



**UNIVERSIDAD POPULAR AUTONOMA
DEL ESTADO DE PUEBLA**

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y AUTOMOTRIZ

**“ACONDICIONAMIENTO DEL
ÁREA DE RESINAS Y PINTURA DE LA
EMPRESA ARCE TOOLS
PLANTA CHOLULA”**

**DIPLOMADO LEAN MANUFACTURING: CAMBIO
DE PARADIGMAS Y CULTURA LEAN**

TRABAJO PRÁCTICO RECEPCIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN

INGENIERÍA EN MANUFACTURA DE AUTOPARTES

PRESENTA:

GERARDO MARIO ROSALES CONTRERAS

ASESOR:

MTRO. JESÚS JUÁREZ PEÑUELA

PUEBLA, PUE.

ENERO DEL 2014

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD POPULAR AUTÓNOMA DEL ESTADO DE PUEBLA, en especial al **DR. LUIS CUAUTLE GUTIERREZ** coordinador del programa académico de la Facultad de Ingeniería Industria y Automotriz y al personal académico quienes compartieron a lo largo de este tiempo sus valiosos conocimientos y experiencias.

AL DEPARTAMENTO DE APOYOS FINANCIEROS, en especial al **LIC. ROGELIO MALDONADO BECERRIL**, por haberme brindado el apoyo económico para continuar mis estudios de licenciatura.

AL HONORABLE JURADO, por la dedicación, tiempo y aportación durante la revisión del presente trabajo.

A LA EMPRESA ARCE TOOLS y a su director **ING. JUAN CARLOS CRUZ ARCE**, por haberme dado la oportunidad de desarrollar el presente trabajo bajo su asesoría en sus instalaciones.

DEDICATORIAS

A MI MADRE MARGARITA, quien con su cariño, apoyo y motivación me ha permitido siempre mantener la fuerza para salir adelante. Hubo de todo en el camino: éxitos y fracasos, alegrías y desilusiones pero juntos hemos afrontado todos y cada uno de los obstáculos que hemos hecho frente. Mamita, te entrego el producto de mi esfuerzo y de mis sacrificios. Gracias por siempre estar a mi lado.

A MI HERMANA MARGARITA, con mucho cariño este trabajo es para ti, que fue el resultado de un logro que compartimos juntos de muchas formas. Gracias por tu ejemplo, tu cariño y tus consejos.

AL MAESTRO Y AMIGO ING. CATARINO PEREZ PEREZ, por su apoyo incondicional y estímulo de amigo que me motivo a obtener este objetivo.

AL MAESTRO Y AMIGO M.C. MARCO ANTONIO VÁZQUEZ ROMERO, quien en el momento más difícil de mi vida me dio la fuerza para salir adelante y nunca rendirme.

A TODOS Y CADA UNO DE LOS PROFESORES DE LA FACULTAD DE ING. INDUSTRIAL Y AUTOMOTRÍZ, con quienes compartí el compromiso de crecimiento personal y profesional a lo largo de estos años de mi preparación profesional. Gracias por compartir conmigo sus valiosos conocimientos y su experiencia profesional y gracias por forjar en mí el sentido de responsabilidad y dedicación.

AL MAESTRO JESUS JUAREZ PEÑUELA, quien siempre con su amplio conocimiento y experiencia profesional y académica, me motivo a alcanzar este preciado objetivo.

AL MAESTRO LUIS ALBERTO URIBE PACHECO, quien siempre me guió con su experiencia y sus consejos por un camino de responsabilidad y dedicación al desarrollo profesional.

M.C. **LUIS GERARDO ROSALES PASTRANA †**

MISIÓN CUMPLIDA PAPITO.

DESCANZA EN PAZ, QUE YA CUMPLI TU MAS GRANDE ILUSIÓN.

DEDICADA A LA MEMORIA DE **PABLO RAFAEL DE LA TIJERA COETO †**

ESPOSO, PADRE, INGENIERO Y **AMIGO**.

DIOS TE TENGA EN SU SANTA GLORIA.

DEDICADA A LA MEMORIA DE **MARIO “TOCHE” PELÁEZ DIOR †**

PELOTERO VERACRUZANO Y AMIGO SIN IGUAL.

“Hijo, existen en la vida 3 cosas que te aseguran el éxito profesional: el amor por tu oficio, el trabajo incansable y la más importante de todas, la humildad.

Ama lo que haces, trabaja duro por ello y se humilde en todo lo que hagas.”

Sabias palabras, gracias Tochon...

INDICE

INTRODUCCIÓN	9
CAPITULO I ARCE TOOLS	
1.0 Descripción de la Empresa	10
1.1 Antecedentes	10
1.2 Descripción del Problema	11
1.3 Planteamiento del Problema	11
1.4 Solución	11
1.5 Objetivos	12
1.6 Misión	13
1.7 Visión	13
1.8 Política de Calidad	13
1.9 Proceso Productivo de la Empresa	14
 CAPITULO II LEAN MANUFACTURING Y LAS HERRAMIENTAS APLICADAS	
 2.0 ¿Qué es Lean Manufacturing?	14
2.1 Metodología 5'S	17
2.1.1 Eliminar (Seiri)	18
2.1.2 Ordenar (Seiton)	18
2.1.3 Limpieza e inspección (Seiso)	18
2.1.4 Estandarizar (Seiketsu)	19
2.1.5 Disciplina (Shitsuke)	19
2.2 Kaizen: el concepto de la mejora continua	20
2.3 Los 7 desperdicios industriales	21
2.3.1 Transporte	22
2.3.2 Inventario	22
2.3.3 Movimientos Innecesarios	23
2.3.4 Tiempo de Espera	23
2.3.5 Sobre-Proceso	24
2.3.6 Sobre-Producción	24
2.3.7 Defectos y Retrabajos	25

CAPITULO III EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

3.0 Detección de áreas de oportunidad	27
3.1 Descripción del proceso	28
3.2 Propuestas de mejora	35
3.3 Análisis financiero de inversiones	38
3.4 Análisis comparativo de resultados	44
3.5 Entorno virtual SIMIO	46

CAPITULO IV CONCLUSIONES DEL PROYECTO

4.0 Conclusiones del proyecto	51
-------------------------------	----

BIBLIOGRAFIA	52
---------------------	----

ANEXOS	53
---------------	----

INTRODUCCIÓN

El presente escrito expone el trabajo práctico realizado en la Empresa de desarrollo de Ingeniería de Alta Precisión para la construcción de dispositivos de control dimensional Arce Tools. Este trabajo consistió en el análisis del proceso productivo y planteamiento de propuestas de mejora, para el proceso de modificación de escantillones en el área de pinturas y resinas.

La característica principal de este trabajo radica en la forma como fue abordada la problemática, ya que al aumentar el volumen de proyectos de construcción modificación de escantillones, las mejoras se obtendrán del acondicionamiento del área mediante una inversión de herramental para permitir su escala.

Para lograr esto, se debió hacer un análisis de las actividades que conforman el proceso de modificación de escantillones, para posteriormente hacer la implementación de las mejoras, involucrando las herramientas de la filosofía Lean Manufacturing (Manufactura esbelta).

Este documento se estructura de la siguiente forma: el capítulo primero presenta un resumen de la empresa y su proceso de modificación; el capítulo segundo se muestra una visión de las herramientas empleadas de la filosofía Lean (5'S, 7 desperdicios industriales y Kaizen "Mejora continua"). El capítulo tercero habla de las áreas de oportunidad detectadas en la empresa, así como la forma en la que se busca optimizar los recursos actuales y en el capítulo cuarto se abordan los resultados obtenidos donde se muestran análisis comparativos de las mediciones obtenidas y los resultados esperados por medio de las mejoras. El documento finaliza con un apartado de conclusiones personales y recomendaciones para el proceso.

CAPÍTULO 1

1.- ARCE TOOLS

1.0 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

EMPRESA:

Arce Tools S.A. de C.V.

UBICACIÓN:

San Andrés Cholula, Puebla

ACTIVIDAD:

Construcción de Dispositivos de Control Dimensional y Dispositivos de Ensamble.

1.1 ANTECEDENTES

Arce Tools es una empresa especializada en desarrollo de ingeniería de alta precisión para la construcción de dispositivos de control dimensional (Gages) y dispositivos de ubicación y ensamble de componentes. Cuenta con un perfil de desarrollo en el área de dispositivos de control y calibres para el sector automotriz y de autopartes.

Actualmente, el área de pinturas y resinas experimenta un crecimiento importante y una posibilidad de expansión en el alcance de sus operaciones, buscando incrementar clientes a través de alianzas estratégicas. Con lo anterior se busca un incremento de la producción en un 64%, reduciendo el tiempo de manufactura mediante la inversión de herramental apropiado, lo cual representa retos importantes en el área operativa.

Los proyectos dentro del área de modificación de escantillones, se desarrollan en ciclos de trabajo previamente establecidos con el cliente. El proceso inicia cuando el cliente acuerda un proyecto de modificación, con sus requerimientos específicos que sirve como base para obtener la información correspondiente para realizar dicho proyecto.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El área de modificación de escantillones es un departamento relativamente nuevo, con mucha oportunidad de crecimiento pero no se cuenta con un área específica y acondicionada por lo cual se realizó una serie de propuestas en el proceso de producción.

Por lo anterior es necesario realizar un análisis de las actividades que conforman el procedimiento que se está siguiendo, para la modificación de escantillones, así como la implementación de las mejoras propuestas, tanto en el ámbito de la filosofía Lean Manufacturing, así como la aplicación de las normas de seguridad NMX-STPS.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se requiere realizar un análisis del proceso actual, para el proceso de modificación de escantillones dentro del área de “Resinas y Pinturas” ya que al no contar con un área acondicionada, se planea la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing.

Los puntos a cubrir con este proyecto son:

- 1.- Análisis del proceso actual.
- 2.- Identificación y definición de oportunidades de mejora.
- 3.- Documentación del proceso.
- 4.- Implementación y seguimiento de las mejoras propuestas.

1.4 SOLUCIÓN

Se sabe que los proyectos de modificación de escantillones, involucran tiempos de proceso muy largos, sin embargo este proyecto presenta un reto adicional ya que lo que se busca es la disminución de los tiempos de proceso, de 10 días en promedio por escantillón hasta los 5 días, por lo que la aplicación directa de un modelo como el mencionado, involucrará una inversión en el herramental de trabajo adecuado para lograr una reducción de tiempo de proceso.

Para lograr una solución factible se propone trabajar sobre los procedimientos existentes en Arce Tools, que nos guiará en la realización de las adecuaciones resultantes en los procesos analizados. La secuencia a seguir será:

1.- Análisis del proceso actual: Se realizará con base en las “lecciones aprendidas” durante los últimos meses al interior del equipo de desarrollo, dichas lecciones se encuentran documentadas como parte de la información de la empresa.

2.- Identificación y definición de áreas de mejora: Se realizará en sesiones de trabajo con los responsables del área, con la finalidad de contar con la retroalimentación necesaria y una toma de decisiones oportuna.

3.- Documentación de mejoras al proceso: De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos mediante la observación y documentación del proceso.

4.- Implementación de la mejora: Con base en las herramientas elegidas de la filosofía Lean Manufacturing, incluyendo la simulación del proyecto (SIMIO), así como el uso del análisis financiero para determinar la viabilidad del proyecto.

Cabe mencionar, que las áreas involucradas tendrán un impacto directo en el ámbito económico, estos resultados se encuentran debidamente documentadas en el presente escrito.

1.5 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

El presente trabajo le permitirá a Arce Tools, realizar un análisis para el acondicionamiento del área de pinturas y resinas, así como optimizar sus procesos internos alineados con su política de calidad y las normas correspondientes.

OBJETIVO PARTICULAR

- Incrementar la productividad del área de pinturas y resinas en un 63%, reduciendo el tiempo de manufactura.
- Analizar las “lecciones aprendidas” en el Diplomado “Lean Manufacturing” para identificar las potenciales área de oportunidad.

- Determinar el impacto (económico y productivo) que tendrá en el área de pinturas y resinas.
- Implementar las mejoras al proceso en las áreas detectadas.

1.6 MISIÓN

Ofrecer completa seguridad y confianza a nuestros clientes del sector automotriz, de autopartes y aéreo espacial mediante dispositivos de control, calibres y dispositivos de sujeción para soldadura, que aseguren dimensionalmente sus piezas y garanticen el ensamble perfecto, contra las demás partes que conforman el producto final.

1.7 VISIÓN

Ser líderes en el mercado mexicano de medios de control dimensional y calibres con presencia multinacional, a partir de una sólida estructura organizacional, tecnología de vanguardia y productos con altos estándares de calidad, que garanticen la satisfacción del cliente en beneficio de nuestros socios, empleados y proveedores

1.8 POLITICA DE CALIDAD

Arce Tools es una empresa comprometida con el diseño y fabricación de dispositivos de control dimensional y de soldadura de clase mundial, que respaldan el proceso productivo y éxito de clientes nacionales e internacionales, cumpliendo con las especificaciones y tiempos de entrega acordados, mediante altos estándares de tecnología y protección al medio ambiente, producidos en un entorno laboral digno que motive y enorgullezca a sus empleados, a través de una constante mejora al sistema de gestión de calidad, capacitación y remuneración equilibrada a sus esfuerzos.



Fig. 1 Logo de la empresa Arce Tools

* Ambiente de trabajo bajo definición del punto 6.4 de la norma ISO 9001:2008. El término "Ambiente de trabajo" está relacionado con aquellas condiciones bajo las cuales se realiza el trabajo, incluyendo factores físico, ambientales y de otro tipo (tales como ruido, temperatura, humedad, iluminación o condiciones climáticas).

1.9 PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA

Actualmente la empresa se encuentra trabajando en el área de resinas y pinturas, tanto en la creación y modificación de escantillones, como modificación de Water Jets (sistemas de corte y recorte por medio de agua). Para el proceso de modificación de escantillones, el cliente se pone en contacto con la empresa para detallar los requerimientos necesarios para realizar las modificaciones.

