquina 1.

Para el indicador de eficiencia podemos observar (figura 4.2) que para el mes 10 se comienzan a ver reflejadas la mejoras implementadas, pero es hasta el mes 12 que comenzamos ver la estabilidad en el proceso.

Para la máquina 2 las figuras 4.3 y 4.4 muestran el comportamiento de su disponibilidad y eficiencia respectivamente.

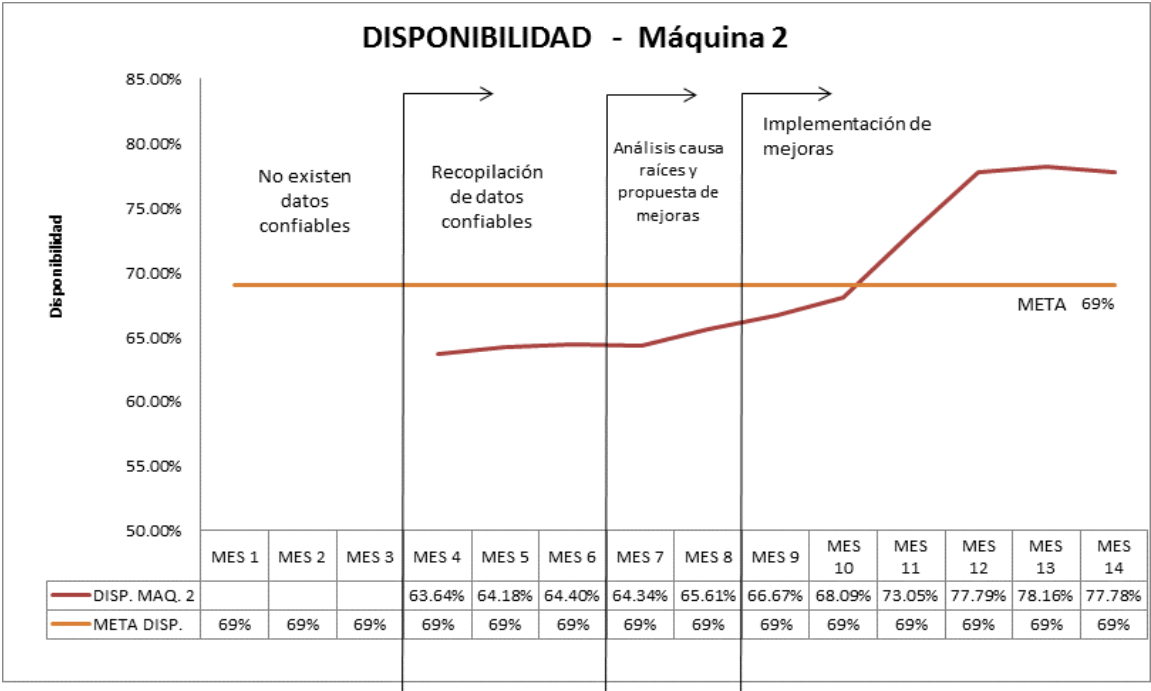


Figura 4.3 Indicador de disponibilidad para máquina 2.

Para la máquina 2 tenemos en cuanto a la disponibilidad (figura 4.3) que a partir del mes 11 se ven reflejadas las mejoras. Y en cuanto a la eficiencia en la figura 4.4 podemos ver los resultados obtenidos.

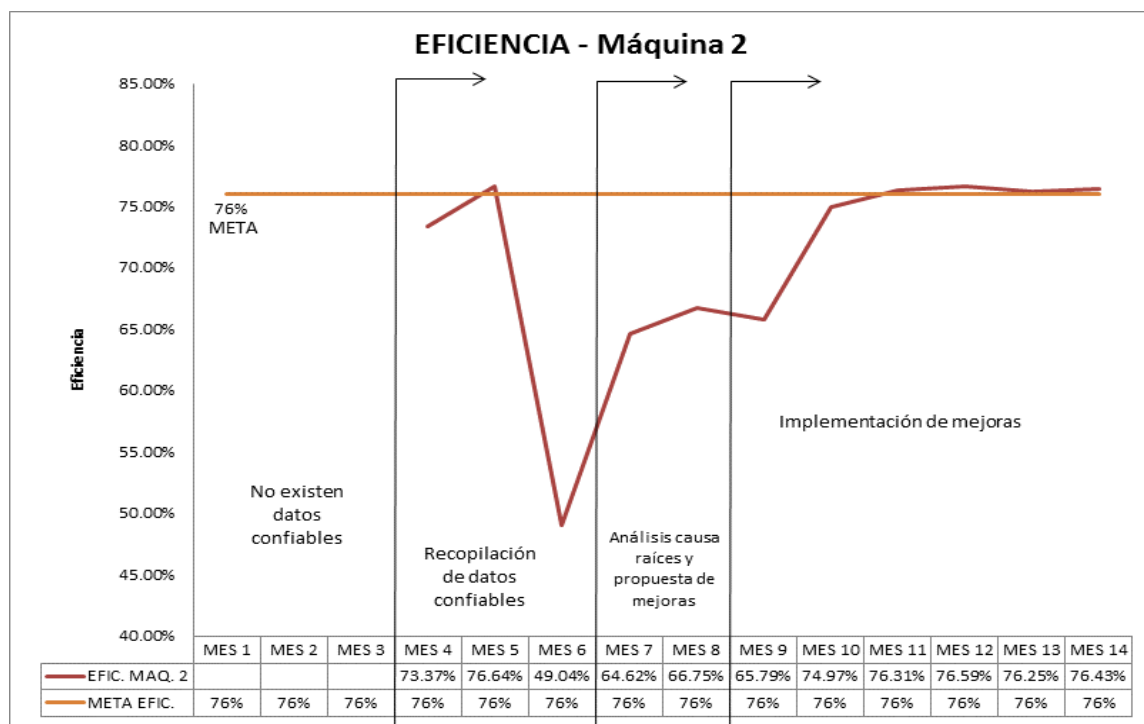


Figura 4.4 Indicador de eficiencia para máquina 2.

En la figura 4.4 podemos observar que la meta de la eficiencia para la máquina 2 es alcanzada y estable al partir del mes 11. Para la máquina 3, tenemos las figuras 4.5 y 4.6.

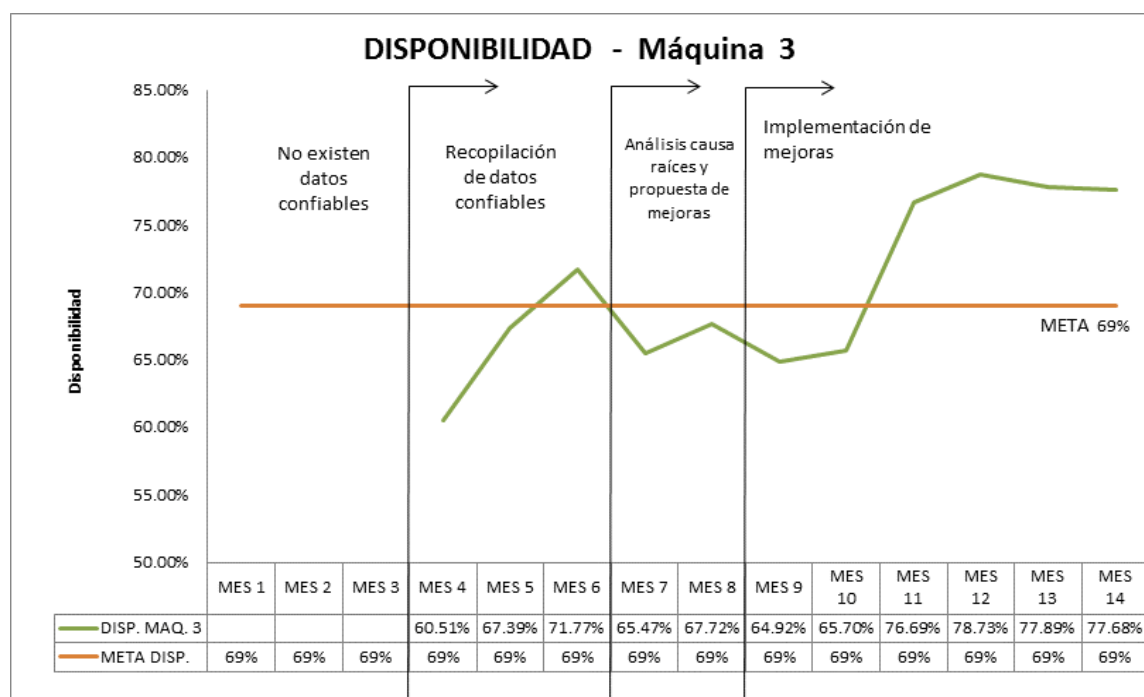


Figura 4.5 Indicador de disponibilidad para máquina 3.

La figura 4.5 muestra la tendencia que tuvo la disponibilidad durante el desarrollo del proyecto. Podemos observar al partir del mes 12 la estabilidad en disponibilidad.

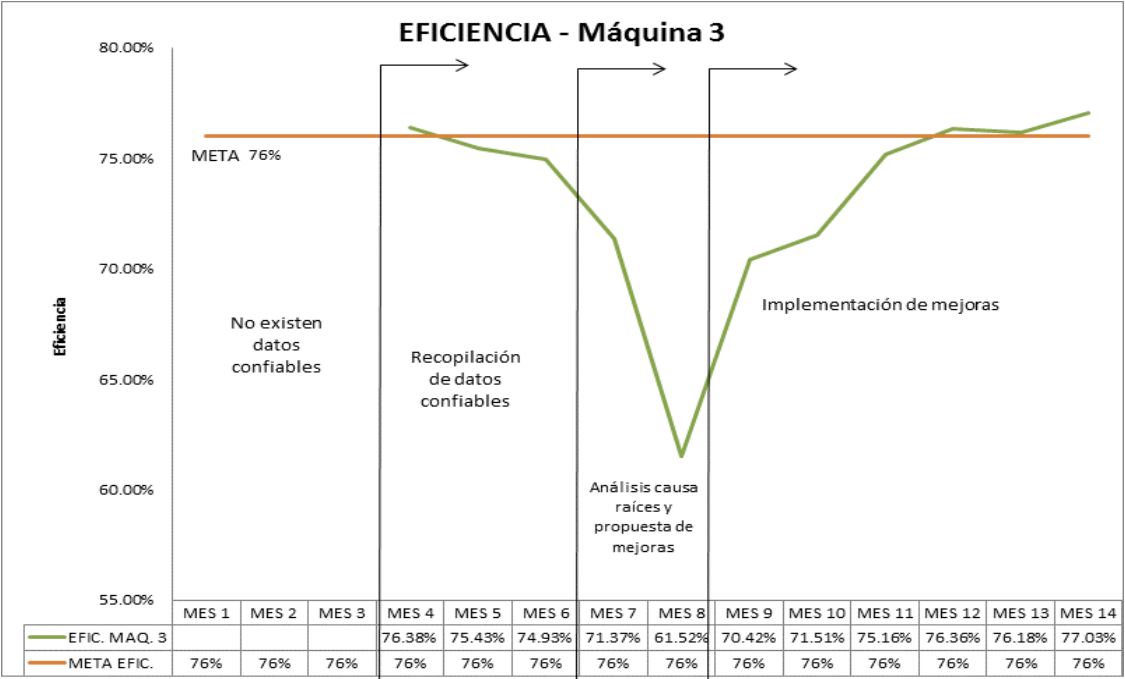


Figura 4.6 Indicador de eficiencia para máquina 3.