A continuación se describe brevemente el proceso de trabajo de la compañía:

- 1.- El cliente se pone en contacto con la empresa para plantear los requerimientos y proceder a realizar la modificación del escantillón, mediante planos y especificaciones y así transmitirlos al equipo de trabajo. El cliente le envía a la empresa el escantillón con toda la información necesaria para comenzar el proceso.
- 2.- La empresa recibe el escantillón y proceden a hacer una revisión y valoración del mismo, para determinar cuáles son las áreas donde se realizarán las modificaciones antes mencionadas por el cliente. Se cotiza el procedimiento de modificación y comienza el proceso.
- 3.- El especialista comienza el lijado y limpieza a mano de la superficie del escantillón, para asegurar que las resinas estén limpias de pintura anterior y así poder tratar la superficie de forma correcta.
- 4.- El escantillón una vez lijado, se envía al laboratorio de medición para que mediante un software de computación y la CMM (Máquina de Medición por Coordenadas), se marquen los puntos de referencia que servirán como base para el siguiente proceso.
- 5.- El marcado de la línea nominal se realiza en base al marcado de puntos del proceso anterior. El trazado de la línea nominal de igual forma es un trabajo completamente a mano y se traza sobre los puntos previamente señalados.
- 6.- Una vez trazada la línea nominal, se lleva el escantillón al laboratorio de medición para validar el trabajo con la máquina CMM y dado el caso, hacer las modificaciones pertinentes para realizar el siguiente proceso.
- 7.- Una vez validada la línea nominal por el laboratorio de medición, se traza la tolerancia sobre la misma, ± 3 mm. De igual forma, es un trabajo completamente a mano.

8.- Terminado el proceso del marcado de la línea nominal y su tolerancia, se procede a pintar el escantillón completo de blanco, a diferencia de la nominal y su tolerancia, que en este caso es una línea verde.

9.- Una vez que el escantillón está listo, se realiza la última validación del dispositivo en el laboratorio de medición donde se mide en conjunto con la CMM, el software de computación y las especificaciones enviadas por el cliente, para validar que el trabajo corresponda a lo establecido previamente.

10.- Por último el dispositivo se emplea en el área de ensamble, para posteriormente enviarlo al cliente.

La descripción anterior se encuentre ilustrada en el gráfico 1.3

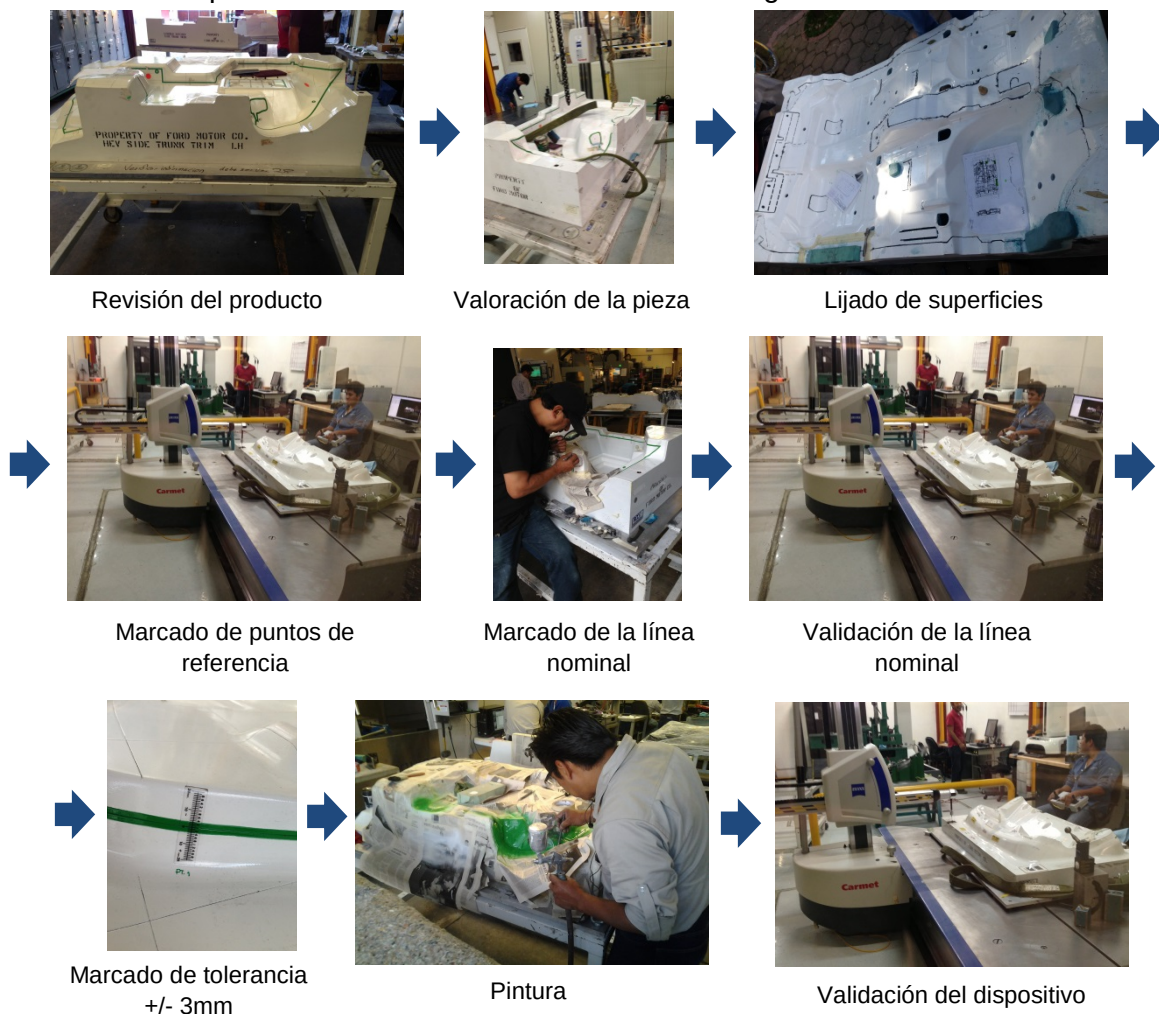


Fig. 1.3 Gráfico del proceso de modificación de escantillones.

CAPÍTULO 2

2.- LEAN MANUFACTURING Y LAS HERRAMIENTAS APLICADAS

En este capítulo se muestra la información sobre la filosofía Lean Manufacturing, y una breve explicación de las herramientas Lean utilizadas en la implantación del proyecto de mejora en el área de pinturas y resinas de la empresa.

2.0 ¿QUÉ ES LEAN MANUFACTURING?

Actualmente las empresas industriales se enfrentan al reto de buscar en implantar nuevas técnicas organizacionales y de producción, que les permita competir en un mercado global. El modelo de fabricación esbelta, conocido como Lean Manufacturing, constituye una alternativa consolidada y su aplicación y potencial deben ser tomados en consideración, por toda empresa que pretenda ser competitiva.

Lean Manufacturing, tiene su origen en el sistema de producción Just In Time (JIT), desarrollado en los años 50 por la empresa automovilística Toyota. Con la difusión del sistema a otros sectores y países, se ha ido configurando en un modelo que se ha convertido en el paradigma de los sistemas de mejora de la productividad asociada a la excelencia industrial. De forma resumida puede decirse que Lean Manufacturing consiste en la aplicación sistemática y habitual de un conjunto de técnicas de fabricación que buscan la mejora de los procesos productivos, a través de la reducción de todo tipo de desperdicios, definidos estos como los procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios.

La difusión de las técnicas de gestión Lean ha venido acompañada de los conceptos “excelencia en la fabricación” o “empresa de clase mundial”. El conocimiento de los objetivos que implican estos conceptos, es muy conveniente de cara a iniciarse en las nuevas técnicas, clave para la competitividad de las empresas. Desde el punto de vista de “excelencia” las empresas que desean competir con éxito en el mercado actual deben plantearse los siguientes objetivos:

- ❖ Diseñar para fabricar
- ❖ Reducir los tiempos de preparación de máquinas para incrementar la flexibilidad y disminuir los plazos de ejecución.

- ❖ Lograr una distribución de la planta que asegure un bajo inventario, minimice recorridos y facilite el control directo por visibilidad.
- ❖ Usar la tecnología para disminuir la variabilidad del proceso.
- ❖ Conseguir que sea fácil fabricar el producto sin errores.
- ❖ Organizar el lugar de trabajo para eliminar tiempos de búsqueda.
- ❖ Incrementar la frecuencia de entregas de los productos.

Las técnicas Lean Manufacturing constituyen la hoja de ruta idónea para conseguir convertir una empresa en competitiva y de excelencia dentro del mercado actual.

De forma tradicional se recurre al esquema de “La Casa del Sistema de producción Toyota” para visualizar la filosofía que encierra el Lean Manufacturing y las técnicas disponibles para su aplicación. Se explica usando el ejemplo de una casa, porque constituye un sistema estructural que es fuerte siempre que los cimientos y las columnas lo sean (Fig. 2.1).

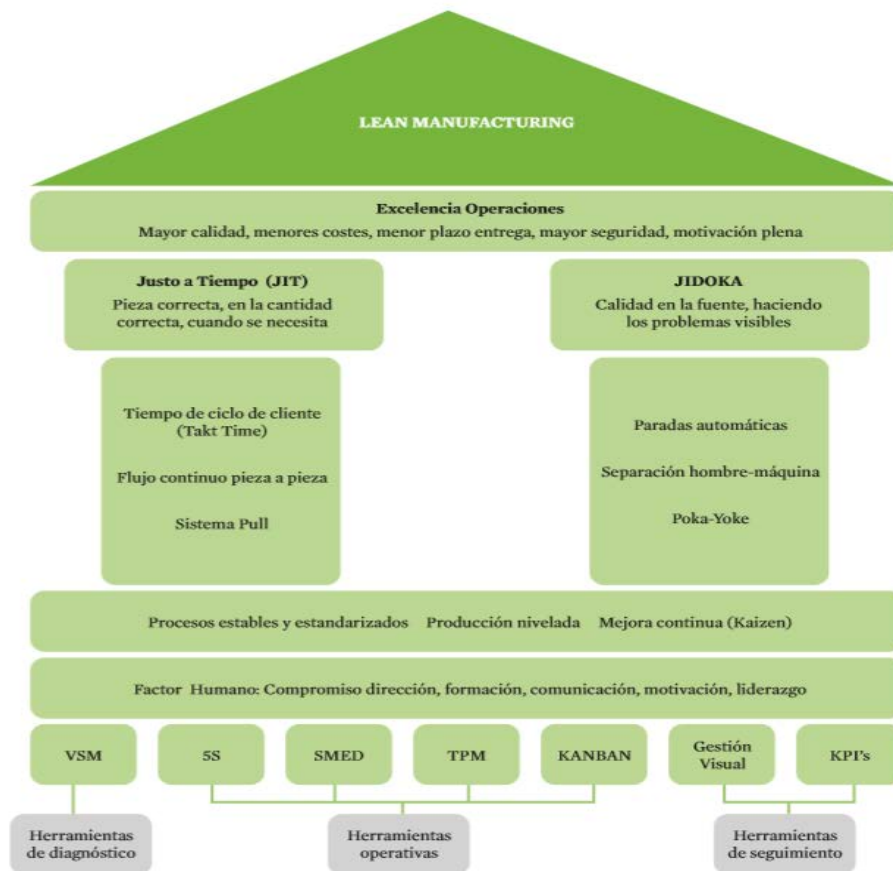


Fig. 2.1 Adaptación de la “Casa del Sistema de Producción Toyota”.

El techo de la casa está constituido por las metas perseguidas que se identifican con la mejor calidad, el costo más bajo, el menor tiempo de entrega o tiempo de maduración del producto (Lead Time). Sujetando este techo se encuentran dos columnas que sustentan el sistema: JIT Y Jidoka. El JIT, tal vez la herramienta más conocida del sistema Toyota, significa producir el artículo indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta. Jidoka consiste en dar a las máquinas y operadores la habilidad para determinar cuándo se produce una condición anormal e inmediatamente detener el proceso.

La base de la casa consiste en la estandarización y estabilidad de los procesos: el heijunka o nivelación de la producción y la aplicación sistemática de la mejora continua. A estos cimientos tradicionales se les ha añadido el factor humano como clave en la implantación de Lean Manufacturing, factor que se manifiesta en múltiples facetas como el compromiso de la dirección, la formación de equipos dirigidos por un líder, la formación y capacitación del personal, los mecanismos de motivación y los sistemas de recompensas.

Lean Manufacturing se materializa en la práctica a través de la aplicación de una amplia variedad de técnicas, muy diferentes entre sí, que se han ido implementado con éxito en empresas de muy diferentes sectores y tamaños. Estas técnicas pueden implementarse de forma independiente o conjunta, atendiendo a las características específicas de cada caso.

2.1 METODOLOGÍA 5'S

La herramienta "5'S" corresponde con la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo que, de una manera menos formal y metodológica, ya existían dentro de los conceptos clásicos de organización de los métodos de producción.

El acrónimo corresponde a las iniciales en japonés de las 5 palabras que definen la herramienta y cuya fonética empieza con S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke que significan respectivamente Seleccionar lo necesario, Ordenar, Limpiar e inspeccionar, Estandarizar y Seguimiento o creación del hábito.

Los principios de las 5'S son fáciles de entender y su puesta en marcha no requiere ni un conocimiento en particular ni grandes inversiones financieras. Sin embargo, detrás de esta aparentemente simplicidad, se esconde una herramienta

potente y multifuncional a la que pocas empresas le han conseguido sacar todo el beneficio posible (Fig. 2.2).