La figura 4.6 muestra la eficiencia de la máquina 3 durante todo el proyecto. En donde vemos que la meta es alcanzada y estable a partir del mes 12. Mientras que para la máquina 4 tenemos la figura 4.7 para la disponibilidad y la figura 4.8 para la eficiencia.

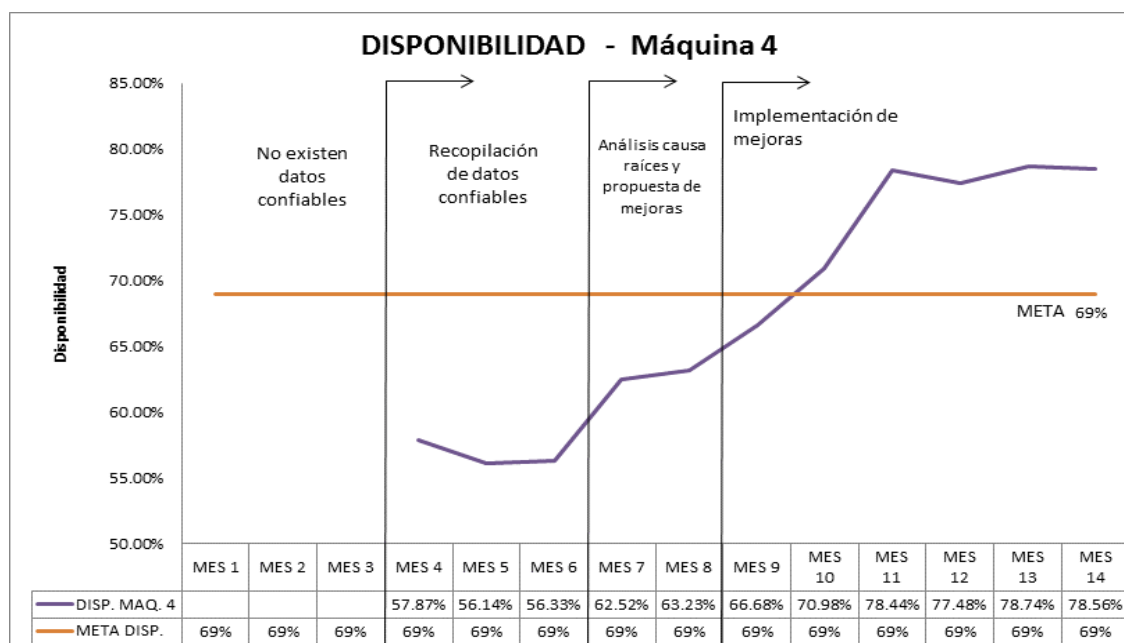


Figura 4.7 Indicador de disponibilidad para máquina 4.

En la figura 4.7 tenemos que la disponibilidad para la máquina mejora a partir del mes 10 hacia los siguientes meses.

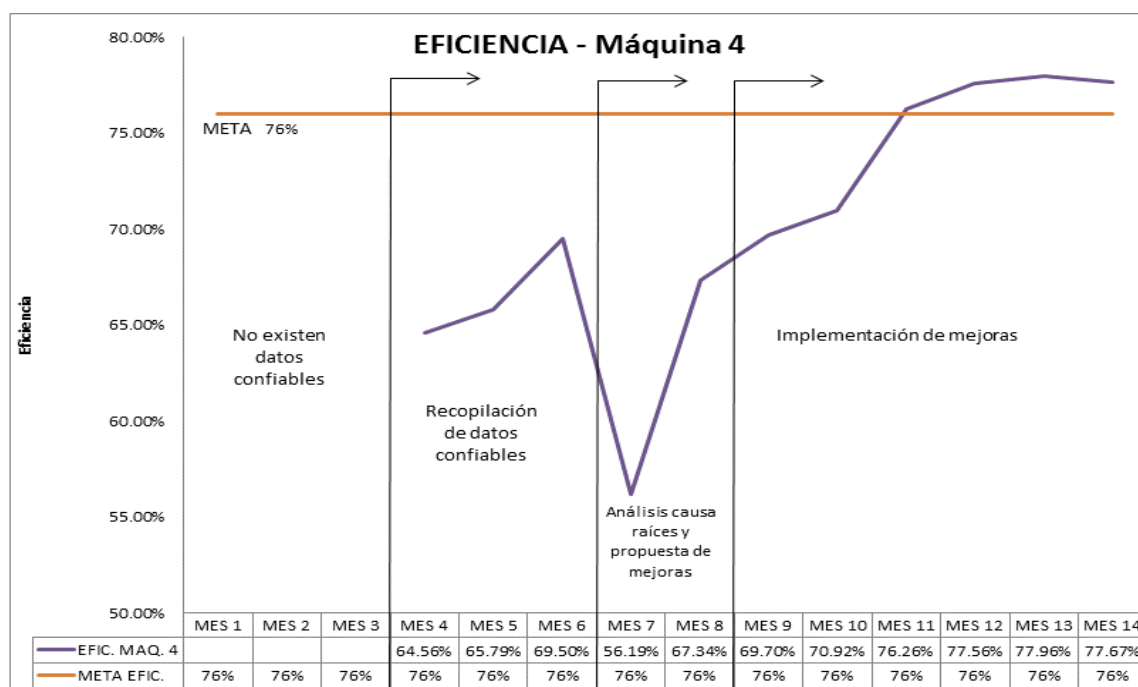


Figura 4.8 Indicador de eficiencia para máquina 4.

En cuanto a la eficiencia podemos ver su estabilidad a partir del mes 11. Y para la máquina 5 tenemos la figura 4.9 y 4.10 para la disponibilidad y la eficiencia.

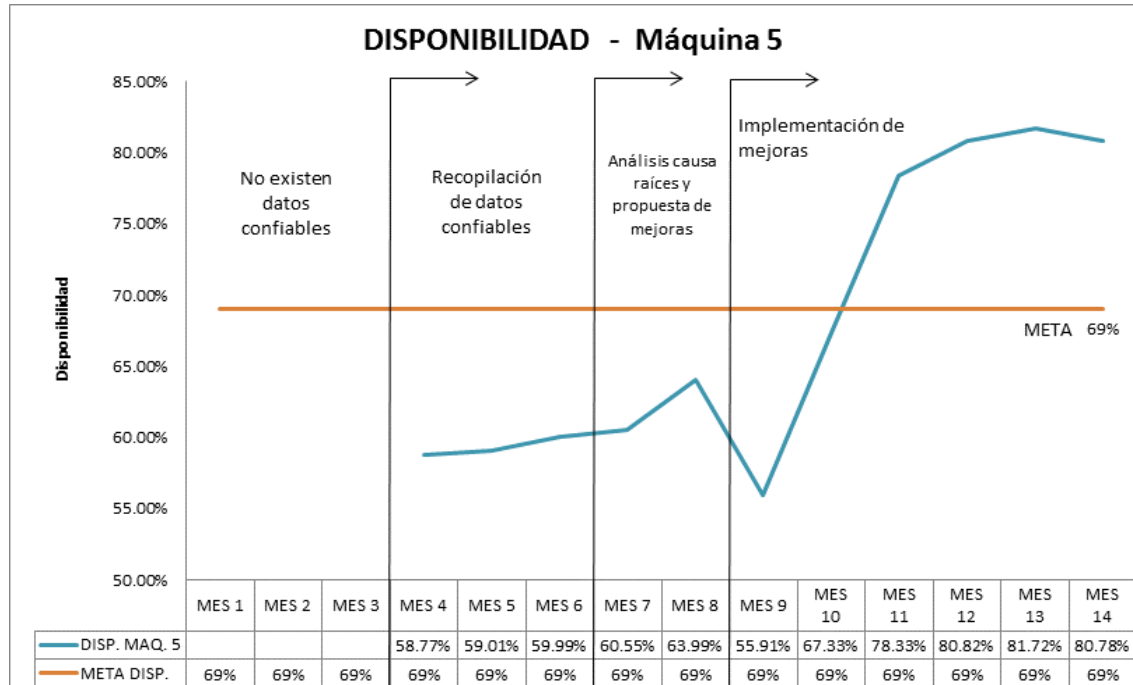


Figura 4.9 Indicador de disponibilidad para máquina 5.

La figura 4.9 muestra la disponibilidad de la máquina 5 durante el tiempo de estudio del caso, en donde observamos la estabilidad a partir del mes 11.

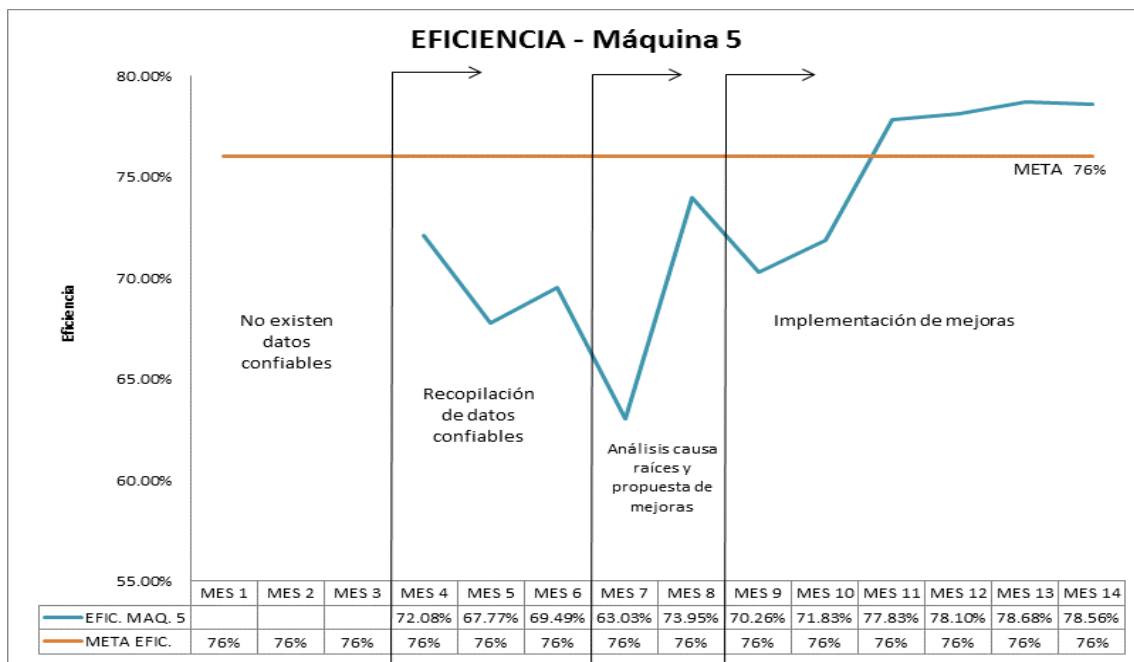


Figura 4.10 Indicador de eficiencia para máquina 5.

Para la eficiencia tenemos una estabilidad y la meta cumplida a partir del onceavo mes de estudio (figura 4.10).

Con esta información nos damos cuenta que las 5 máquinas han alcanzado e incluso rebasado las metas establecidas, por lo que al comparar las condiciones iniciales con las finales, tenemos que la disponibilidad promedio de las máquinas estaba alrededor del 63.8%, al termino del proyecto se mejoró a un 78.64%. Lo cual nos dice que las mejoras permitieron aumentar la disponibilidad de los equipos en un 14.84%.

Para la eficiencia al inicio del proyecto se tenía un promedio del 64.16%, y al final las mejoras implementadas permitieron mejorarla a un 78%. Lo cual nos indica que ahora la producción será un 13.83% mayor que la anterior.

En cuanto para la mejora de los tiempos de ciclo podemos ver en la figura 4.3 los resultados de dichas implementaciones.

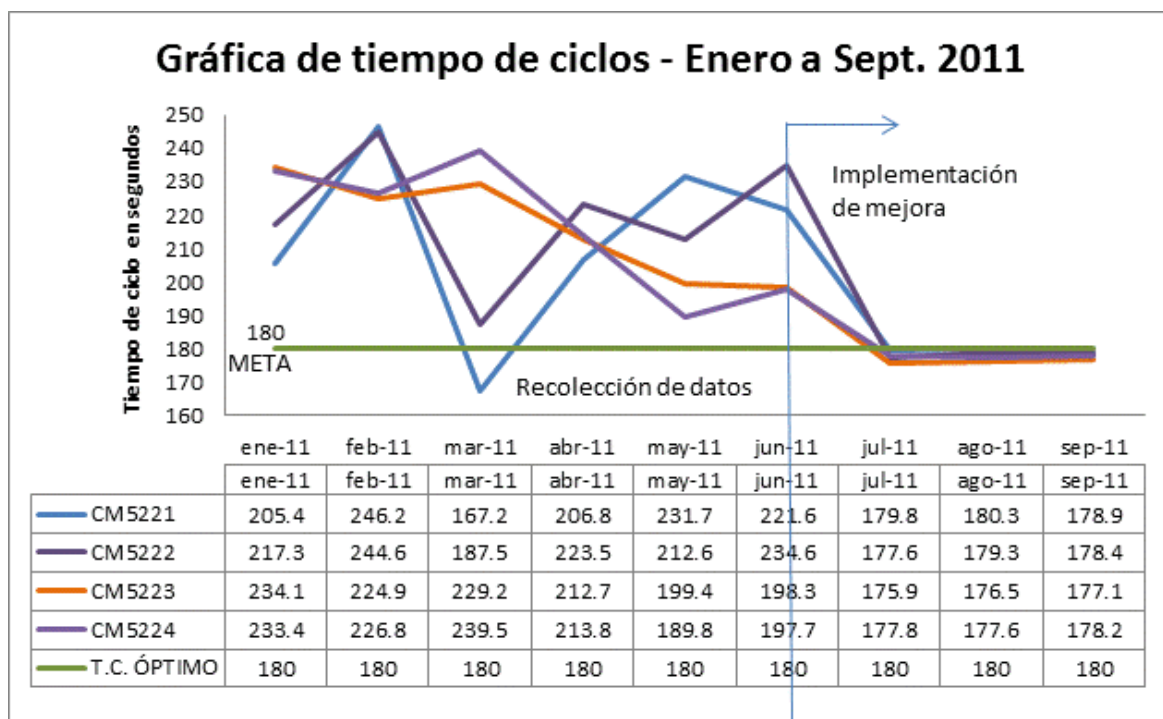


Figura 4.11 Comportamiento tiempo de ciclos.

La figura 4.11 nos muestra el comportamiento de los tiempos de ciclos de los moldes más importantes de la empresa (CM5221, CM5222, CM5223 y CM5224). Como podemos observar del mes de enero al mes de mayo el comportamiento es inestable y por encima del tiempo óptimo de 180 segundos ya que durante ese tiempo no se llevó a cabo ninguna mejora, pero para el mes de junio al comenzar a implementar la mejora, se puede ver como a partir de julio los tiempos de ciclo se reducen por debajo del óptimo y se mantiene una estabilidad durante los siguientes meses.

En el anexo B (pág. 217) podemos ver como evidencia de la mejora aplicada el formato F-PRO- 046 Ajuste de arranque de presa Kurtz (Mejorado), en donde vemos que al mantener los vapores y el agua dentro de los rangos indicados, se reduce el tiempo de ciclo.

Al inicio del estudio podemos observar que el promedio de los tiempos de ciclos en los moldes era de 216.60 segundos, al aplicar la mejor esta se redujo a 178.11 segundos, lo cual nos indica que ahora los moldes producirán más.

4.2 Resultado de metas establecidas

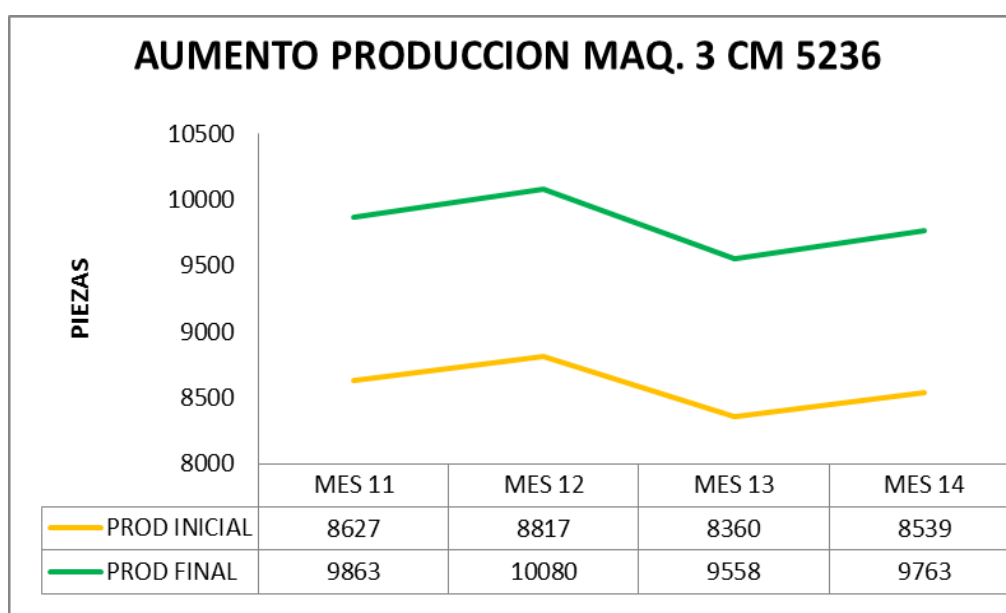
Además de mejorar los factores de disponibilidad y eficiencia también se cumplieron las otras metas establecidas al inicio del proyecto:

- Se modificaron los reportes de producción para tener una mejor veracidad en la recolección de los datos para pronosticar las condiciones iniciales de la Efectividad Global del Equipo (EGE), así como se capacitó al personal sobre el mismo para encontrar la causa raíz del problema y posteriormente tomar medidas correctivas en las desviaciones obtenidas. También se crearon otros reportes, los cuales vinieron a dar soporte a la implementación de los cambios realizados.
- Se implementó la metodología 5's en el área de mantenimiento para organizar el área de trabajo y ser más flexible los cambios de moldes, lo que permitió una reducción en los tiempos de cambio al tener las herramientas y materiales en lugares específicos.
- Se aplicó la técnica SMED para dos tipos de máquinas, lo cual permitió una reducción de tiempos del 30 al 50% al eliminar actividades que no agregaban valor, cambiar la manera de hacer más fácil algunas cosas y determinar las actividades externas de las internas.
- Se analizó el origen de la variabilidad en los tiempos de ciclos de los moldes más importantes de la empresa, llevando a cabo un análisis de los parámetros que intervienen, así como de las características del tipo de materia prima que estos utilizan, lo cual permitió una reducción en los tiempos permitiendo eficientizar los ciclos de producción.