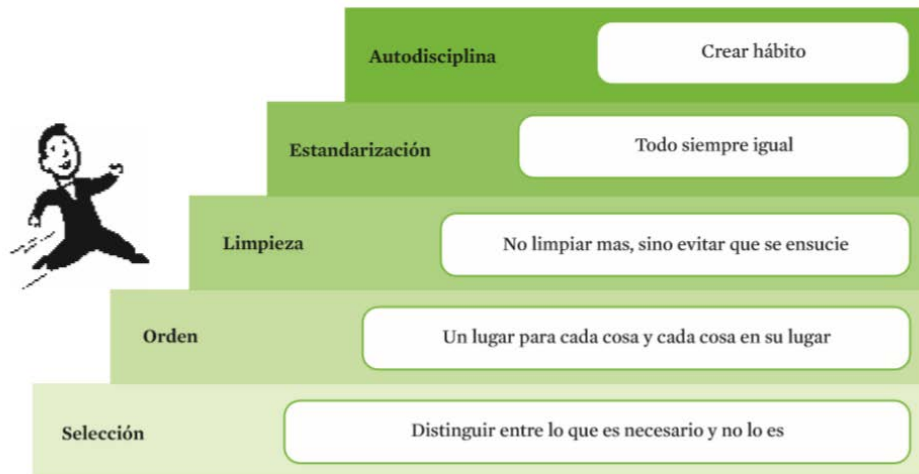


Fig. 2.2 La escalera que representa las 5'S

2.1.1 Eliminar (Seiri)

La primera de las 5S significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios o inútiles para la tarea que se realiza. La pregunta clave es: “¿es esto útil o inútil?”. Consiste en separar lo que se necesita de lo que no y controlar el flujo de cosas para evitar estorbos y elementos prescindibles que originen despilfarros como el incremento de manipulaciones y transportes, pérdida de tiempo en localizar cosas, elementos o materiales obsoletos, falta de espacio, etc.

2.1.2 Ordenar (Seiton)

Consiste en organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se encuentren con facilidad, definir su lugar de ubicación identificándolo para facilitar su búsqueda y el retorno a su posición inicial. La implementación de Seiton implica:

- ❖ Marcar los límites de las áreas de trabajo, almacenaje y zonas de paso.
- ❖ Disponer de un lugar adecuado, evitando duplicar; un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.

2.1.3 Limpieza e Inspección (Seiso)

Seiso significa limpiar, inspeccionar el entorno para identificar los defectos y eliminarlos, es decir, anticiparse para prevenir defectos. Su aplicación implica:

- ❖ Integrar el mantenimiento como parte del trabajo diario.
- ❖ Asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria.

- ❖ Centrarse tanto o más en la eliminación de los focos de suciedad que en sus consecuencias.
- ❖ Conservar los elementos en condiciones óptimas, reponer los elementos que faltan, adecuarlos para un uso más eficiente y seleccionar aquellos que no funcionan o que están reparados “provisionalmente”.

2.1.4 Estandarizar (Seiketsu)

La fase de Seiketsu permite consolidar las metas una vez asumidas las tres primeras “S”, porque normalizar lo conseguido asegura efectos perdurables. Estandarizar supone seguir un método para ejecutar un determinado procedimiento de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales. Su aplicación implica las siguientes ventajas:

- ❖ Elaborar y cumplir estándares de mantenimiento y comprobar que éstos se aplican correctamente.
- ❖ Transmitir a todo el personal la idea de la importancia de aplicar los estándares.
- ❖ Crear hábitos de la organización, orden y mantenimiento.

2.1.5 Disciplina (Shitsuke)

Shitsuke se puede traducir por disciplina y su objetivo es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada. Su aplicación está ligada al desarrollo de una cultura de autodisciplina para hacer perdurable el proyecto de las 5S

A continuación se muestra un resumen de las 5'S (Fig. 2.3).

SEIRI Separar y eliminar	SEITON Arreglar e identificar	SEIDO Proceso diario de limpieza	SEIKETSU Seguimiento de los primeros 3 pasos, asegurar un ambiente seguro	SHITSUKI Construir el hábito
Separar los artículos necesarios de los no necesarios	Identificar los artículos necesarios	Limpiar cuando se ensucia	Definir métodos de orden y limpieza	Hacer el orden y la limpieza con los trabajadores de cada puesto
Dejar solo los artículos necesarios en el lugar de trabajo	Marcar áreas en el suelo para elementos y actividades	Limpiar periódicamente	Aplicar el método general en todos los puestos de trabajo	Formar a los operarios de cada puesto para que hagan orden y limpieza
Eliminar los elementos no necesarios	Poner todos los artículos en su lugar definido	Limpiar sistemáticamente	Desarrollar un estándar específico por puesto de trabajo	Actualizar la formación de los operarios cuando hay cambios
Verificar periódicamente que no haya elementos no necesarios	Verificar que haya “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”	Verificar sistemáticamente la limpieza de los puestos de trabajo	Verificar que exista un estándar actualizado en cada puesto de trabajo	Crear un sistema de auditoría permanente de planta visual y 5s

Fig. 2.3 Resumen de la técnica de las 5'S

2.2 KAIZEN: EL CONCEPTO DE MEJORA CONTINUA

La mejora continua se basa en la lucha persistente contra el desperdicio. El pilar fundamental para ganar esta batalla es el trabajo en equipo bajo lo que se ha venido en denominar espíritu Kaizen, verdadero impulsor del éxito del sistema Lean en Japón.

Kaizen significa “cambio para mejorar” y deriva de las palabras KAI-cambio y ZEN- bueno. Kaizen es el cambio en la actitud de las personas. Es la actitud hacia la mejora, hacia la utilización de las capacidades de todo el personal, la que hace avanzar el sistema hasta llevarlo al éxito. Lógicamente este espíritu lleva aparejada una manera de dirigir las empresas que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas, que es a lo que se refiere la denominación de “mejora continua”.

La mejora continua y el espíritu Kaizen, son conceptos maduros aunque no tienen una aplicación real extendida. Su significado puede parecer muy sencillo y, la mayoría de las veces, lógico y de sentido común, pero la realidad muestra que en el entorno empresarial su aplicación es complicada sino hay un cambio de pensamiento y organización radical que permanezca a lo largo del tiempo.

A continuación se enlistan los 10 mandamientos de la filosofía Kaizen (Fig. 2.4).

Los 10 puntos clave del espíritu Kaizen

1. Abandonar las ideas fijas, rechazar el estado actual de las cosas.
 2. En lugar de explicar los que no se puede hacer, reflexionar sobre cómo hacerlo.
 3. Realizar inmediatamente las buenas propuestas de mejora.
 4. No buscar la perfección, ganar el 60% desde ahora.
 5. Corregir un error inmediatamente e in situ.
 6. Encontrar las ideas en la dificultad.
 7. Buscar la causa real, plantearse los 5 porqués y buscar la solución.
 8. Tener en cuenta las ideas de diez personas en lugar de esperar la idea genial de una sola.
 9. Probar y después validar.
 10. La mejora es infinita.
-

Fig. 2.4 Los mandamientos de la filosofía Kaizen

El espíritu de mejora continua se refleja en la frase “siempre hay un método mejor” y consiste en un progreso, paso a paso, con pequeñas innovaciones y mejoras realizado por todos los empleados, incluyendo a los directivos, que se van acumulando y que conducen a una garantía de calidad, una reducción de costes y la entrega al cliente de la cantidad justa en el plazo fijado. El proceso de la mejora continua propone que, cuando aparece un problema, el proceso productivo se detiene para analizar las causas y tomar las medidas correctoras con lo que su resolución aumenta la eficiencia del sistema.

2.3 LOS 7 DESPERDICIOS INDUSTRIALES

“Muda” es una palabra japonesa que significa “inutilidad, ociosidad o desperdicio” y es un concepto clave en el Sistema de Producción Toyota. Reducir los residuos es una manera efectiva de aumentar la rentabilidad.

Un proceso agrega valor al producir bienes o proveer un servicio por el que un cliente va a pagar. Un proceso consume recursos y los residuos ocurren cuando se consumen más recursos de los necesarios para producir los bienes o la prestación del servicio que el cliente realmente quiere.

Uno de los pasos claves de Lean es la identificación de cuáles son los pasos que agregan valor y cuáles no. Al clasificar las actividades del proceso en estas dos categorías es posible emprender acciones para mejorar las primeras y eliminar las segundas. Una vez que el trabajo de valor agregado ha sido separado del residuo, este puede ser subdividido en residuo “que no añade valor pero necesita realizarse” y residuo “puro”.

2.3.1 Transporte

Cada que un producto es movido, tiene el riesgo de ser dañado, perdido, tener retraso, etc. Además de ser un costo de no valor añadido, la transportación no hace ninguna transformación al producto que el cliente está dispuesto a pagar (Fig. 2.5).

Acarreo de trabajo en los procesos en distancias largas creando ineficiencia en el transporte o movimiento de materiales, piezas o producto terminado almacenado o sin almacenar o entre procesos.

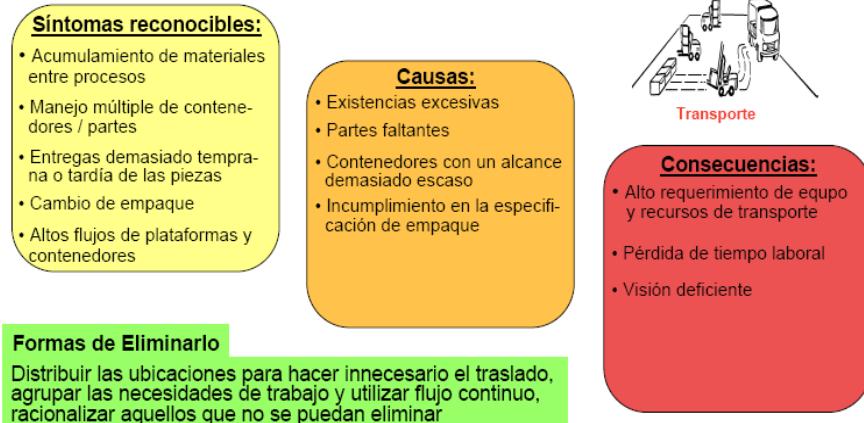


Fig. 2.5 Características de los transportes.

2.3.2 Inventario

Ya sea en forma de materias primas, productos en proceso o productos terminados, representa un desembolso de capital que aún no ha producido un ingreso ya sea por el productor o por el consumidor (Fig. 2.6).

Todos los materiales, componentes y productos acabados almacenados como existencias, pierden valor, producen largas filas de espera, obsolescencia, material dañado, costos de transportación y retrasos. Frecuentemente se necesitan precisamente, aquellas piezas que no están momentáneamente disponibles.

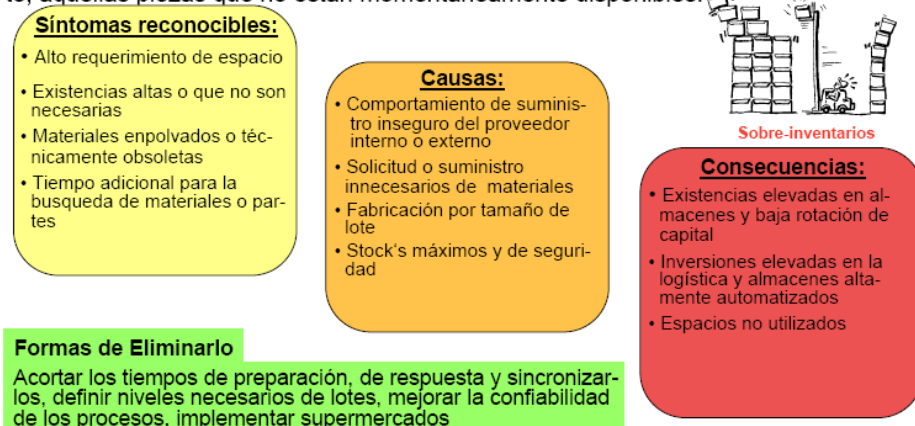


Fig. 2.6 Características de los inventarios excesivos.

2.3.3 Movimientos innecesarios

En contraste con el transporte que se refiere a los daños de los productos, y los costos de transacción asociados con el manejo de éstos, el movimiento se refiere a los daños que ocasiona el proceso de producción de la entidad que crea el producto (Fig. 2.7).

Recorridos que debe realizar un colaborador para el procesamiento de determinadas partes del proceso de su operación. Ejemplo: la herramienta esta en el lado equivocado, lejanía para tomar algo.

Síntomas reconocibles:

- Recorridos excesivamente largos
- Búsqueda frecuente en el lugar de trabajo
- Calidad del trabajo cada vez más deficiente en el transcurso del turno
- Desarrollo del trabajo no ergonómico

Causas:

- Lugares de trabajo y disposición de material mal diseñados
- Estandarización insuficiente en los lugares de trabajo
- Utilización de contenedores inadecuados
- Consideración insuficiente de criterios ergonómicos en el lugar de trabajo



Movimientos

Consecuencias:

- Índice elevado de fallas
- Tiempos de procesamiento retrasados o elevados
- Tiempos de recorridos elevados

Formas de Eliminarlo

Disponer de los materiales, equipos y herramientas de una manera adecuada y ergonómica, utilizar trabajo estándar para minimizar los movimientos

Fig. 2.7 Características de los movimientos innecesarios.

2.3.4 Tiempo de espera

Siempre que los bienes no se encuentran en el transporte o en trámite, están esperando. En los procesos tradicionales, una gran parte de la vida de un producto se deteriora, en espera de ser trabajado (Fig. 2.8).

Los tiempos de espera siempre surgen donde las personas o las máquinas, por las circunstancias del proceso de producción, se ven bloqueadas en sus actividades por lo que las tienen que suspender momentáneamente.

Síntomas reconocibles:

- Esperas causadas por un proceso anterior
- Esperar que la instalación termine con su ciclo
- Personal realizando otras actividades improductivas que no están dentro de su secuencia normal
- Personal espera instrucciones

Causas:

- Cuellos de botella
- Recorridos bloqueados por dispositivos
- Periodos de pausas no acordados
- Procesos no sincronizados
- Cargas desiguales entre procesos
- Secuencia de operaciones inadecuada o incorrecta



Tiempo de espera

Consecuencias:

- Pérdida de tiempo laboral
- Requerimiento elevado de personal
- Periodos inactivos innecesarios de máquinas

Formas de Eliminarlo

Sincronizar flujos, balancear cargas de trabajo, colaborador flexible y analizar ciclos de trabajo de máquinas y equipos

Fig. 2.8 Características de los tiempos de espera.