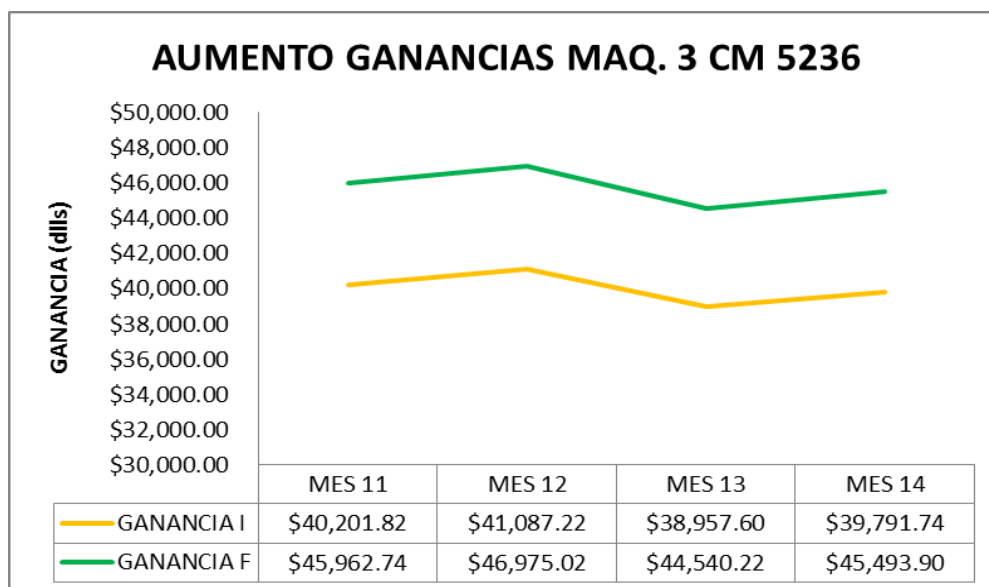
Es importante aclarar que aunque se hayan cumplido con las metas, es necesario seguir trabajando sobre la mejora del EGE, ya que mientras mayor sea nuestro indicador mejor será el control que podamos tener sobre nuestros equipos y procesos.

4.3 Reflejo de mejoras en producción

Como sabemos para las empresas lo más importante es producir más con menos por lo que es importante mostrar el alcance de estas mejoras. En la figura 4.12 veremos como la máquina 3 con el molde CM 5236 refleja los beneficios obtenidos de las mejoras implementadas a partir de un aumento en la producción a partir de mantener una estabilidad en los indicadores.



(a)



(b)

Figura 4.12 Ejemplo de mejora: (a) aumento de producción después de las mejoras aplicadas, (b) ganancias obtenidas después de las mejoras.

Como se puede observar en la figura 4.12 las mejoras implementadas se ven reflejadas en un aumento en la producción y por consiguiente un aumento en las ganancias, para este molde las ganancias ascienden alrededor de \$5,733 dólares por mes.

Conclusiones

De acuerdo al desarrollo y los resultados obtenidos del proyecto se puede concluir lo siguiente:

- En toda empresa es esencial establecer y estar monitoreando los indicadores principales, ya que no se puede controlar lo que no se puede medir, y si no se conoce el comportamiento del proceso, no se puede detectar a tiempo los problemas que pueden llegar a generarse.
- El estudio del EGE permite analizar de manera global el estado de los equipos, pero a la vez permite detectar el problema principal, enfocándonos en lo más importante sin desperdiciar tiempo en otras cosas.
- Para que el estudio del EGE sea un éxito es importante que la recolección de los datos sean confiables, ya que de ahí se parte el desarrollo de cualquier estudio.
- Ya que el EGE solo nos permite hacer un diagnóstico sobre las condiciones de nuestros equipos y detectar el problema principal, es importante considerar la implementación de herramientas de Manufactura Esbelta y Seis Sigma las cuales permitirán lograr las mejoras.
- Gran parte del éxito dependerá del involucramiento de todo el personal de la empresa, por lo que es importante considerar a cada persona como parte del proyecto.

Recomendaciones

Podemos determinar que una buena aplicación del EGE puede permitir a cualquier empresa hacer un análisis detallado en sus tres áreas básicas: disponibilidad, eficiencia y calidad, permitiéndole detectar la mejor área de oportunidad y sobre ella trabajar para obtener mejoras que beneficien no solo a la empresa sino también a los clientes.

La clave del éxito en la aplicación del EGE dependerá en gran parte de la recolección de los datos, es importante que la información en la que se basen los proyectos sea verídica para que el análisis posterior nos arroje el verdadero problema, si no es así, no importa que tan bien apliquemos las fórmulas ya que los resultados arrojados nos llevarán en dirección opuesta al problema real, y por más mejoras que llevemos a cabo el EGE jamás mejorará. Por eso es importante estar capacitando al personal constantemente sobre todo si es muy rotativo en el caso de esta empresa para así mantener las mejoras que se han implementado.

El monitoreo de los indicadores de la efectividad global del equipo (EGE) es fundamental para que una empresa sea productiva, por lo que se recomienda mucho insistir en su rastreo. Se debe continuar revisando periódicamente el estado de los tres factores del EGE.

Es importante, en el caso de las 5's no dejar de hacer las auditorías, ya que estamos hablando de malos hábitos que no fácilmente cambian de la noche a la mañana, por lo que mediante esta actividad se puede detectar a tiempo las anomalías y evitar a tiempo algún retroceso en las mejoras implementadas.

Otra recomendación es cambiar por completo los sujetadores de los resortes vistos en la sección 3.4.1.2 ya que eso nos permitirá reducir más los tiempos de cambio, sobre todo cuando hablamos de moldes que utilizan un gran número de resortes.

No se debe de olvidar en continuar con la inversión de los botadores y resortes restantes recomendados en la sección 3.4.3.1 ya que para mejorar el problema de piezas atoradas es necesario contar con el material suficiente para evitar que el problema se vuelva a agudizar.

También debe considerarse la inversión de un compresor para el área de servicios, ya que con la alarma que se instaló el problema se ha controlado más no se ha eliminado, el control no funciona, así que debe sustituirse por otro, sino este problema volverá a presentarse al llegar a término la vida útil del aparato.

Bibliografía

Aghili Shaun. El método Seis Sigma en auditoría interna. Colegio de Contadores Públicos de México. Abril 2010. México. D. F. Pags. 10.

http://ccpm.compuaccion.com/veritas/abril2010/metodo_sigma.pdf

Alonzo González Hugo Leonel. Una herramienta de mejora, el EGE (efectividad global del equipo). Revista Contribuciones a la Economía. Octubre 2009.

<http://www.eumed.net/ce/2009b/hlag.htm>

Arias Leonel, Portilla Liliana, Castaño Juan Carlos. Aplicación de Six Sigma en las Organizaciones. Scientia et Technica Año XIV, No 38, Junio de 2008. Universidad Tecnológica de Pereira. Pags. 6.

Arrieta Posada Juan Gregorio, Botero Herrera Victoria Eugenia, Romano Martínez María Jimena. Benchmarking sobre manufactura esbelta (lean manufacturing) en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia. Revista Ingeniería Primero Vol. 15 No. 28. Pags. Junio 2010. Pags. 31.

Báez Yolanda, Limón Jorge, Tlapa Diego, Rodríguez Manuel. Aplicación de Seis Sigma y los métodos de Taguchi para el incremento de la resistencia a la prueba de jalón de un diodo emisor de luz. Información Tecnológica Vol. 21, No. 1, Año 2010. Pags. 14.

Barcia Villacreses Kleber F., Hidalgo Castro Daniel S. Implementación de una metodología con la técnica 5's para mejorar el área de Matricería de una empresa extrusora de aluminio. Revista Tecnológico ESPOL, Vol. 18, No. 1, Octubre 2006. Pags. 7.

Barcia Villacreses Kleber F. Metodología para identificar y eliminar desperdicios en ambientes de oficina. Revista Tecnológica ESPOL, Vol. 18, No. 1, Octubre 2005. Pags. 5.

Caja de herramientas. Infomipyme.com. Año 2007.

http://www.infomipyme.com/Docs/GENERAL/Offline/GDE_07.htm

Cardona Giraldo Giovanni, Martelo Gomina Mauricio. Aplicación de estrategias de mejoramiento continuo en un centro de colisión automotriz. Medellín, Colombia. Pags. 8.
<http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P658.56C268A/articulo.pdf>

Carlos. Andon. Abril 2009
<http://industrial09.obolog.com/andon-227716>

Cruz Ruíz Roberto Javier. Una aproximación al pensamiento Lean hacia las empresas y naciones esbeltas. APICS Capítulo México. Pags. 8.
<http://www.apics.org.mx/files/2014/PensamientoLean.pdf>

Chand G., Shirvani B.Implementation of TPM in cellular manufacture. Journal of materials Processing Technology. No. 103, 2002. Pags. 6

Dembinske Panizza Hernán Santiago. Aplicación del sistema Seis Sigma (Six Sigma) en la industria de servicios. Estrategía y dirección estratégica. Mayo 2010.
<http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/aplicacion-seis-sigma-industria-servicios.htm>

José Manuel Díaz. Implementación 5's en el área de mantenimiento en la empresa Vidrios Marte S. A. de C. V. Año 2008. Pags. 45.
<http://www.slideshare.net/pilcate86/romano-2282162>

Franco Omayra, Hernández Juan, Méndez Angélica, Lozada Jaime. Utilización de la metodología Seis Sigma para el mejoramiento del proceso de adquisición en los tiempos de entrega de las compras en una empresa dedicada a la producción de productos químicos (Cloro) situada en la ciudad de Guayaquil. Escuela Superior Politécnica de Litoral. Año 2007. Pags. 8.
<http://www.docstoc.com/docs/20079878/Utilización-de-la-Metodología-Six-Sigma-para-el-mejoramiento>

Galicia Moysen, Francisco Javier. Aplicación del modelo de calidad “Seis Sigma” para la reducción de costos en una empresa. Instituto Politécnico nacional. México, D. F. Abril 2008. Pags. 52

<http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/100/1/TESISgaliciamoysen.pdf>

González Bahamonde Aitor Igor. Estudio para la implementación del TPM (Mantenimiento Productivo Total) en un hotel de Salou, España. Enero 2010. Salou, España. Pags. 204.

<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/8949/1/MEMORIA.pdf>

González Correa Francisco. Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales herramientas. Revista Panorama Administrativo Año 1 No. 2 enero – junio 2007. México D. F. Pags. 14.

González Zúñiga José Fidencio Domingo, Escalante Lago Amparo, Trejo Parada Esperanza Guadalupe. Sistemas de Manufactura con desperdicio aproximado a “cero”. IPN UPIICSA México. Enero 2007. Pags. 21.

<http://www.sepi.upiicsa.ipn.mx/PRINV/rfindgz.pdf>

Gutiérrez Garza Gustavo. Aterrizando Seis Sigma. Ediciones Castillo. Primera edición. Monterrey Nuevo León, México. Pags. 181. Año 2002.