2.3.5 Sobreproceso

Durante el proceso, se produce cada vez que se realiza más trabajo en una pieza de lo requerido por el cliente. Esto también incluye el uso de herramientas que son más precisas, inspecciones extras al producto o uso de más recursos de los necesarios. (Fig. 2.9).

Producción de piezas defectuosas o correcciones, reparar o retrabajar, material dañado, reemplazar producción e inspeccionar significan desperdicio de tiempo de manejo y por utilización de recursos adicionales.

Síntomas reconocibles:

- Alto índice de fallas o errores o de productos desviados a otro proceso
- Incumplimiento del FIFO
- Personal adicional en los procesos
- Interrupciones frecuentes en los procesos

Causas:

- No existe un Control de Calidad integrado
- Procedimientos de trabajo y prueba inadecuados
- Procesos no controlados
- Utilización de colaboradores no calificados
- Falta de información o de controles



Defectos / Retrabajos

Consecuencias:

- Utilización innecesaria de recursos
- Pérdida de material, tiempo laboral y energía utilizada adicionalmente
- Aplicación de procedimientos de aseguramiento de pruebas y de calidad costosos
- Procesamiento de productos defectuosos en procesos posteriores
- Costeo adicional en los procesos

Formas de Eliminarlo

Mejorar la capacidad de los procesos, analizar y resolver la causa raíz de los defectos y en su caso de los retrabajos

Fig. 2.9 Características del sobreproceso.

2.3.6 Sobre producción

La sobreproducción se ocasiona cuando se elabora más producto de lo que se requiere en ese momento por los clientes. Una práctica común que conduce a esta muda, es la producción de grandes lotes. La sobreproducción es considerada la peor muda porque oculta y/o genera todos los demás desperdicios (Fig. 2.10).

Producir o disponer productos que aún no se necesitan o no han sido ordenados, lo cual genera una mayor cantidad de personal, almacenamiento y costos de transporte.

Síntomas reconocibles:

- Contenedores colocados a un lado de los estantes o en la calle
- Material adicional no necesario
- Piezas o materiales listos para la siguiente operación

Causas:

- Puntos de llamada
- Pedido "por experiencia" sin requerimiento
- Cantidades en lotes económicos
- Frecuencias de disposición/ circuitos de recorrido no acordados
- Deficiente programación de la producción
- Procesos no controlados



Sobre-producción

Consecuencias:

- Utilización innecesaria de recursos
- Multiplicación de otro tipo de desperdicio
- Visión deficiente

Formas de Eliminarlo

Reducir los tiempos de preparación, sincronizando cantidades y tiempos entre procesos, producir sólo lo que el cliente quiere

Fig. 2.10 Características de la sobreproducción.

2.3.7 Defectos y retrabajos

Cada vez que aparecen imperfecciones se incurre en costos adicionales, tales como: reelaboración de la pieza, reprogramación de producción, etc. Los defectos en la práctica a veces pueden duplicar el costo de un solo producto. Esto no debe ser transmitido al consumidor, y debe ser tomado como una pérdida (Fig. 2.11).

Producción de piezas defectuosas o correcciones, reparar o retrabajar, material dañado, reemplazar producción e inspeccionar significan desperdicio de tiempo de manejo y por utilización de recursos adicionales.

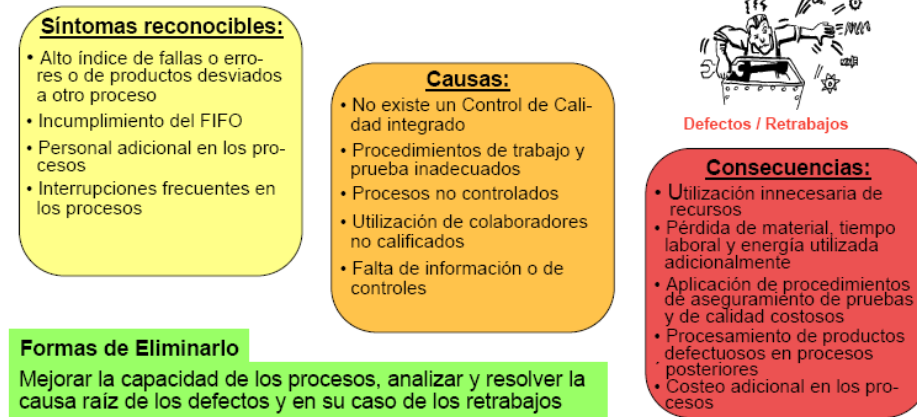


Fig. 2.11 Características de los defectos.

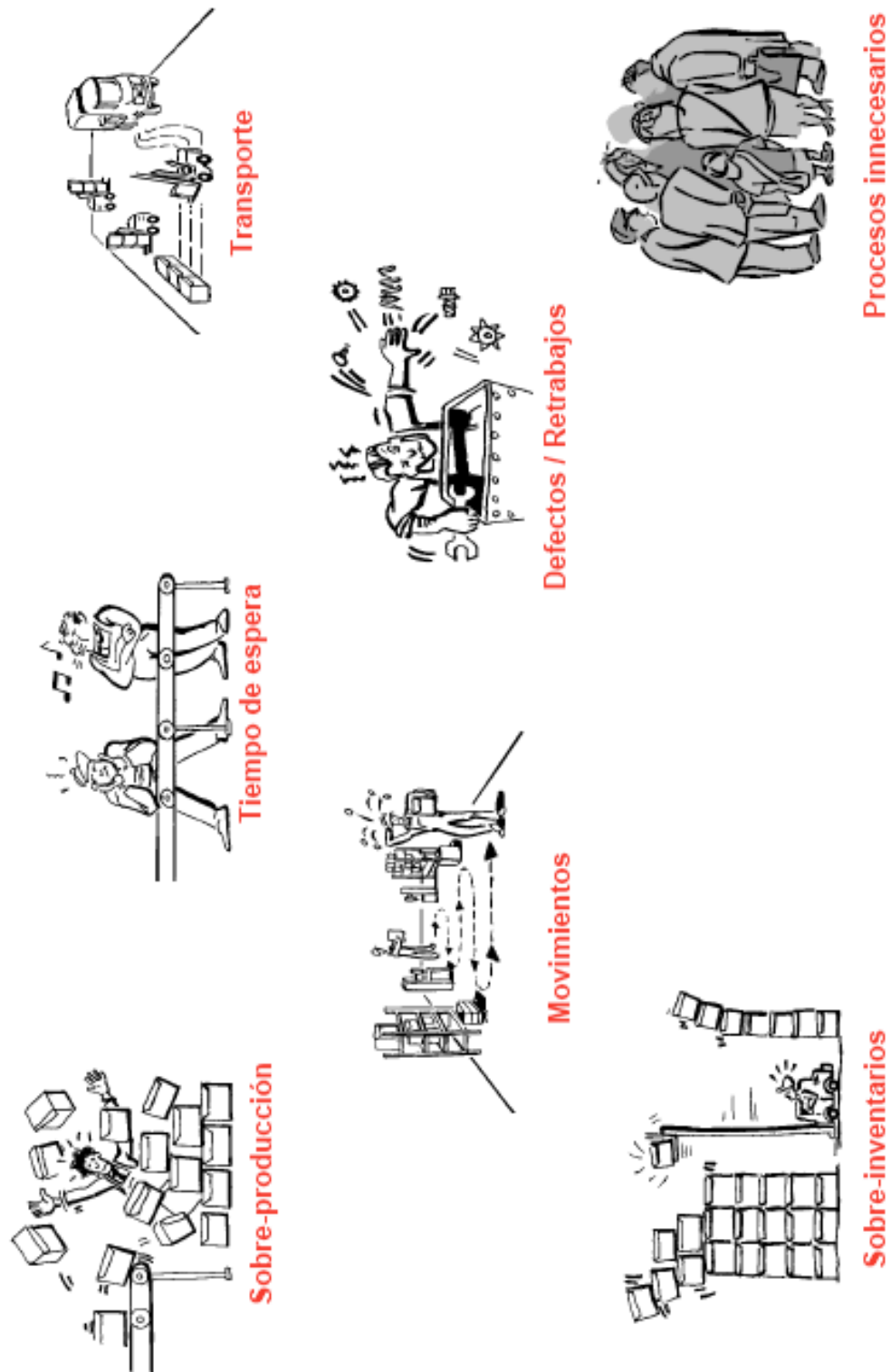


Fig. 2.12 Los 7 desperdicios industriales.

CAPÍTULO 3

3.- EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

3.0 DETECCIÓN DE AREAS DE OPORTUNIDAD

Arce Tools es una empresa mexicana, dedicada específicamente al ramo automotriz y es necesario que exista un procedimiento de trabajo adecuado, así como un área de trabajo apropiada para lograr que la empresa sea eficaz y eficiente en la entrega de los dispositivos en tiempo y forma a los clientes. Lo anterior ha provocado una ruta y una práctica de mejora continua en los diferentes niveles de la organización.

Las áreas de oportunidad, son detecciones tempranas de posibles problemáticas que podrían provocar retrasos en las entregas al cliente, y se busca optimizar los tiempos de proceso y entrega. Es por eso que a continuación se detallan algunas oportunidades durante el desarrollo y análisis del proceso.

Como en todos los procesos productivos, existen pequeños detalles que hacen que en ocasiones se tengan retrasos en la entrega del producto. El gráfico 3.1 muestra algunas áreas de oportunidad detectadas en el proceso productivo de la compañía.

Diagrama de Ishikawa (Fig. 3.1).

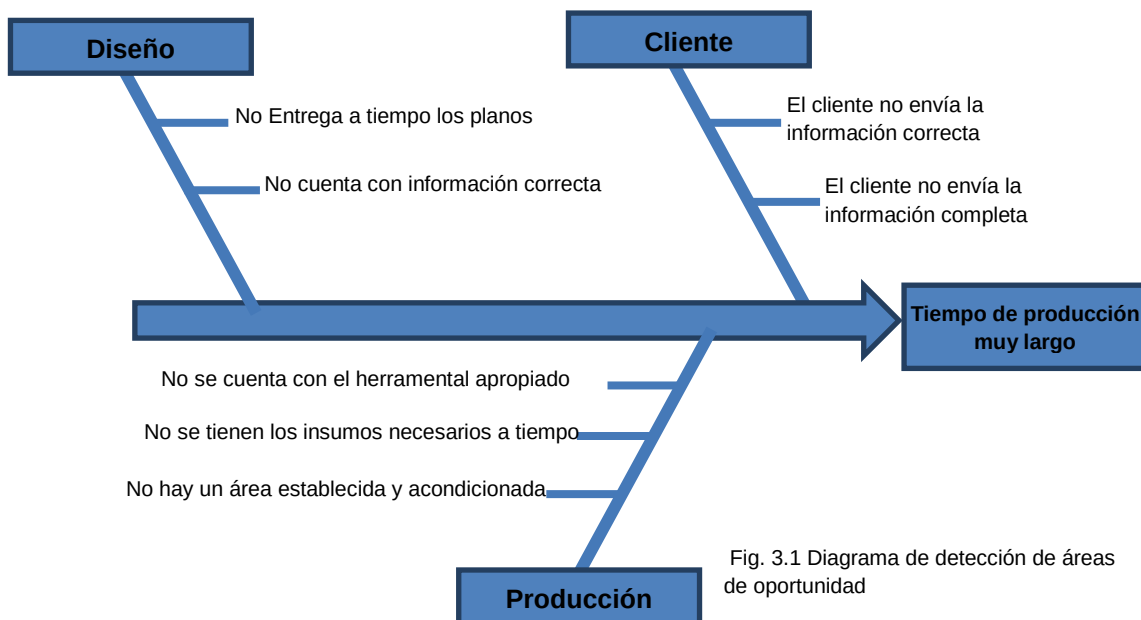


Fig. 3.1 Diagrama de detección de áreas de oportunidad

Se enumeraron las diferentes etapas del proceso de modificación de escantillones, que se deben seguir para lograr un correcto desarrollo del proyecto, por tal motivo se identificaron y se revisaron en el proceso de la compañía, evaluando cuales son las actividades donde se puede optimizar el tiempo de proceso, siempre y cuando generen valor agregado y contribuyan sin obstaculizar el cumplimiento de los tiempos de entrega, al ser éste uno de los indicadores de desempeño.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Revisión del producto.

El cliente envía el escantillón con los requerimientos para el proceso, tales como los planos con las nuevas modificaciones, el ruteo de la línea nominal, etc. Se procede a revisar el producto para verificar las condiciones en que viene, y posterior a la verificación visual, se procede a realizar la valoración de las modificaciones, enviando cotización al cliente para inmediatamente liberar el proyecto. Por lo general, este tipo de proyectos se trabajan en tiempos de desarrollo aproximado de 12 días y el tiempo de revisión del producto se lleva en promedio 3,600 segundos (60 minutos).

Valoración de la pieza (Laboratorio de medición).

El primer proceso al que se somete la pieza es la valoración por parte del laboratorio de medición, en donde se mide con ayuda de la CMM para verificar las dimensiones y hacer comparaciones con un esquema virtual. El tiempo de valoración es de 18,000 segundos (5 horas) que incluye un periodo de aclimatación de la pieza de aproximadamente 1 hora. El laboratorio de metrología trabaja bajo condiciones de temperatura y humedad controladas, es decir, 20° C de temperatura y 60% de humedad relativa.

Lijado de superficies.

El lijado de superficies, es una operación completamente manual en donde se lija la superficie del escantillón, para borrar la línea nominal que traiga el mismo. De igual forma sirve para limpiarlo y así lograr una superficie libre de irregularidades o restos de pintura, para el posterior tratamiento de la misma. El tiempo de lijado es de 50,400 segundos (14 horas).

Marcado de puntos de referencia (Laboratorio de medición).

El marcado de puntos se realiza en el laboratorio de medición con ayuda de la maquina CMM en donde se marcan en el molde puntos que servirán como referencia para el trazado de la línea nominal. El tiempo de trazado de los puntos de referencia es de 25,200 segundos (7 horas) donde de igual forma está involucrado el tiempo de aclimatación de la pieza que es de 1 hora.

Marcado de la línea nominal.

El marcado de la línea nominal es una operación completamente manual, en donde se toman como referencia los puntos marcados en la operación anterior. La línea trazada se toma como base para la siguiente operación. El trazado de la línea nominal tarda un tiempo de 25,200 segundos (7 horas).

Validación de la línea nominal.

Para la validación de la línea nominal se traslada de nueva forma el escantillón al laboratorio de medición, y después de una hora de aclimatación del material se procede a medir la línea trazada, para compararla con el modelo virtual y cuando se valida el trabajo, se procede al siguiente paso que es el trazado de la tolerancia. La validación de la línea en el laboratorio de medición se toma un tiempo de 3,600 segundos (60 minutos).

Marcado de la tolerancia (+/- 3 mm).

El trazado de la tolerancia se realiza sobre la línea validada anteriormente, y se traza 3 mm hacia arriba de la línea nominal y de igual forma 3 mm por debajo de la línea. Esta es una operación completamente manual que involucra herramental especializado y por ser una operación de alta precisión se requiere una iluminación especial. El marcado de la tolerancia tarda 50,400 s (14 horas).

Pintura.

La pintura del dispositivo es una operación manual, donde se pinta tanto el dispositivo como la línea nominal y su tolerancia. El tiempo de pintura involucra la preparación del dispositivo. Primero se pinta el escantillón de color blanco, para luego proceder al encintado y preparación para la pintura de la nominal, que se pinta de color verde. Todo el proceso de pintura tarda 50,400 segundos (14 horas).

Validación del dispositivo (Laboratorio de medición).

El dispositivo pintado se lleva al laboratorio de medición para una última valoración en donde se miden las modificaciones realizadas y se compara conforme al modelo de computadora, con ayuda de la máquina CMM. Cuando se determina que el dispositivo cumple con las especificaciones enviadas por el cliente, se libera el escantillón y se envía al área de ensamble para su empleado y posterior envío al cliente. El tiempo de validación del dispositivo es de 10,800 segundos (3 horas).

El tiempo total del proceso de modificación de escantillones es de 257,696 segundos (71.58 horas o 10.23 días) (Fig. 3.2).

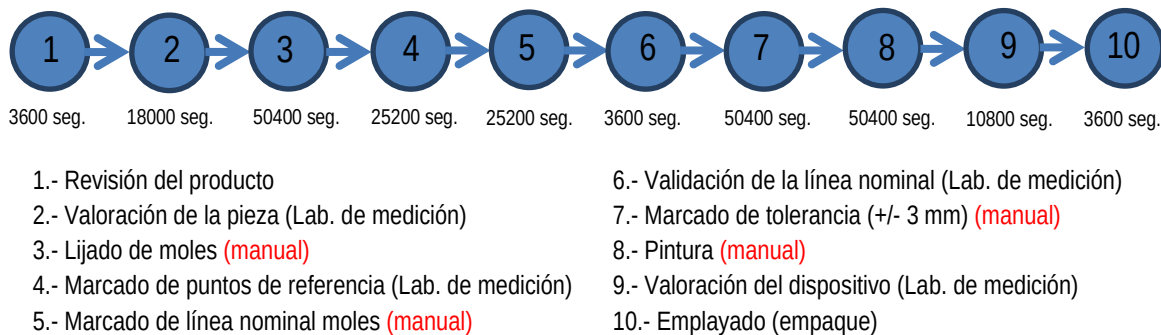


Fig. 3.2 Diagrama de precedencias del proceso actual.

Con base en el análisis del proceso productivo realizado, se generaron una serie de resultados que permitieron que los puntos ilustrados en el diagrama de Ishikawa (Fig. 3.1) fueran analizados y poder proponer mejoras para el área.

Se propuso el uso de 1 indicador el cual ayudará a trabajar en el desarrollo de soluciones y la implementación de las mejoras.

El indicador propuesto es el siguiente:

- ❖ **Tiempo de desarrollo:** El propósito de este indicador es medir la reducción de tiempo en el que se hizo el desarrollo de las actividades.

Durante el desarrollo del proyecto, se ha podido notar que el proceso no cuenta con el herramental adecuado, y de igual forma no se cuenta con las medidas de higiene y seguridad industrial apropiadas. El área se encuentra en malas condiciones pues no está acondicionada para realizar el trabajo de forma eficiente.

Aunque se conoce la calendarización de las fechas de entrega que se deben cubrir, a veces no se cumplen los tiempos establecidos por el hecho de que el trabajo es manual y lento (Fig. 3.3).



Fig. 3.3 Situación actual del área de resinas y pinturas. Se observa que el área no está acondicionada a las necesidades de proceso.





Al ser un área donde se trabaja con sustancias y agentes químicos se deben tomar las consideraciones establecidas en la norma oficial NOM-005-STPS-1998 punto 5.4:

“5.4 Con base en los resultados del estudio para analizar el riesgo potencial, debe contarse con la cantidad suficiente de regaderas, lavaojos, neutralizadores e inhibidores en las zonas de riesgo, para la atención de casos de emergencia.”

De igual forma, se deben implementar los requisitos establecidos en la norma oficial anteriormente citada, en el punto 12 en lo relacionado al almacenamiento de sustancias corrosivas o tóxicas, el cual cito:

“12.1 El almacenamiento de sustancias corrosivas, irritantes o tóxicas debe hacerse en recipientes específicos, de materiales compatibles con la sustancia de que se trate.”

El área debe tener un sistema de identificación de residuos peligrosos como lo establece la norma oficial NOM-018-STPS-2000 punto 7 en lo referente a sistemas de identificación (Fig. 3.4).



Fig. 3.4 Rombo de seguridad descrito en la norma oficial NOM-018-STPS-2000

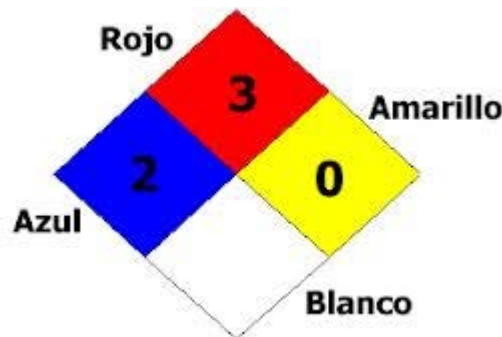


Fig. 3.5 Rombo de seguridad para el thinner

El trabajo al ser alta precisión, se debe contar con los niveles de iluminación adecuados y establecidos en la norma oficial NOM-025-STPS-2008 en el punto 7 “Niveles de iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo” el cual cito:

Tabla 1: Niveles de iluminación

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Área de Trabajo	Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos	Exteriores generales: patios y estacionamientos	20
En interiores: distinguir el área de tránsito,	Tránsito, desplazarse caminando,	50

LEAN MANUFACTURING: CAMBIO DE PARADIGMAS Y CULTURA LEAN

desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	vigilancia, movimiento de vehículos. Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería*.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: • de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; • Exactas y muy prolongadas, y • Muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.	2,000

Lo ideal en este caso para el área es un nivel de iluminación equivalente a 750 luxes pues es un área de alta precisión en el ámbito de pintura y acabado de superficies.

* Pailería: Se denomina "pailería" a una especialidad profesional de la rama de fabricación mecánica que tiene como función principal la construcción de depósitos aptos para el almacenaje y transporte de sólidos en forma de granos, líquidos y gas así como todo tipo de construcción naval y estructuras metálicas.

3.2 PROPUESTAS DE MEJORA

El objetivo del proyecto es incrementar la producción en un 64% y la reducción del tiempo de operación para lograr mejores tiempos de entrega acondicionando el área en base a las normas de seguridad y haciendo una inversión para la mejora de herramental. Las ventajas del nuevo herramental serán el menor tiempo de fabricación y una mejor presentación del producto final.

La inversión de material involucra la compra de:



Aerógrafo con compresor de
aire de 22 cc



Compresor de aire de 10 lts con
pistola de pintura



Lupa con careta y luz
integrada



Mini Taladro Profesional
Flexible Uso Rudo Mototool



Lavajos montable
en pared

Fig. 3.6 Herramental propuesto.

El nuevo herramental ayudara a disminuir el tiempo de proceso de las operaciones que se tienen que hacer manuales. Otra ventaja es que el herramental mejorará la presentación del producto a comparación del trabajo manual.

El siguiente planteamiento matemático nos demostrara como podemos disminuir el tiempo de proceso de lijado:

Si determinamos que:

Condiciones de trabajo planteadas obedeciendo los puntos de la norma de seguridad NOM-017-STPS-2008: "Equipo de protección personal, selección, uso y manejo en los centros de trabajo.



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

$$v = \frac{d}{t}$$

Dónde:

v: velocidad

d: distancia

t: tiempo

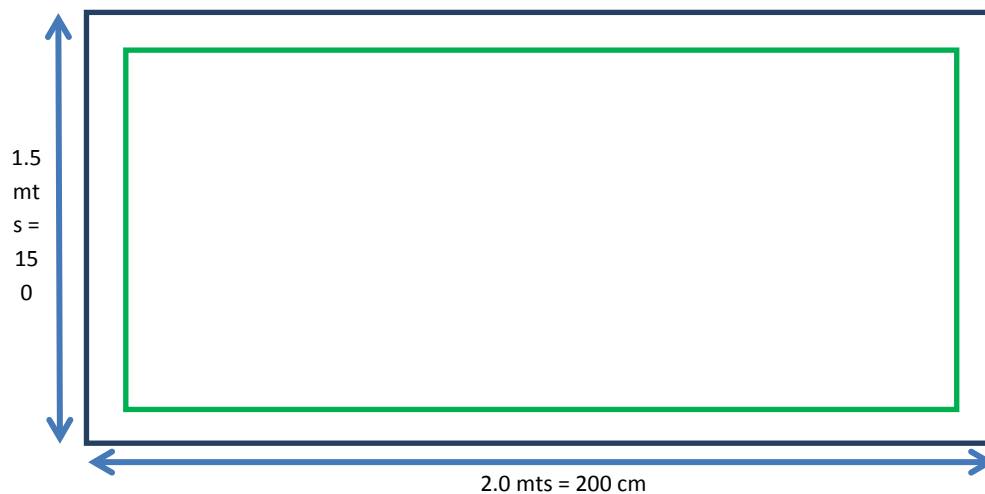
Podemos plantear una ecuación que involucre la velocidad de pulido del Mototool y podemos determinar la siguiente ecuación:

$$T_{\text{lijado}} = (2)(\text{distancia}) + \# \text{ cambios}$$

De igual forma planteamos una equivalencia, donde **1 cm = 3 segundos**.

Para este planteamiento, vamos a tomar el área perimetral del escantillón, como se muestra en la figura, el rectángulo verde representa la línea nominal:

Si consideramos que el escantillón tiene unas dimensiones de 1.5 metros por 2.0 metros, tenemos que:



Tenemos que:

$$150 \text{ cm} \times 2 = 300$$

$$200 \text{ cm} \times 2 = 400$$

Con lo cual podemos determinar que tenemos 700 cm de área perimetral. Si aplicamos los datos en la formula, tenemos que el tiempo de pulido se reduce a **1400 segundos o 23.3 minutos (En este punto se le dan dos pases de lijado por lo cual tenemos 4,200 segundos).**

Para el tiempo de pintado, podemos plantear la siguiente ecuación donde involucramos las variables para el proceso, tales como:

$$T_{pintura} = (3)(distancia) + (2)(\# cambios)$$

Nota: la "distancia" en la formula se refiere a la capacidad de pintura en el vaso del aerógrafo, en este caso, tomaremos como capacidad la cantidad de 5 metros lineales. Usaremos una boquilla con aspersión de 4 mm y serán 3 repeticiones de disparo del aerógrafo a 15 segundos por las 3 repeticiones.

Aplicando los datos a la formula, tenemos que:

$$T_{pintura} = (3)(5 \text{ m lineales})$$

$$T_{pintura} = (3)(15 \text{ mts}) = 45 \text{ mts.}$$

$$15 \text{ s} = 0.1 \text{ m}$$

$$x = 45 \text{ m}$$

$$x = 4,500 \text{ s.}$$

3.3 ANÁLISIS FINANCIERO DE INVERSIONES

Concepto	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ingresos Netos	\$ 2,496,000.00	\$ 1,456,000.00	\$ 1,528,800.00	\$ 1,601,600.00	\$ 1,674,400.00	\$ 1,747,200.00	\$ 1,834,560.00
Costo de Venta	\$ 14,940.00	\$ 13,992.00	\$ 15,671.04	\$ 17,238.14	\$ 18,789.58	\$ 20,480.64	\$ 22,528.70
Materia Prima Antes de Mejora	\$ 14,940.00						
Materia Prima Despues de Mejora		\$ 13,992.00	\$ 15,671.04	\$ 17,238.14	\$ 18,789.58	\$ 20,480.64	\$ 22,528.70
Utilidad Bruta	\$ 2,481,060.00	\$ 1,442,008.00	\$ 1,513,128.96	\$ 1,584,361.86	\$ 1,655,610.42	\$ 1,726,719.36	\$ 1,812,031.30
Gastos de Operación	\$ 549,835.87	\$ 424,993.25	\$ 460,782.39	\$ 492,643.95	\$ 526,146.46	\$ 564,108.80	\$ 606,215.62
Gastos de Operación Antes de Mejora	\$ 549,835.87		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Gastos de Operación Despues de Mejora		\$ 424,993.25	\$ 460,782.39	\$ 492,643.95	\$ 526,146.46	\$ 564,108.80	\$ 606,215.62
Inversion		\$ 18,063.05	\$ 1,088.68	\$ 7,288.68	\$ 6,300.80	\$ 7,288.68	\$ 6,650.93
Utilidad o Pérdida Oper,	\$ 1,931,224.13	\$ 998,951.70	\$ 1,051,257.88	\$ 1,084,429.22	\$ 1,123,163.16	\$ 1,155,321.87	\$ 1,199,164.75
I.S.R.	\$ 579,367.24	\$ 299,685.51	\$ 315,377.37	\$ 325,328.77	\$ 336,948.95	\$ 346,596.56	\$ 359,749.42
P.T.U	\$ 193,122.41	\$ 99,895.17	\$ 105,125.79	\$ 108,442.92	\$ 112,316.32	\$ 115,532.19	\$ 119,916.47
Utilidad Neta	\$ 1,158,734.48	\$ 599,371.02	\$ 630,754.73	\$ 650,657.53	\$ 673,897.89	\$ 693,193.12	\$ 719,498.85
Proyectamos un crecimiento de ingresos de 5% por año en promedio a la inflacion generada en los ultimos años							