Gutiérrez P. Humberto, De La Vara Salazar Román. Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. Mc Graw Hill/Interamericana Editores, S. A. de C. V. Segunda edición. México, D. F. Año 2009. Pags. 482.

Jiménez V., Bermejo M., Muñoz I., Esparza A., Gil A., Gómara Y., Mazo S., Galilea M., Rincón G., Antoñanzas P., Pérez E., Solano C. Aplicación de técnicas lean-seis sigma para mejorar la logística sanitaria. Septiembre 2007. Pags. 12.

<http://www.cnc-logistica.org/congreso-cnc/documentos/38.pdf>

Leal Trangay, Rodrigo Emilio. Aplicación de la metodología DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) de Seis Sigma para la mejora del retorno sobre activos de la

flota de renta de maquinaria pesada. Universidad de San Carlos de Guatemala. Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial. Enero 2005, Guatemala. Pags. 208.

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_5919.pdf

Lefcovich Mauricio. Just in time: El camino a la excelencia. Septiembre 2005

<http://www.gestiopolis.com/canales5/ger/justcamino.htm>

Liker, J. (2004) The Toyota Way, McGraw Hill, New York, U.S.A. Año 2004.

Márquez Adame Israel, Musso Miguel. Apuntes Diplomado Manufactura Esbelta. Universidad Autónoma de Baja California. Año 2005.

Naranjo Flores Arnulfo Aurelio, Ramírez Cárdenas Ernesto, Portugal Vásquez Javier, Lizardi Duarte María del Pilar. Manufactura Esbelta: propuesta de mejora al proceso productivo de una empresa dedicada a la elaboración y comercialización de frituras. Instituto Tecnológico de Sonora. Pags. 21.

http://antiguo.itson.mx/Publicaciones/contaduria/CIN_Oct_2008/frituras_esbeltas.pdf

Niño Eduardo. Tiempo de ciclo. Febrero de 2011

http://es.scribd.com/eduardo_ni%C3%B1o

Padilla Lillian. Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta/Ágil). Revista Electrónica Ingeniería Primero No. 15 – Enero, 2010 .Pags.6

Paredes Rodríguez Francis. Preparación rápida de máquinas: El sistema SMED. Julio 2007. Pags. 5

<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/SMED.pdf>

Pedraza Lina Marcela. Mejoramiento productivo aplicando herramientas de Manufactura Esbelta. Revista Soluciones de Postgrado EIA, No. 5, Marzo 2010. Pags. 16.

PGG Consultores. Servicio de consultoría en planificación, productividad y gestión. Gestión y cambio organizacional. Pags. 16

<http://www.detextiles.com/files/6%20SIGMA.pdf>

Pineda Mandujano Karla. Manufactura Esbelta. Año 2004. Pags. 37

<http://www.gestiopolis.com/recursos2/documentos/fulldocs/ger/manesbelta.htm>

Pineda Mandujano Karla. Manufactura Esbelta. Otros conceptos administrativos. Febrero 2004. Pags. 37

<http://www.gestiopolis.com/recursos2/documentos/fulldocs/ger/manesbelta.htm>

Polioles S.A. de C.V. Manual de capacitación para operadores de poliestireno expandible. México D. F. Enero 2007 pags. 29

Quijano Ponce de León Andrés. Capacidad y localización de planta. Año 2003. Bogota, Colombia. Pags. 9.

Romo Palma Ana Beatriz. Aplicación de la técnica SMED para el set up de cambio rápido en línea Lamination de la empresa PROMASA S.A. Planta Puertas. Universidad del Bio-Bio. 12 Enero 2009. Pags. 124.

http://cybertesis.ubiobio.cl/tesis/2009/romo_a/doc/romo_a.pdf

Sales Matías, Pérez Marcelo. Diagrama de Pareto. Gestipolis.com. La comunidad latina de estudiantes de negocios. Año 2002. Pags. 8.

<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/eco/diagramapareto.htm>

Satizábal Minota Harold Andrés. Lean Manufacturing – Producción Esbelta. Año 2009

www.tecbuenaventura.com/index.php?

Spear, S. & Bowen, K. La Decodificación del ADN del Sistema de Producción Toyota, Harvard Business Review, mayo-junio de 2000.

Tomati, Fernando Jorge. Aplicación de Six Sigma en la Industria Química. Ingeniería Química, de la Asociación de Ingenieros Químicos del Uruguay, No. 37, Junio 2010. Pags. 7.

<http://www.hltnetwork.com/imagenes/Six-sigma-ind-quimica.pdf>

Venegas Sosa Rolando Alfredo. Manual de las 5's. Noviembre 2005. Pags. 69.

<http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/seis-sigma-deming.htm>

Yepes, Víctor; Pellicer, Eugenio. Aplicación de la metodología Seis Sigma en la mejora de resultados de los proyectos de construcción. Universidad Politécnica de Valencia. Año 2004.

Pags. 8

<http://personales.upv.es/vyepesp/05YPX01.pdf>



Círculo de la amistad #2698 Parque Industrial
"Mexicali IV" Mexicali, B.C. México C.P. 21210

Molde:

Maquina

Modelo

F-PRO-042 Control de producción y rechazo

				RECHAZOS														TIEMPO MUERTO en Horas/Minutos																			
Silo	Hora	Tempo ciclo	Peso Humedo	Parte	Pzas. Cnudas	Pzas. Hinchadas	Quebrado	Contaminada	Pobre Llenado	Daño de Botador	Atorada	Perla Virgen	Piezas Pandas	Pzas. Reventadas	Total Rechazado	Cant. Ciclos	Prueba 1er artículo	Piezas atoradas	Falta de material	Mangueras tapadas	Falta de Personal	Limpieza de molde	Molde dañado	Falta de llenado	Falta de botador	Cambio de molde	Set-up (ajuste)	Falla de servicios	Falla mecánica	Falla Hidráulico	Pzas. Fuera de Dimension	Total Tiempo Muerto	Coments. Firma Mantenimiento				
				Top																																	
				Bottom																																	
				Center																																	
				Top																																	
				Bottom																																	
				Center																																	
				Top																																	
				Bottom																																	
				Center																																	
				Top																																	
				Bottom																																	
				Center																																	
				Top																																	
				Bottom																																	
				Center																																	
				Top																																	
				Bottom																																	
				Center																																	
				Top																																	
				Bottom																																	
				Center																																	
Totales			Top																																		
			Bottom																																		
			Center																																		

Silo/Tanque	Hora	Tipo Materia	Densidad	Fecha Preexpansion	Tiempo Reposo

	Top	Bottom	Center		
Cant. Ciclos					
Partes Producidas					
Partes Aceptadas					
Partes Rechazadas					

F-PRO-116 Inventario de pistolas

Técnico: _____
Supervisor: _____

Fecha: _____

ÁREA DE MÁQUINAS

MÁQUINAS	MOLDE	NÚM. DE PISTOLAS
M1 - Erlenbach		
M2- Erlenbach		
M3 - Erlenbach		
M4 - Kurtz 1317		
M5 - Kurtz 1317		
M6 - Kurtz 1014		
M7 - Hirsch 1014		
M9 - Kurtz 1014		
M10 - Daysen		
M11 - Kurtz 1317.5		
M12 - Kurtz 710		
TOTAL		

ÁREA DE PISTOLAS

CON SERVICIO	SIN SERVICIO

TOTAL DE PISTOLAS

PISTOLAS EN EXISTENCIAS	PISTOLAS INVENTARIADAS

Comentarios: _____

F-PRO-117 Auditoría cambio de molde

PREGUNTAS	SI	NO
1. ¿El técnico conoce que herramientas, partes o utensilios que utilizará durante el cambio de molde?		
2. ¿Se cuenta con la herramienta necesaria en el área de trabajo?		
3. ¿El técnico conoce las operaciones básicas para los cambios de molde?		
4. ¿El procedimiento que actualmente se lleva para el cambio de molde es el establecido?		
5. ¿Se lleva a cabo en orden y en limpieza el cambio de molde?		
6. ¿La herramienta a utiliza es la requerida de acuerdo al molde?		
7. ¿Las pistolas a montar son previamente revisadas?		
8. ¿Los botadores son previamente revisados?		
9. ¿La resistencia de los resortes a utilizar son revisadas antes de iniciar un cambio de molde?		
10. ¿Se revisan que las mangueras abierto / cerrado tenga un flujo de aire antes de un inicio de cambio de molde?		
11. ¿Los conectores de agua son checados previamente al cambio de molde?		
12. ¿Los anillos a montar se encuentran limpios de silicón antes de ser utilizados?		
13. ¿Las barras de ajuste son previamente revisadas al cambio de molde?		
14. ¿Se encuentran acomodadas las pistolas en el área de trabajo antes de iniciar la preparación del molde?		
15. ¿Están los botadores que se necesitan para la preparación del molde acomodados en el área de trabajo?		
16. ¿Los resortes a utilizar se encuentran en un área específica y de fácil acceso para la preparación del molde?		
17. ¿Las mangueras abierto / cerrado se encuentran acomodadas en el área de trabajo de preparación de molde?		
18. ¿Los conectores de agua están listos en el área de trabajo para ser colocados?		
19. ¿Los anillos a utilizar son de fácil acceso?		
20. ¿Se cuenta con un lugar específico en el área de trabajo para las barras de ajuste?		
21. ¿La herramienta es colocada en su lugar al término de un cambio de molde?		
22. ¿La tornillería sobrante es colocada en el lugar que le corresponda?		
COMENTARIOS:		



Marko de México S. de R.L. de C.V.
Círculo de la amistad #2698
Parque Industrial "Mexicali IV" Mexicali, B.C. México C.P. 21210

F-PRO-118 Lista de chequeo para cambio de moldes

Datos generales

Fecha: _____

Supervisor: _____

Hora de inicio: _____

Turno: _____

Técnico: _____

Hora final: _____

Máquina: _____

Listado de herramientas a utilizar

TORNILLOS	CANTIDAD
Tornillo 12 x 70 mm	
Tornillo 12 x 60 mm	
Tornillo 12 x 40 mm	
Tornillo 12 x 30 mm	
Tornillo 10 x 60 mm	
Tornillo 10 x 40 mm	
Tornillo 10 x 30 mm	
Tornillo 8 x 60 mm	
Tornillo 8 x 50 mm	
Tornillo 8 x 40 mm	
Tornillo 8 x 30 mm	
Tornillo 8 x 25 mm	

Tornillo hexagonal 1/2" x 2 1/2 "	
Tornillo hexagonal 5/16" x 2 1/2 "	
Tornillo hexagonal 5/16" x 2"	
Tornillo hexagonal 5/16" x 1 1/2"	
Tornillo hexagonal 5/16" x 1 3/4"	
Tornillo hexagonal 5/16" x 1"	

TUERCAS	CANTIDAD
Tuerca 12 mm	
Tuerca 10 mm	
Tuerca 8 mm	
Tuerca 1/2"	
Tuerca 5/16"	

HERRAMIENTA	CANTIDAD
Llave L 5 mm	
Llave L 6 mm	
Llave L 8 mm	
Llave L 10 mm	
Llave L 1/4"	

Llave mixta 17 mm	
Llave mixta 3/4 "	
Llave mixta 1/2"	

Llave stilson	
---------------	--

Dado 17 mm	
Dado 30 mm	
Dado 30 mm de entrada 3/4"	
Dado 26 mm	
Dado 3/4"	
Dado 1/2"	

Desarmador de caja 5/16"	
Desarmador de caja 1/4"	

Maneral 3/4"	
Adaptador 40 mm	
Impacto eléctrico de aire 1/2"	
Rache neumático 1/2"	

UTENSILIOS / PARTES	CANTIDAD
Pistolas	
Botadores	
Anillos	
Resortes	
Abrazaderas	
Silicón	
Cinta adhesiva	
Manguera abierto	
Mangueras cerrado	
Mariposas	



Marko de México S. de R.L. de C.V.
 Círculo de la amistad #2698 Parque Industrial "Mexicali IV"
 Mexicali, B.C. México C.P. 21210

F-PRO-119 Programa de mantenimiento mensual

Nombre y firma de responsable: _____ Mes: _____ Año: _____																															
EQUIPO	DÍAS																														
	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
Molde (_____)																															
Pistolas																															
Irrigadores																															
Anillos																															
Mangueras																															
Botadores																															
Resortes																															
Máquina 1																															
Máquina 2																															
Máquina 3																															
Máquina 4																															
Máquina 5																															
Máquina 6																															
Máquina 7																															
Máquina 8																															
Máquina 9																															
Máquina 10																															
Máquina 11																															
Servicios (_____)																															
Comentarios: _____																															

F-PRO-046 Ajuste de arranque de prensa Kurtz (A)

 de México, S. de R.L. de C.V.	Marko de México S. de R.L. de C.V. Círculo de la Amistad #2698 Parque Industrial "Mexicali IV" Mexicali, B.C. México C.P. 21210.	Molde: <i>CM 5321</i>
--	--	--------------------------

F-PRO-046 Ajuste de arranque de prensa kurtz										
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Datos generales										
Fecha:	11/08/11									
Turno:	1									
Hora:	9:30									
Máquina:	11									
Tiempo de reposo:	36									
Tiempo de ciclo:	204									

B Menú de tiempo										
1.- Reserve:	4.0									
2.- Pre-blow:	3.0									
3.- Back blow:	8.0									
4.- Rinsing:	3.0									
5.- Steam 11:	42.0									
6.- Cooling M1:	65.0									
7.- Draining:	5.0									
8.- Cooling air:	1.0									
9.- Transfer air:	1.0									
10.- Reserve:	4.0									
11.- Filling:	50.0									
12.- Steam retarding:	2.0									
13.- Steam M1:	41.0									
14.- Autoclave:	15									
15.- Cooling M2:	65.0									
16.- Stabilizing:	1.0									
17.- Cycle break:	8.0									
18.- Condensation cooling:	10.0									
19.- Condensation:	2.0									
20.- Fill material tank:	200									
21.- Reserve:	0.0									

D Menú de presiones										
Cross steam fixed side:	1.0									
Cross steam moving side:	1.0									
Autoclave fixed side:	1.1									
Autoclave moving side:	1.1									
Transfer air:	1.8									
Ejection air:	0.0									
Control air 2.5 bar:	1.0									
For foam pressure probe:	1.0									
Pressure filling tank:	—									

Observaciones										

F-PRO-046 Ajuste de arranque de prensa Kurtz (B)

	Marko de México S. de R.L. de C.V. Círculo de la Amistad #2698 Parque Industrial "Mexicali IV" Mexicali, B.C. México C.P. 21210.		Molde: <i>CM 5221</i>	
	F-PRO-046 Ajuste de arranque de prensa kurtz <i>P-340.</i>			
Datos generales				
Fecha:	<i>31/10/11</i>			
Turno:				
Hora:	<i>9:30</i>			
Máquina:	<i>5</i>			
Tiempo de reposo:	<i>4</i>			
Tiempo de ciclo:	<i>282</i>			
B Menú de tiempo				
1.- Reserve:	<i>0</i>			
2.- Pre-blow:	<i>3.0</i>			
3.- Back blow:	<i>3.0</i>			
4.- Rinsing:	<i>3.8</i>			
5.- Steam 11:	<i>8.5</i>			
6.- Cooling M1:	<i>130</i>			
7.- Draining:	<i>8.0</i>			
8.- Cooling air:	<i>3.0</i>			
9.- Transfer air:	<i>8.0</i>			
10.- Reserve:	<i>0</i>			
11.- Filling:	<i>20</i>			
12.- Steam retarding:	<i>1.5</i>			
13.- Steam M1:	<i>8.0</i>			
14.- Autoclave:	<i>2.3</i>			
15.- Cooling M2:	<i>150</i>			
16.- Stabilizing:	<i>1.0</i>			
17.- Cycle break:	<i>9.0</i>			
18.- Condensation cooling:	<i>10.0</i>			
19.- Condensation:	<i>2.0</i>			
20.- Fill material tank:	<i>160</i>			
21.- Reserve:	<i>0</i>			
D Menú de presiones				
Cross steam fixed side:	<i>1.0</i>			
Cross steam moving side:	<i>1.0</i>			
Autoclave fixed side:	<i>1.0</i>			
Autoclave moving side:	<i>1.0</i>			
Transfer air:	<i>1.0</i>			
Ejection air:	<i>1.8</i>			
Control air 2.5 bar:	<i>0.8</i>			
For foam pressure probe:	<i>0.8</i>			
Pressure filling tank:	<i>-</i>			
Observaciones				

F-PRO-046 Ajuste de arranque de presa Kurtz (Mejorado)

 de México, S. de R.L. de C.V.	Marko de México S. de R.L. de C.V. Círculo de la Amistad #2698 Parque Industrial "Mexicali IV" Mexicali, B.C. México C.P. 21210.	Molde: CM 5221
F-PRO-046 Ajuste de arranque de prensa kurtz		
Datos generales		
Fecha:	11/08/11	
Turno:	1	
Hora:	9:30	
Máquina:	51	
Tiempo de reposo:	36	
Tiempo de ciclo:	204	
B Menú de tiempo		
1.- Reserve:	4.0	
2.- Pre-blow:	3.0	
3.- Back blow:	8.0	
4.- Rinsing:	3.0	
5.- Steam 11:	42.0	
6.- Cooling M1:	65.0	
7.- Draining:	5.0	
8.- Cooling air:	1.0	
9.- Transfer air:	1.0	
10.- Reserve:	4.0	
11.- Filling:	50.0	
12.- Steam retarding:	2.0	
13.- Steam M1:	41.0	
14.- Autoclave:	15	
15.- Cooling M2:	65.0	
16.- Stabilizing:	1.0	
17.- Cycle break:	8.0	
18.- Condensation cooling:	10.0	
19.- Condensation:	2.0	
20.- Fill material tank:	200	
21.- Reserve:	0.0	
D Menú de presiones		
Cross steam fixed side:	1.0	
Cross steam moving side:	1.0	
Autoclave fixed side:	1.1	
Autoclave moving side:	1.1	
Transfer air:	0.8	
Ejection air:	0.0	
Control air 2.5 bar:	1.0	
For foam pressure probe:	1.0	
Pressure filling tank:	-	
Observaciones		

 <i>de México, S. de RL. de C.V.</i>	Aprobó: Gerente de Mantenimiento	No. Parte: N/A	Fecha: 23/Jun/11
	Revisó: Supervisor de Mantenimiento	Nombre de parte: Pistola de llenado	Revisión: 0
I-PRO-124 Mantenimiento a pistolas			Página: 1 de 7

Instrucciones
Mantenimiento a partes de pistolas a) Desarmar la pistola en sus partes para revisar cada una de ellas (ver fig. 1) PARTES: 1.- Pistón de accionamiento neumático. 2.- Distribuidor de material. 3.- Cilindro. 4.- Empaque punta de vitón. 5.- Punta de la pistola. 6.- Clamp. 7.- Abrazadera calmp. 8.- Cuadrioring. 9.- Conector rápido.



Pistola completa



Fig. 1 Partes de pistola

marko <i>de México, S. de RL. de C.V.</i>	Aprobó: Gerente de Mantenimiento	No. Parte: N/A	Fecha: 23/Jun/11
	Revisó: Supervisor de Mantenimiento	Nombre de parte: Pistola de llenado	Revisión: 0
I-PRO-124 Mantenimiento a pistolas			Página: 2 de 7

Instrucciones

Mantenimiento a partes de pistolas

b) Limpieza de cilindro.

En el cilindro de la pistola (ver fig. 2) la parte interna debe de estar limpia para que el pistón pueda hacer su desplazamiento sin ningún problema.

c) Limpieza de pistón de accionamiento neumático.

En la figura 3, se muestra el pistón, el cual debe ser limpiado de suciedad para posteriormente lubricarlo con grasa.



Fig. 2 Limpieza de cilindro



Fig. 3 Lubricación de pistón

marko <i>de México, S. de RL. de C.V.</i>	Aprobó: Gerente de Mantenimiento	No. Parte: N/A	Fecha: 23/Jun/11
	Revisó: Supervisor de Mantenimiento	Nombre de parte: Pistola de llenado	Revisión: 0
I-PRO-124 Mantenimiento a pistolas			Página: 3 de 7

Instrucciones

Mantenimiento a partes de pistolas

d) Distribuidor de material.

La figura 4 muestra el estado óptimo en que debe de estar el distribuidor de material, el cual debe de limpiarse de cualquier suciedad (grumos de grasa, perla) que puedan obstruir el paso del material.

e) Empaque punta de vitón.

El empaque de vitón debe de estar completo y limpio, en caso de que este roto debe de cambiarse por otro para evitar fugas para después ser colocado en el cilindro como se muestra en la figura 5.