Fig. 3.7 Estado de resultados

LEAN MANUFACTURING: CAMBIO DE PARADIGMAS Y CULTURA LEAN

ACTIVO	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Caja	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Banco	\$ 606,259.36	\$ 1,237,686.09	\$ 1,889,082.82	\$ 2,563,786.45	\$ 3,256,979.57	\$ 3,976,478.42
Deudores Diversos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Contribuciones a favor	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Clientes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Inventario	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Anticipo a Proveedores	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Suma del Activo Circulante	\$ 606,259.36	\$ 1,237,686.09	\$ 1,889,082.82	\$ 2,563,786.45	\$ 3,256,979.57	\$ 3,976,478.42
FIJO						
Eq. De Transporte Neto	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mob. y Eq. De Oficina Neto	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mob. y Eq. De Trabajo Neto	\$ 11,174.71	\$ 5,224.89	\$ 2,375.06	\$ 1,262.61	\$ -	\$ -
Otros Activos Neto	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Suma del Activo Fijo	\$ 11,174.71	\$ 5,224.89	\$ 2,375.06	\$ 1,262.61	\$ -	\$ -
Suma del Activo Diferido	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Activo Total	\$ 617,434.07	\$ 1,242,910.98	\$ 1,891,457.89	\$ 2,565,049.06	\$ 3,256,979.57	\$ 3,976,478.42
PASIVO						
Proveedores	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Depositos en Admon	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Acreedores Diversos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Anticipo de Clientes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Impuestos x Pagar	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Suma del Pasivo Circ.	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Capital Contable	\$ 599,371.02	\$ 1,230,125.75	\$ 1,880,783.28	\$ 2,554,681.18	\$ 3,247,874.30	\$ 3,967,373.15
Utilidad del Periodo	\$ 599,371.02	\$ 630,754.73	\$ 650,657.53	\$ 673,897.89	\$ 693,193.12	\$ 719,498.85
Utilidad del Periodo Anterior		\$ 599,371.02	\$ 1,230,125.75	\$ 1,880,783.28	\$ 2,554,681.18	\$ 3,247,874.30
PASIVO + CAPITAL	\$ 599,371.02	\$ 1,230,125.75	\$ 1,880,783.28	\$ 2,554,681.18	\$ 3,247,874.30	\$ 3,967,373.15

Fig. 3.8 Estado de posición financiera proyectado

Concepto	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Saldo Inicial	\$ -	\$ 606,259.36	\$ 1,237,686.09	\$ 1,889,082.82	\$ 2,563,786.45	\$ 3,256,979.57
Ingresos						
Ventas	\$ 1,456,000.00	\$ 1,528,800.00	\$ 1,601,600.00	\$ 1,674,400.00	\$ 1,747,200.00	\$ 1,834,560.00
Total de Ingresos	\$ 1,456,000.00	\$ 1,528,800.00	\$ 1,601,600.00	\$ 1,674,400.00	\$ 1,747,200.00	\$ 1,834,560.00
Egresos						
Costo de Venta	\$ 13,992.00	\$ 15,671.04	\$ 17,238.14	\$ 18,789.58	\$ 20,480.64	\$ 22,528.70
Gastos de Operación	\$ 418,104.91	\$ 460,110.39	\$ 491,904.75	\$ 525,340.74	\$ 564,108.80	\$ 606,215.62
I.S.R.	\$ 299,685.51	\$ 315,377.37	\$ 325,328.77	\$ 336,948.95	\$ 346,596.56	\$ 359,749.42
P.T.U	\$ 99,895.17	\$ 105,125.79	\$ 108,442.92	\$ 112,316.32	\$ 115,532.19	\$ 119,916.47
inversion	\$ 18,063.05	\$ 1,088.68	\$ 7,288.68	\$ 6,300.80	\$ 7,288.68	\$ 6,650.93
Total de Egresos	\$ 849,740.64	\$ 897,373.27	\$ 950,203.27	\$ 999,696.38	\$ 1,054,006.88	\$ 1,115,061.15
Saldo Final	\$ 606,259.36	\$ 1,237,686.09	\$ 1,889,082.82	\$ 2,563,786.45	\$ 3,256,979.57	\$ 3,976,478.42

Fig. 3.9 Flujos de efectivo.

LEAN MANUFACTURING: CAMBIO DE PARADIGMAS Y CULTURA LEAN

Costo de Ventas											
Materia Prima Antes de Mejora											
Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Mensual	Costo Anual 2013						
Pintura	Galon	3	\$ 280.00	\$ 840.00	\$ 10,080.00						
Thiner	Galon	1	\$ 130.00	\$ 130.00	\$ 1,560.00						
Cinta Adhesiva	Pieza	2	\$ 30.00	\$ 60.00	\$ 720.00						
Estopa	Pieza	5	\$ 20.00	\$ 100.00	\$ 1,200.00						
Papel Periodico	Pieza	5	\$ 3.00	\$ 15.00	\$ 180.00						
Material de Medicion	Juego	1	\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 1,200.00						
Totales					\$ 14,940.00						
Materia Prima Despues de Mejora											
Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Mensual	Costo Anual 2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Pintura	Galon	3	\$ 280.00	\$ 840.00	\$ 10,080.00	\$ 11,289.60	\$ 12,418.56	\$ 13,536.23	\$ 14,754.49	\$ 16,229.94	
Thiner	Galon	1	\$ 130.00	\$ 130.00	\$ 1,560.00	\$ 1,747.20	\$ 1,921.92	\$ 2,094.89	\$ 2,283.43	\$ 2,511.78	
Cinta Adhesiva	Pieza	1	\$ 30.00	\$ 30.00	\$ 360.00	\$ 403.20	\$ 443.52	\$ 483.44	\$ 526.95	\$ 579.64	
Estopa	Pieza	3	\$ 20.00	\$ 60.00	\$ 720.00	\$ 806.40	\$ 887.04	\$ 966.87	\$ 1,053.89	\$ 1,159.28	
Papel Periodico	Pieza	2	\$ 3.00	\$ 6.00	\$ 72.00	\$ 80.64	\$ 88.70	\$ 96.69	\$ 105.39	\$ 115.93	
Material de Medicion	Juego	1	\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 1,200.00	\$ 1,344.00	\$ 1,478.40	\$ 1,611.46	\$ 1,756.49	\$ 1,932.14	
Totales					\$ 13,992.00	\$ 15,671.04	\$ 17,238.14	\$ 18,789.58	\$ 20,480.64	\$ 22,528.70	
Gastos de Operación											
Gastos de Operación Antes de Mejora											
Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Mensual	Costo Anual 2013						
Combustible y Lubricantes	N/A	N/A	N/A	\$ 750.00	\$ 9,000.00						
Energia Electrica	N/A	N/A	N/A	\$ 1,875.00	\$ 22,500.00						
Sueldo Personal	N/A	N/A	N/A	\$ 16,720.16	\$ 200,641.87						
Agua	N/A	N/A	N/A	\$ 22.50	\$ 270.00						
Otros Gastos	N/A	N/A	N/A	\$ 26,452.00	\$ 317,424.00						
Totales					\$ 549,835.87						
Gastos de Operación Despues de Mejora											
Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Mensual	Costo Anual 2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Combustible y Lubricantes	N/A	N/A	N/A	\$ 750.00	\$ 9,000.00	\$ 10,080.00	\$ 11,088.00	\$ 12,085.92	\$ 13,173.65	\$ 14,491.02	
Energia Electrica	N/A	N/A	N/A	\$ 1,875.00	\$ 22,500.00	\$ 25,200.00	\$ 27,720.00	\$ 30,214.80	\$ 32,934.13	\$ 36,227.55	
Sueldo Personal	N/A	N/A	N/A	\$ 16,720.16	\$ 200,641.87	\$ 210,673.97	\$ 221,207.66	\$ 232,268.05	\$ 243,881.45	\$ 256,075.52	
Agua	N/A	N/A	N/A	\$ 22.50	\$ 270.00	\$ 302.40	\$ 332.64	\$ 362.58	\$ 395.21	\$ 434.73	
Mantenimiento Compresor 1 ves al año	N/A	N/A	N/A			\$ 600.00	\$ 672.00	\$ 739.20	\$ 805.73		
Depreciación	N/A	N/A	N/A		\$ 6,888.34	\$ 5,949.82	\$ 2,849.82	\$ 1,112.45	\$ 1,112.45	-	
Otros Gastos	N/A	N/A	N/A	\$ 15,474.42	\$ 185,693.04	\$ 207,976.20	\$ 228,773.83	\$ 249,363.47	\$ 271,806.18	\$ 298,986.80	
Totales					\$ 424,993.25	\$ 460,782.39	\$ 492,643.95	\$ 526,146.46	\$ 564,108.80	\$ 606,215.62	

Fig. 3.10 Costo de ventas y gastos operativos antes y después de la mejora.

CONCEPTO	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ventas	\$ 1,456,000.00	\$ 1,528,800.00	\$ 1,601,600.00	\$ 1,674,400.00	\$ 1,747,200.00	\$ 1,834,560.00
Proyectamos un crecimiento de ingresos de 5% por año en promedio a la inflacion generada en los ultimos años						
Producto terminado actual	PZA	24	\$ 104,000.00	\$ 2,496,000.00		
producto terminado con mejora	PZA	38	\$ 104,000.00	\$ 3,952,000.00		
Incremento de venta total mejora	PZA	14	\$ 104,000.00	\$ 1,456,000.00		

Fig. 3.11 Presupuesto de ingresos.

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Tiempo de Vida Útil Maq.
Aerógrafo con Compresor de Aire de 22 cc	Pza	1	\$ 1,950.00	\$ 1,950.00	3 AÑOS
Compresor de Aire 2.5hp	Pza	1	\$ 1,842.03	\$ 1,842.03	3 AÑOS
Pistola para Pintar por Gravedad	Pza	1	\$ 1,170.24	\$ 1,170.24	5 AÑOS
Manguera para Pistola Air Hose	Pza	1	\$ 229.44	\$ 229.44	5 AÑOS
Lupa con careta y luz integrada	Pza	1	\$ 249.00	\$ 249.00	5 AÑOS
Dremel Mototool Multipro Serie 3000	PAQ	1	\$ 784.73	\$ 784.73	3 AÑOS
Aditamento de Eje Flexible	Pza	1	\$ 635.36	\$ 635.36	3 AÑOS
Cilindro para Lijar	Pza	12	\$ 90.72	\$ 1,088.68	1 AÑO
Mecanismo Sinfin para Enrolle de Lona (1 Paquete)	Pza	1	\$ 230.00	\$ 230.00	5 AÑOS
Lavaojos Montable en Pared	Pza	1	\$ 3,683.57	\$ 3,683.57	5 AÑOS
Lona Plástica 3.50 x 4.00 mts (4 Lonas)	Pza	4	\$ 1,050.00	\$ 4,200.00	2 AÑOS
Instalacion Lona	MO	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	2 AÑOS
Total				\$ 18,063.05	

Fig. 3.12 Análisis de inversión

Depreciación 2014	Depreciación 2015	Depreciación 2016	Depreciación 2017	Depreciación 2018	Depreciación 2019
\$ 650.00	\$ 650.00	\$ 650.00	\$ -	\$ -	\$ -
\$ 614.01	\$ 614.01	\$ 614.01	\$ -	\$ -	\$ -
\$ 234.05	\$ 234.05	\$ 234.05	\$ 234.05	\$ 234.05	\$ -
\$ 45.89	\$ 45.89	\$ 45.89	\$ 45.89	\$ 45.89	\$ -
\$ 49.80	\$ 49.80	\$ 49.80	\$ 49.80	\$ 49.80	\$ -
\$ 261.58	\$ 261.58	\$ 261.58	\$ -	\$ -	\$ -
\$ 211.79	\$ 211.79	\$ 211.79	\$ -	\$ -	\$ -
\$ 938.52	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
\$ 46.00	\$ 46.00	\$ 46.00	\$ 46.00	\$ 46.00	\$ -
\$ 736.71	\$ 736.71	\$ 736.71	\$ 736.71	\$ 736.71	\$ -
\$ 2,100.00	\$ 2,100.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
\$ 6,888.34	\$ 5,949.82	\$ 2,849.82	\$ 1,112.45	\$ 1,112.45	\$ -