Fig. 4 Distribuidor de material limpio



Fig. 5 Empaque de punta vitón

marko <i>de México, S. de RL. de C.V.</i>	Aprobó: Gerente de Mantenimiento	No. Parte: N/A	Fecha: 23/Jun/11
	Revisó: Supervisor de Mantenimiento	Nombre de parte: Pistola de llenado	Revisión: 0
I-PRO-124 Mantenimiento a pistolas			Página: 4 de 7

Instrucciones

Mantenimiento a partes de pistolas

f) Punta de pistola.

Al igual que en las demás partes la punta debe de estar limpia ya que por ella es donde se inyectará el material en el molde. Una vez limpia se coloca sobre el empaque de vitón como se muestra en la figura 6.

g) Clamp.

En el clamp lo que importa es que este completo (figura 7), no quebrado y que las ranuras sirvan, ya que es lo que mantendrá fija a la pistola en el molde.



Fig. 6 Punta de pistola



Fig. 7 Empaque de punta vitón

marko <i>de México, S. de RL. de C.V.</i>	Aprobó: Gerente de Mantenimiento	No. Parte: N/A	Fecha: 23/Jun/11
	Revisó: Supervisor de Mantenimiento	Nombre de parte: Pistola de llenado	Revisión: 0
I-PRO-124 Mantenimiento a pistolas			Página: 5 de 7

Instrucciones

Mantenimiento a partes de pistolas

h) Abrazadera clamp.

La abrazadera (fig. 8) debe deslizarse por el cilindro sin forzarse, verificar que este completa y que no esté sucia.

i) Cuadriring.

El cuadriring (fig. 9) debe de estar completo, no roto en caso de que así sea deberá cambiarse por uno nuevo.



Fig. 8 Abrazadera clamp



Fig. 9 Cuadriring

 <i>de México, S. de RL. de C.V.</i>	Aprobó: Gerente de Mantenimiento	No. Parte: N/A	Fecha: 23/Jun/11
	Revisó: Supervisor de Mantenimiento	Nombre de parte: Pistola de llenado	Revisión: 0
I-PRO-124 Mantenimiento a pistolas			Página: 6 de 7

Instrucciones

Mantenimiento a partes de pistolas

j) Conector rápido.

Al igual que las demás partes, el conector debe de limpiarse principalmente por dentro para buen flujo (fig. 10).

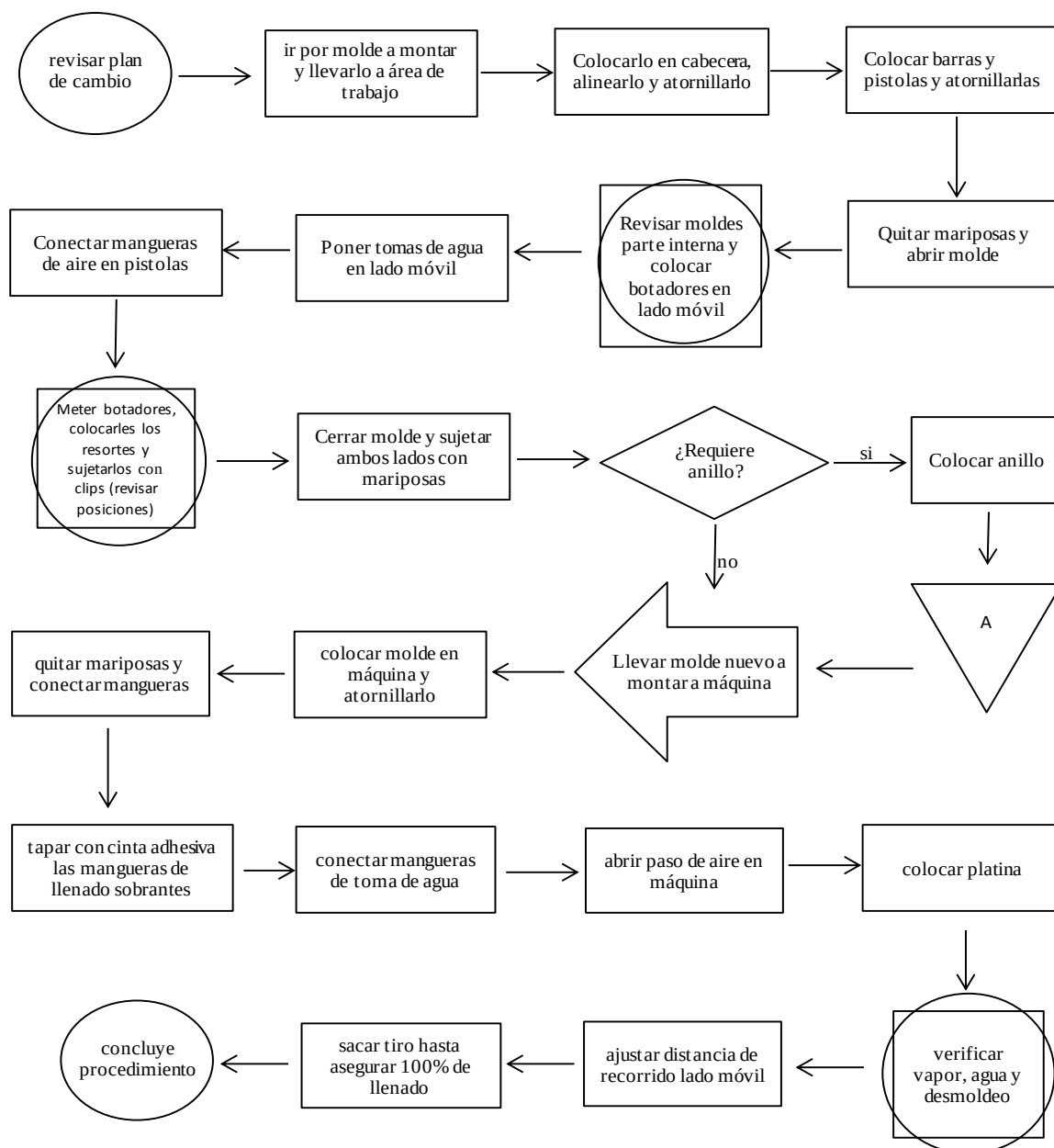


Fig. 9 Conector rápido

 <i>de México, S. de RL. de C.V.</i>	Aprobó: Gerente de Mantenimiento	No. Parte: N/A	Fecha: 23/Jun/11
	Revisó: Supervisor de Mantenimiento	Nombre de parte: Pistola de llenado	Revisión: 0
I-PRO-124 Mantenimiento a pistolas			Página: 7 de 7

Herramienta o equipo: 1. Pinzas. 2. Grasa. 3. Trapos.	Instrucciones de disposición: 1. N / A Lista de materiales: 1. N / A Características especiales: 1. N / A Req. de SPC: N/A Plan de reacción: - En caso de cualquier contratiempo con la operación notifique al supervisor de mantenimiento de la situación. - Siga las indicaciones que su jefe inmediato le señale
--	--

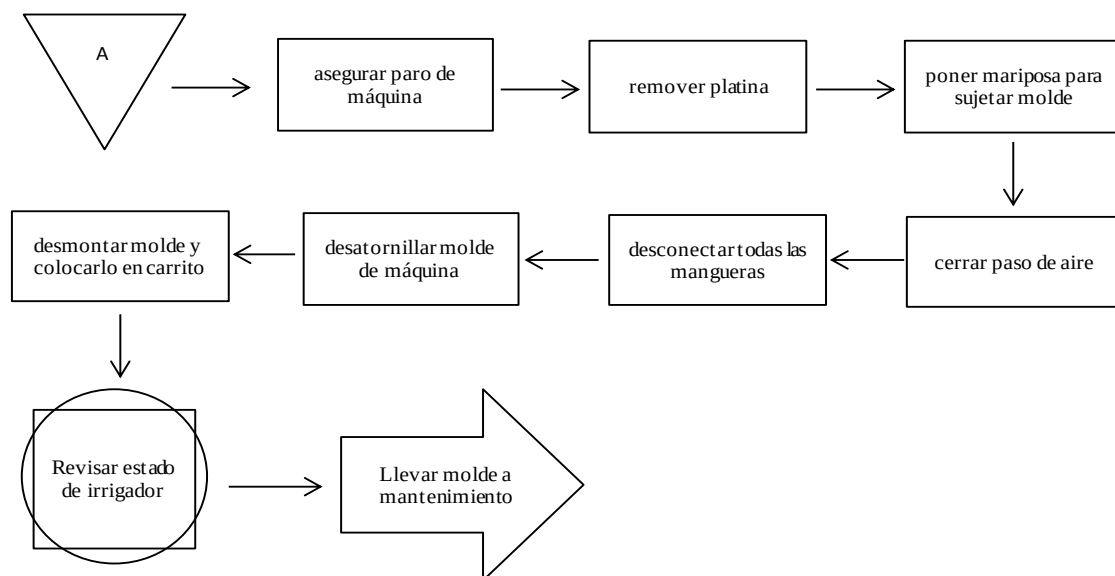
	Aprobado por: Gerente General				Fecha: Mar 2011	
	Revisado por: Gerente de Mantenimiento				Revisión: 00	
	P-PRO-016 Cambio de molde prensa Erlebach				Pág. 1 de 2	



Fecha:	mar-11					
Revisión:	00					

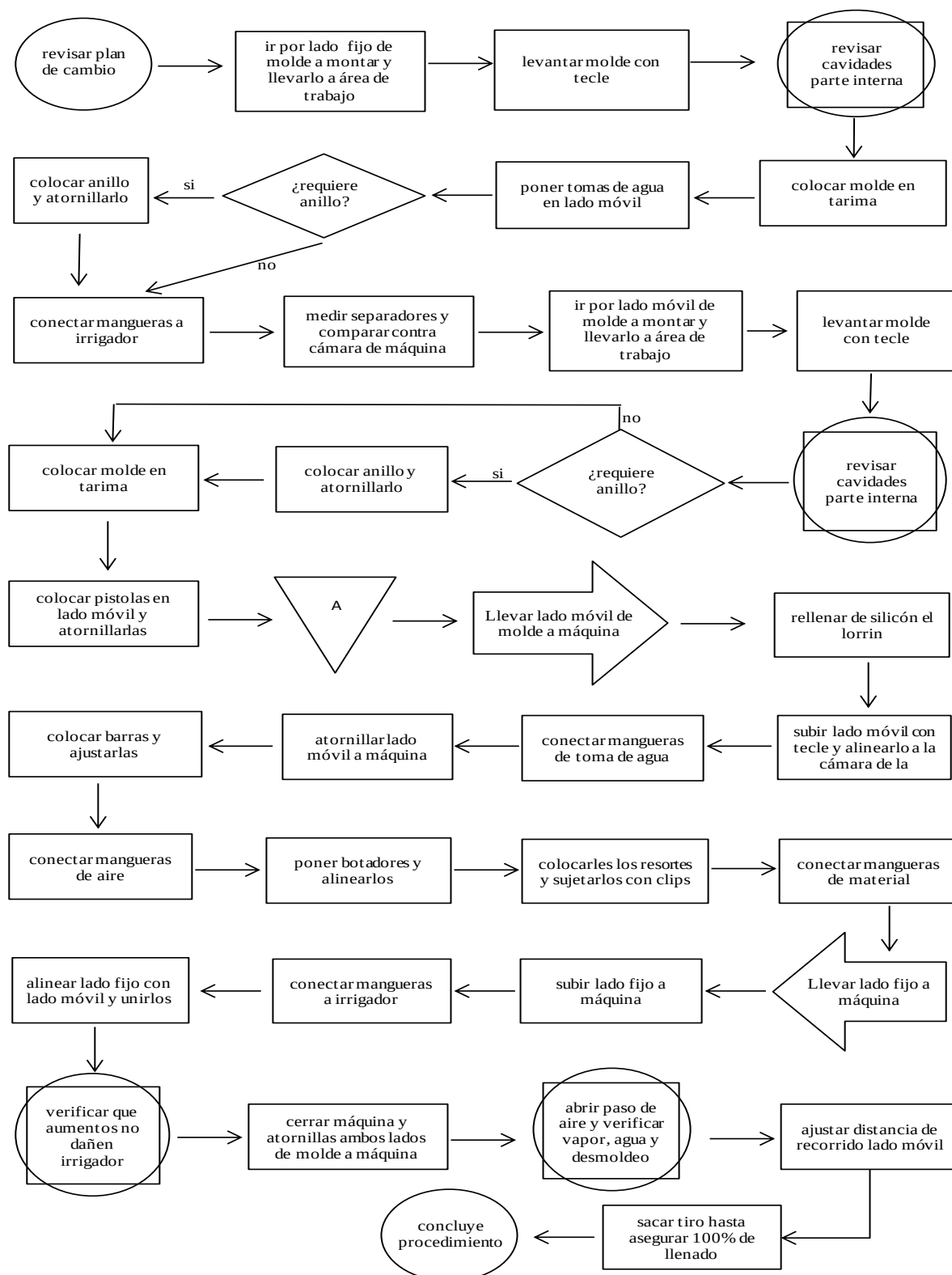
F-QS9-016 / Rev. 00

	Aprobado por: Gerente General	Fecha: Mar 2011
	Revisado por: Gerente de Mantenimiento	Revisión: 00
	P-PRO-016 Cambio de molde prensa Erlebach	Pág. 2 de 2



Fecha:	mar-11					
Revisión:	00					

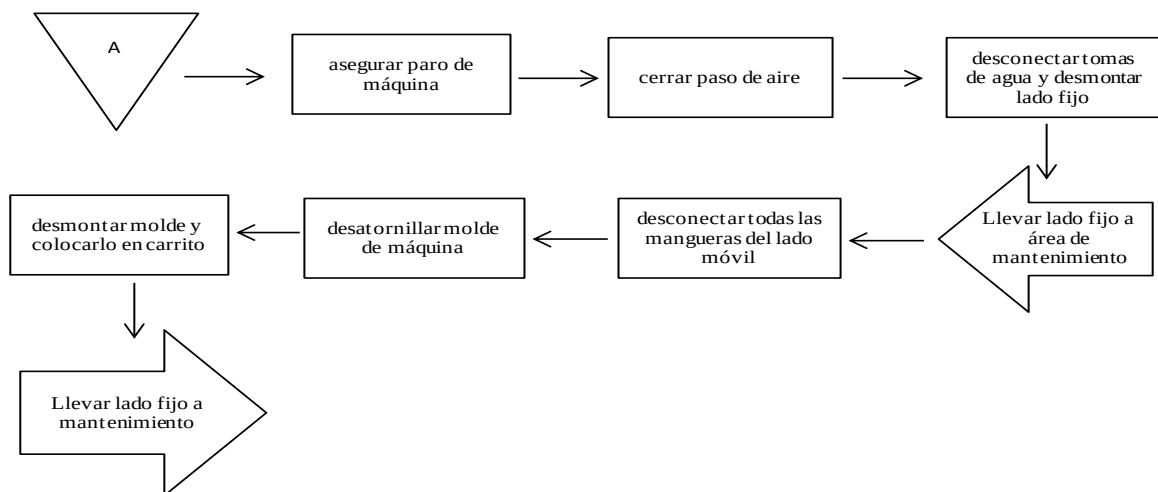
	Aprobado por: Gerente General				Fecha: Mar 2011
	Revisado por: Gerente de Mantenimiento				Revisión: 00
	P-PRO-017 Cambio de molde prensa Kurtz				Pág. 1 de 2



Fecha:	mar-11					
Revisión:	00					

F-QS9-017 / Rev. 00

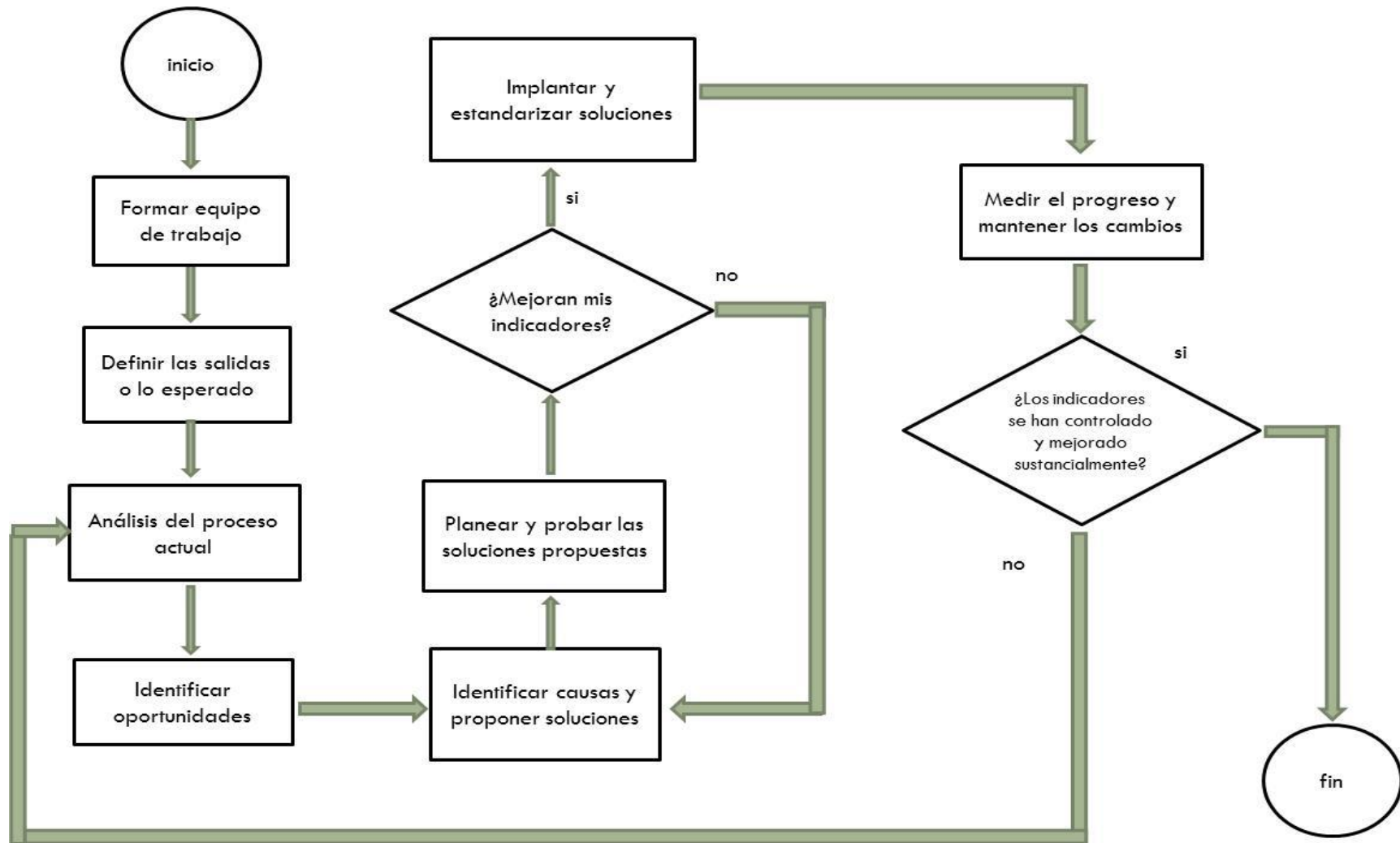
	Aprobado por: Gerente General	Fecha: Mar 2011
	Revisado por: Gerente de Mantenimiento	Revisión: 00
	P-PRO-017 Cambio de molde prensa Kurtz	Pág. 2 de 2



Fecha:	mar-11					
Revisión:	00					

F-QS9-017 / Rev. 00

Diagrama de flujo



Cronograma de Actividades

Cronograma de Actividades

ACTIVIDADES	MESES DEL AÑO 2010					MESES DEL AÑO 2011												MESES DEL AÑO 2012				
	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M
Investigación bibliográfica																						
Clases 1er. Semestre (Actv. Inv. I, Elem. Prod., Mat. Sup, D.E.)																						
Presentación de avance (tesis)																						
Definición de salidas y análisis del proceso																						
Clases 2do. Semestre (Act. de Inv. II, Sist. De Calidad, Simulación)																						
Identificación de oportunidades y causas																						
Propuesta de soluciones y aplicaciones																						
Clases 3er. Semestre (Actv. de Inv. III, DMIAC)																						
Implementación y estandarización de soluciones																						
Clases 4to. Semestre (Actv. de Inv. IV, Tópicos S. Manuf., Sist. Calidad)																						
Análisis de resultados																						
Presentación final de tesis																						