Fig. 3.13 Método de depreciación

Fig. 3.14 Nomina

LEAN MANUFACTURING: CAMBIO DE PARADIGMAS Y CULTURA LEAN

	Enfermedad y Maternidad		Patron	Trabajador			
20.40%	Patronal	\$ 2,018.70	\$ 411.81				
	Obrero			\$ -			
	Cuota Adicional						
1.10%	Patronal	\$ 10,238.40	\$ 112.62				
0.40%	Obrero			\$ 40.95			
	Prestaciones en Dinero						
1.05%	Patronal	\$ 16,294.50	\$ 171.09				
0.38%	Obrero			\$ 61.10			
	Gtos Médicos y						
0.70%	Patronal	\$ 16,294.50	\$ 114.06				
0.25%	Obrero			\$ 40.74			
0.5888%	Riesgo de Trabajo	\$ 16,294.50	\$ 95.94				
	Invalidez y Vida						
1.75%	Patronal	\$ 16,294.50	\$ 285.15				
0.63%	Obrero			\$ 102.66			
	Guardería y Prestaciones						
1%	Pat Obre	\$ 16,294.50	\$ 162.95				
	Cuota Patronal		\$ 1,353.63				
	Cuota Obrero		\$ 245.45				
	C.O.P.		\$ 1,599.08				
	CONCEPTO	C.O.P. 2014	C.O.P. 2015	C.O.P. 2016	C.O.P. 2017	C.O.P. 2018	C.O.P. 2019
	CUOTAS AL I.M.S.S.	\$ 32,487.16	\$ 32,487.16	\$ 32,487.16	\$ 32,487.16	\$ 32,487.16	\$ 32,487.16
Seguro Retiro, Cesantía en Edad Avanzada y Vejez							
	Ramo de Retiro						
	Días: 60						
2%	Patrón:	\$32,589.00	\$651.78				
	Ramo de Cesantía en Edad Avanzada y Vejez						
	Días: 60						
3.150%	Patrón:	\$32,589.00	\$1,026.55				
1.13%	Trabajador:	\$32,589.00	\$366.63				
Nacional de la Vivienda para los Trabajadores							
	INFONAVIT						
	Días: 60						
5%	Patrón:	\$32,589.00	\$1,629.45				
	Total Cuotas Bimestrales*						
	Total Cuotas IMSS:(RCV)		\$1,678.33				
	Total Infonavit:		\$1,629.45				
	Total:		\$3,307.78				
	CONCEPTO	CUOTA BIMESTRAL 2014	CUOTA BIMESTRAL 2015	CUOTA BIMESTRAL 2016	CUOTA BIMESTRAL 2017	CUOTA BIMESTRAL 2018	CUOTA BIMESTRAL 2019
	Cuotas IMSS:(RCV)	\$20,140.00	\$20,140.00	\$20,140.00	\$20,140.00	\$20,140.00	\$20,140.00
	Infonavit:	\$19,553.40	\$19,553.40	\$19,553.40	\$19,553.40	\$19,553.40	\$19,553.40
	Nota:						
	Para efectos del calculo solo se estan tomando en cuenta los importes que debe pagar el patrón						

Fig. 3.15 Seguridad social del trabajador

3.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS

Las mejoras propuestas ayudaran a disminuir el tiempo de producción (Lead Time) en un 64% con respecto a tiempo actual. De igual forma se busca incrementar la producción en un 63% pasando de 24 escantillones que se modifican actualmente hasta un aproximado de 38 escantillones anuales.

De igual forma las mejoras en el herramental y el ambiente de trabajo ayudaran a incrementar los ingresos por escantillón en aproximadamente un 63%. Dentro de la situación actual, los ingresos por modificación de escantillones al año son de \$196,955.00 USD por lo que las mejoras propuestas servirán para percibir ingresos por \$303,517.00 USD teniendo una diferencia de \$106,562.00 USD

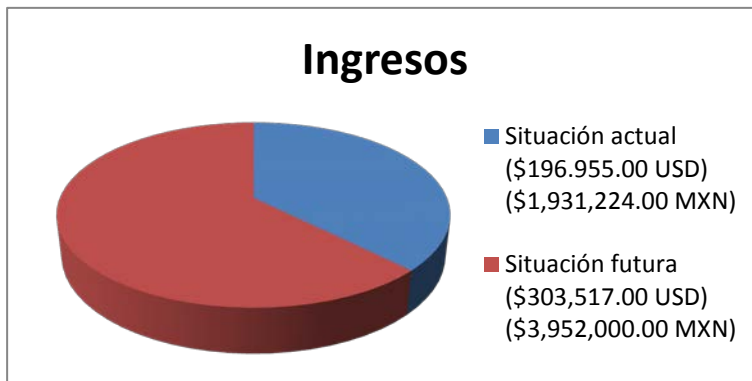


Fig. 3.16 Este grafico nos muestra el impacto económico que tendrá la empresa con las mejoras propuestas.

Incremento del 63% 



Fig. 3.17 Esta gráfica nos muestra el impacto que tendrá el tiempo de manufactura con respecto a la situación actual.

Ahorro del 64.4% 



Tiempo estándar total = 257 696 segundos



Tiempo estándar total = 162 453 segundos

Fig. 3.18 Comparación de los diagramas de precedencias actual y futuro.
Con las mejoras propuestas, se logra un ahorro de tiempo del 64%

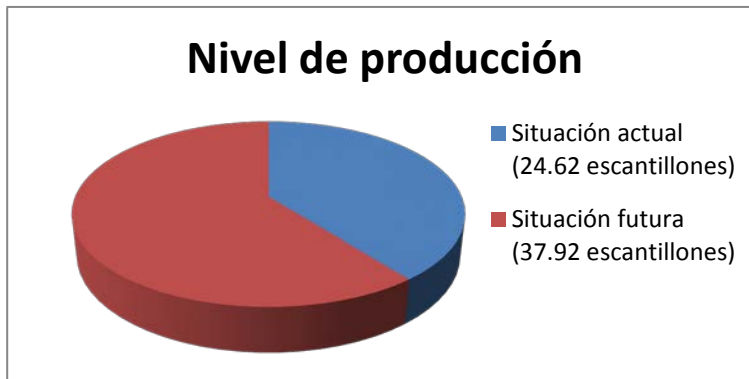


Fig. 3.19 Esta gráfica nos muestra el impacto que tendrá el nivel de producción con respecto a la situación actual

Incremento del 63%.



3.5 ENTORNO VIRTUAL SIMIO

SIMIO es un software basado en modelización, simulación y animación 3D de flujos de procesos por eventos discretos, basado en un enfoque mixto objetos – procedimientos.

Esto quiere decir que:

- Modeliza: captura y describe un funcionamiento, un comportamiento de un sistema real o imaginario.
- Simula: permite estudiar resultados, respuestas del sistema ante nuevas situaciones hipotéticas o futuras.
- Anima 3D: presenta los resultados en animaciones 3D gráficamente muy atractivas, además de informes numéricos de todo tipo.

SIMIO se puede usar en sistemas en donde existe un flujo, gobernado o no, por un tiempo de ciclo o “talk time” calculado, con un sentido de progresión (movimiento o transformación) en entidades de productos en el tiempo: cadenas de montaje y procesos de fabricación en general, situaciones donde se producen colas de espera a servicio (hospitales, call-centers, aeropuertos), recorridos de elementos de transporte (logísticos, transporte de personas, tráfico) o traslado de entidades (terminales de puertos).

La simulación es una herramienta complementaria en relación a técnicas Lean Manufacturing como el Value Stream Mapping, Kanban, Heijunka (producción nivelada y mezclada) o el concepto de células de fabricación.



Fig. 3.20 Logo y slogan del software de simulación SIMIO

3.5.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

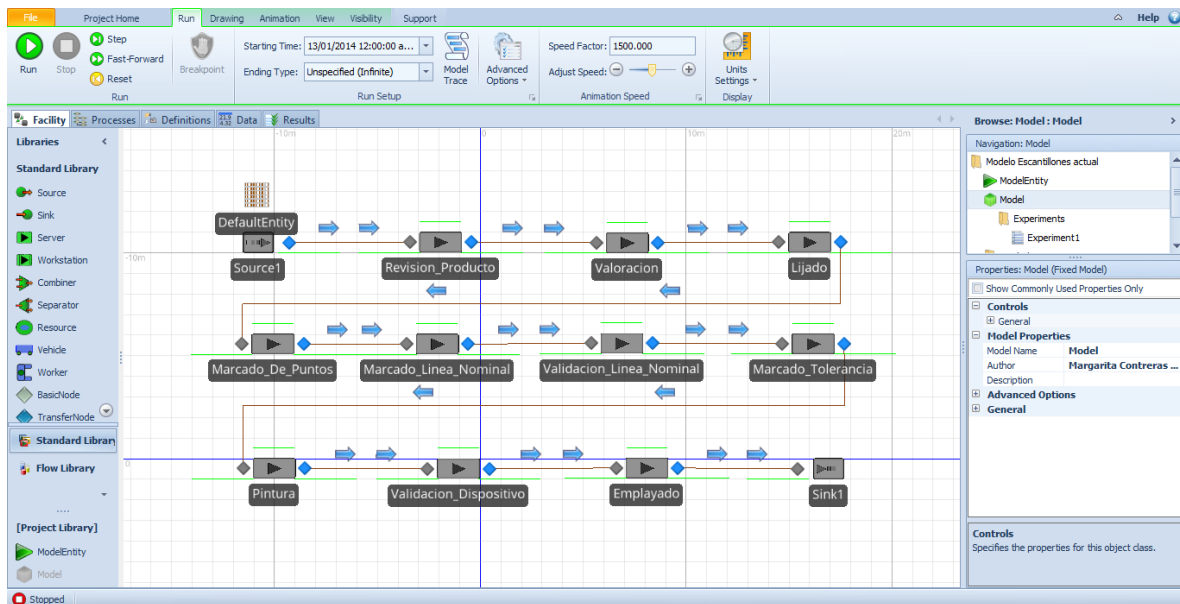


Fig. 3.21 Modelo de simulación de la situación actual de la empresa.

The screenshot displays a simulation results table. The table has columns for 'Object Name', 'Data Source', 'Category', 'Data Item', 'Statistic', and 'Value'. The data is organized into a pivot table structure. The 'Object Name' column lists 'DefaultEntity', 'Path1', 'Path10', and 'Path11'. The 'Data Source' column lists '[Population]', '[Travelers]', and '[Travelers]'. The 'Category' column lists 'Content', 'FlowTime', and 'Throughput'. The 'Data Item' column lists 'NumberInSystem', 'TimeInSystem', 'NumberCreated', 'NumberDestroyed', 'NumberOnLink', 'TimeOnLink', 'NumberEntered', and 'NumberExited'. The 'Statistic' column lists 'Average', 'Maximum', 'Minimum', and 'Total'. The 'Value' column shows the corresponding numerical results. A red circle highlights the 'TimeInSystem' row for 'DefaultEntity', showing an average value of 241,261.1350.

Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Value
DefaultEntity	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	1.0000
DefaultEntity	[Population]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Seconds)	241,261.1350
DefaultEntity	[Population]	Throughput	NumberCreated	Total	2.0000
DefaultEntity	[Population]	Throughput	NumberDestroyed	Total	1.0000
Path1	[Travelers]	Content	NumberOnLink	Average	0.0000
Path1	[Travelers]	FlowTime	TimeOnLink	Average (Seconds)	2.9300
Path1	[Travelers]	Throughput	NumberEntered	Total	2.0000
Path1	[Travelers]	Throughput	NumberExited	Total	2.0000
Path10	[Travelers]	Content	NumberOnLink	Average	0.0000
Path10	[Travelers]	FlowTime	TimeOnLink	Average (Seconds)	3.0800
Path10	[Travelers]	Throughput	NumberEntered	Total	1.0000
Path10	[Travelers]	Throughput	NumberExited	Total	1.0000
Path11	[Travelers]	Content	NumberOnLink	Average	0.0000

Fig. 3.22 Resultados obtenidos del modelo de simulación actual.

El modelo de simulación del proceso actual de la empresa, nos arroja un tiempo de producción de 241 261 segundos, tiempo que se muestra en el Value Stream Mapping como “tiempo de valor agregado del producto”. El objetivo es disminuir el tiempo de fabricación total en aproximadamente 64% optimizando las operaciones manuales.

3.5.2 SITUACIÓN PROPUESTA DE LA EMPRESA

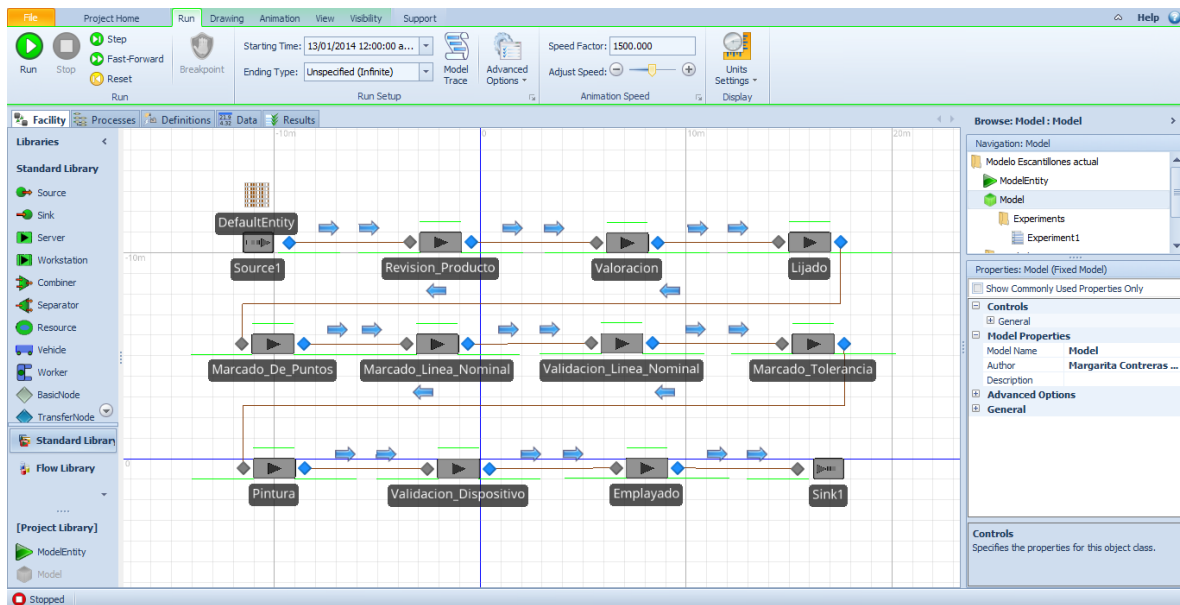


Fig. 3.23 Modelo de simulación de la situación propuesta de la empresa.

The screenshot displays a simulation results table. The table has columns for 'Object Type', 'Object Name', 'Data Source', 'Category', 'Data Item', 'Statistic', and 'Average Total'. The data is organized into rows for different objects and paths. The 'TimeInSystem' statistic for the 'DefaultEntity' is highlighted with a red circle, showing a value of 147,811.1350 seconds.

Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Average Total
ModelEntity	DefaultEntity	[Population]	Content	NumberInSystem	Average	1.0000
					Maximum	1.0000
			FlowTime	TimeInSystem	Average (Seconds)	147,811.1350
					Maximum (Seconds)	147,811.1350
					Minimum (Seconds)	147,811.1350
			Throughput	NumberCreated	Total	5.0000
				NumberDestroyed	Total	4.0000
Path	Path1	[Travelers]	Content	NumberOnLink	Average	0.0000
					Maximum	1.0000
			FlowTime	TimeOnLink	Average (Seconds)	2.9200
					Maximum (Seconds)	2.9200
					Minimum (Seconds)	2.9200
			Throughput	NumberEntered	Total	5.0000
				NumberExited	Total	5.0000
	Path10	[Travelers]	Content	NumberOnLink	Average	0.0000
					Maximum	1.0000
			FlowTime	TimeOnLink	Average (Seconds)	3.0800
					Maximum (Seconds)	3.0800
					Minimum (Seconds)	3.0800
			Throughput	NumberEntered	Total	4.0000
				NumberExited	Total	4.0000
	Path11	[Travelers]	Content	NumberOnLink	Average	0.0000

Fig. 3.24 Resultados obtenidos del modelo de simulación propuesto.

El modelo de simulación del proceso propuesto a la empresa, nos arroja un tiempo de producción de 147 811 segundos, tiempo que se muestra en el Value Stream Mapping como “tiempo de valor agregado del producto”.

Dentro del escenario de la situación propuesta, debemos crear experimentos con porcentajes de confiabilidad para analizar qué nivel de confianza se adecuara más a nuestro proceso. SIMIO por default nos da 4 niveles de confiabilidad: 90%, 95%, 98% y 99%.

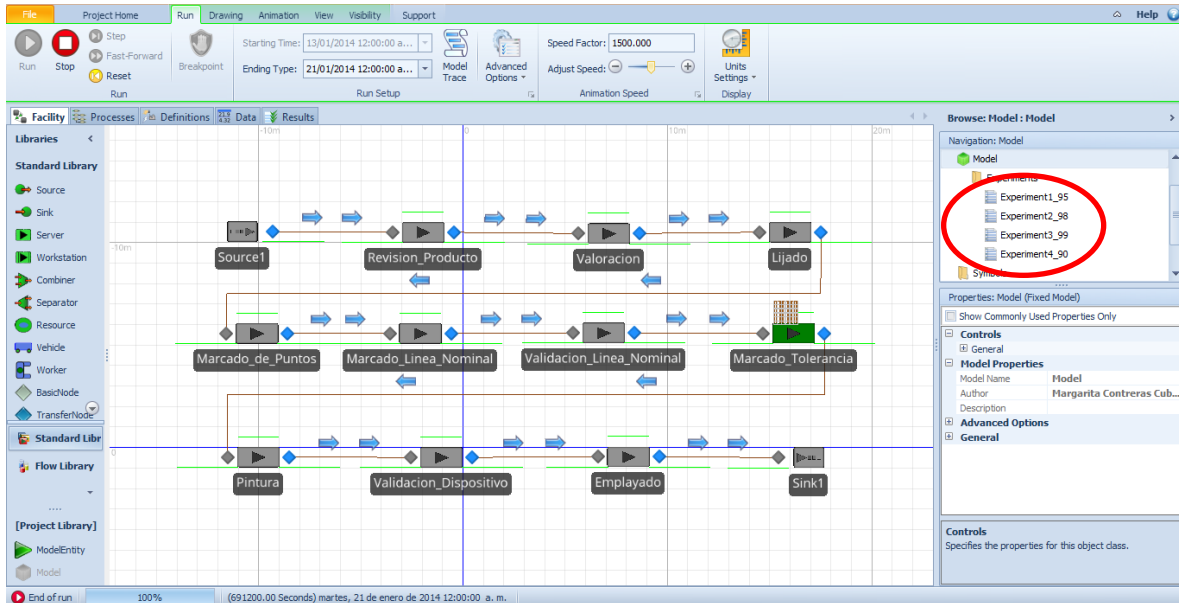


Fig. 3.25 Vista de la opción para realizar los experimentos dentro del modelo propuesto.

Show Commonly Used Properties Only	Show Commonly Used Properties Only	Show Commonly Used Properties Only	Show Commonly Used Properties Only
Analysis ☒ Warm-up Period 0 Default Replications 10 Confidence Level 95% Upper Percentile 75% Lower Percentile 25% Primary Response Tiempo_Total Advanced Options General Name Experiment1_95	Analysis ☒ Warm-up Period 0 Default Replications 10 Confidence Level 98% Upper Percentile 75% Lower Percentile 25% Primary Response Tiempo_Total Advanced Options General Name Experiment2_98	Analysis ☒ Warm-up Period 0 Default Replications 10 Confidence Level 99% Upper Percentile 75% Lower Percentile 25% Primary Response Tiempo_Total Advanced Options General Name Experiment3_99	Analysis ☒ Warm-up Period 0 Default Replications 10 Confidence Level 90% Upper Percentile 75% Lower Percentile 25% Primary Response Tiempo_Total Advanced Options General Name Experiment4_90
Analysis	Analysis	Analysis	Analysis

Fig. 3.26 Las opciones de niveles de confiabilidad que ofrece SIMIO por default.

El resultado del experimento se indica en el recuadro llamado “Responses” y se especifica por la expresión lógica mencionada abajo.

Experiment					
Design					
Scenario		Replications		Controls	Responses
☒ Name	Status	Required	Completed	Servidores	Tiempo_Total (Seconds)
☒ Scenario1	Completed	10	10 of 10	8	147811

Fig. 3.27 Planeación del experimento.

Properties: Tiempo_Total (Response)	
☐ Show Commonly Used Properties Only	
General	
Name	Tiempo_Total
Display Name	Tiempo_Total
Expression	DefaultEntity.Population.TimeInSystem.Average
Unit Type	Time
Display Units	Seconds
Objective	None
☐ Lower Bound	
☐ Upper Bound	

Fig. 3.28 Propiedades del experimento.

La expresión lógica nos indica el tiempo promedio que la entidad tardara en ser procesada a lo largo de todo el modelo de simulación. Abajo se especifica la unidad de medición, en este caso será tiempo y un recuadro más abajo se especifica las unidades que para fines de análisis serán segundos.

Los resultados de los experimentos se muestran a continuación:

Name		Values				Mean Confidence			Lower Percentile			Upper Percentile		
Scenario N...	Response ...	Mean	Median	Minimum	Maximum	Half Width	Mean CI Be...	Mean CI End	Lower Value	Lower CI St...	Lower CI End	Upper Value	Upper CI St...	Upper
► Scenario1	Tiempo_Total	41.058648...	41.058648...	41.058648...	41.058648...	4.3414161...	41.058648...	41.058648...	41.058648...	41.058648...	41.058648...	41.058648...	41.058648...	NaN

Fig. 3.29 Experimento 90% de confiabilidad.

Name		Values				Mean Confidence			Lower Percentile			Upper Percentile		
Scenario N...	Response ...	Mean	Median	Minimum	Maximum	Half Width	Mean CI Be...	Mean CI End	Lower Value	Lower CI St...	Lower CI End	Upper Value	Upper CI St...	Upper
► Scenario1	Tiempo_Total	41.058648...	41.058648...	41.058648...	41.058648...	5.3574922...	41.058648...	41.058648...	41.058648...	41.058648...	41.058648...	41.058648...	41.058648...	NaN

Fig. 3.30 Experimento 95% de confiabilidad.

Name		Values				Mean Confidence			Lower Percentile			Upper Percentile		
Scenario N...	Response ...	Mean	Median	Minimum	Maximum	Half Width	Mean CI Be...	Mean CI End	Lower Value	Lower CI St...	Lower CI End	Upper Value	Upper CI St...	Upper
► Scenario1	Tiempo_Total	41.058648...	41.058648...	41.058648...	41.058648...	6.6814701...	41.058648...	41.058648...	41.058648...	NaN	NaN	41.058648...	NaN	NaN

Fig. 3.31 Experimento 98% de confiabilidad.

Name		Values				Mean Confidence			Lower Percentile			Upper Percentile		
Scenario N...	Response ...	Mean	Median	Minimum	Maximum	Half Width	Mean CI Be...	Mean CI End	Lower Value	Lower CI St...	Lower CI End	Upper Value	Upper CI St...	Upper
► Scenario1	Tiempo_Total	41.058648...	41.058648...	41.058648...	41.058648...	7.6975463...	41.058648...	41.058648...	41.058648...	NaN	NaN	41.058648...	NaN	NaN

Fig. 3.32 Experimento 99% de confiabilidad.

La variación dentro de los experimentos se muestra en el apartado denominado “Half Width” donde vemos que el experimento a 90% de confiabilidad nos arroja un resultado de 4.341 en comparación al valor de 7.6975 del experimento a 99% de confiabilidad.

CAPÍTULO 4

4.- CONCLUSIONES DEL PROYECTO

4.0 CONCLUSIONES DEL PROYECTO (GERARDO MARIO ROSALES)

Con la aplicación de las herramientas aprendidas en Lean Manufacturing estoy convencido que toca tantos aspectos personales como aspectos industriales y que son la base para que una empresa logre llegar a la excelencia operativa. Como una estructura puede dar grandes beneficios para el óptimo desarrollo de la empresa que busque su implementación y seguimiento. Es como lo describe el sistema de producción Toyota usando la analogía de la casa, sino tiene buenos cimientos no funcionara y el sistema colapsará.

Con este proyecto de implementación pude observar y experimentar la difícil que es cambiar los hábitos de la gente y sacarlos de su zona de confort y sé que será interesante cuando la gente trate de adoptar los nuevos procedimientos y se den cuenta que no solo los ayuda a hacer las cosas más sencillas sino los beneficios que traerá tanto para los trabajadores como para la empresa.

Estoy convencido que Lean Manufacturing puede ser aplicado en cualquier área dentro de una empresa que le dé el enfoque correcto y le dé el seguimiento necesario. La continua es un trabajo de todos.

Bibliografía

<http://spcgroup.com.mx/7-mudas/>

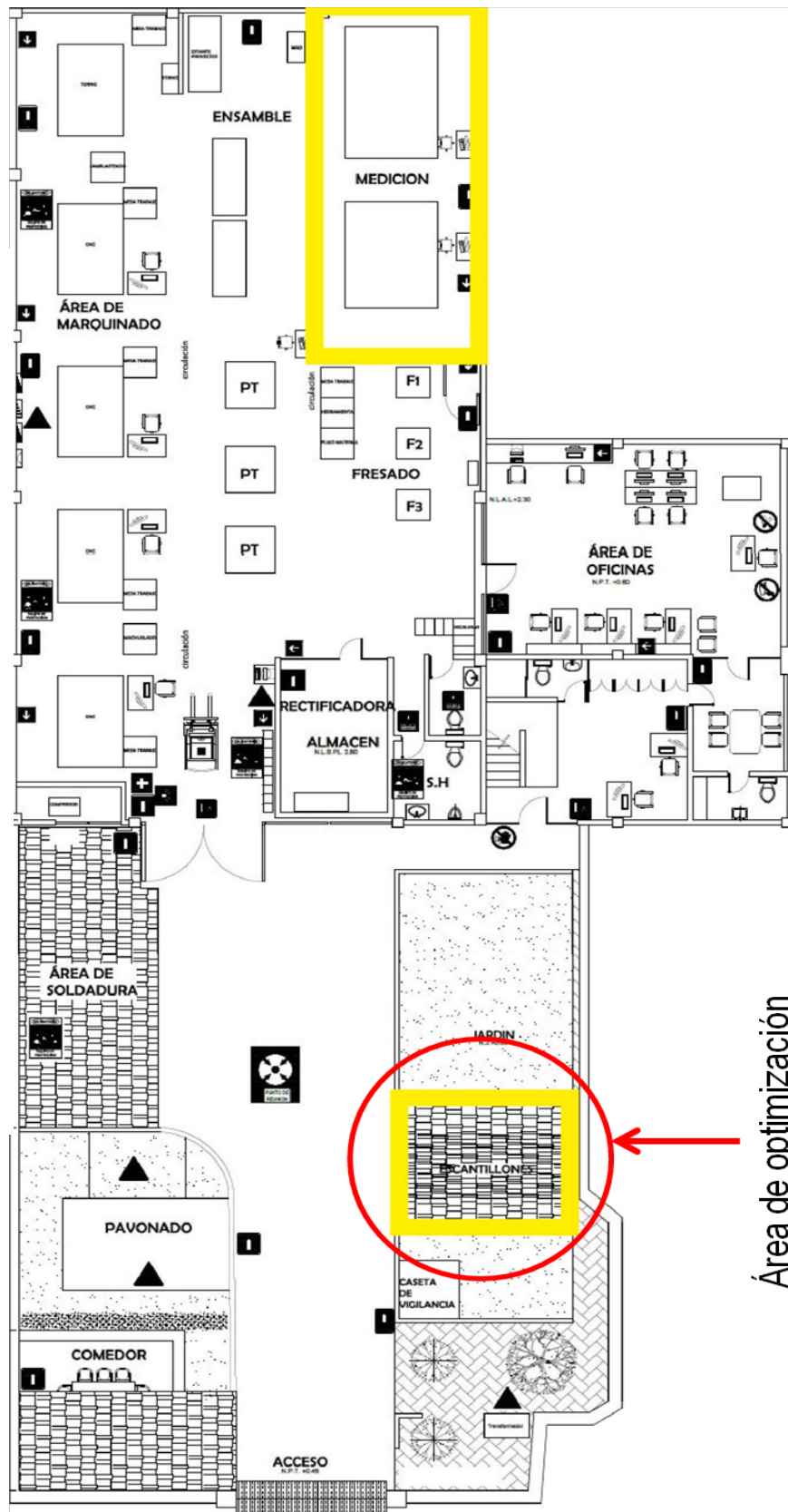
<http://www.bosch-do-it.com/es/es/aficionado-al-bricolaje/conocimientos/consejos-de-uso/lijado-de-superficies-c%C3%B3ncavas-98758.jsp>

Lean Manufacturing: conceptos, técnicas e implantación.

ANEXOS

ANEXO 1

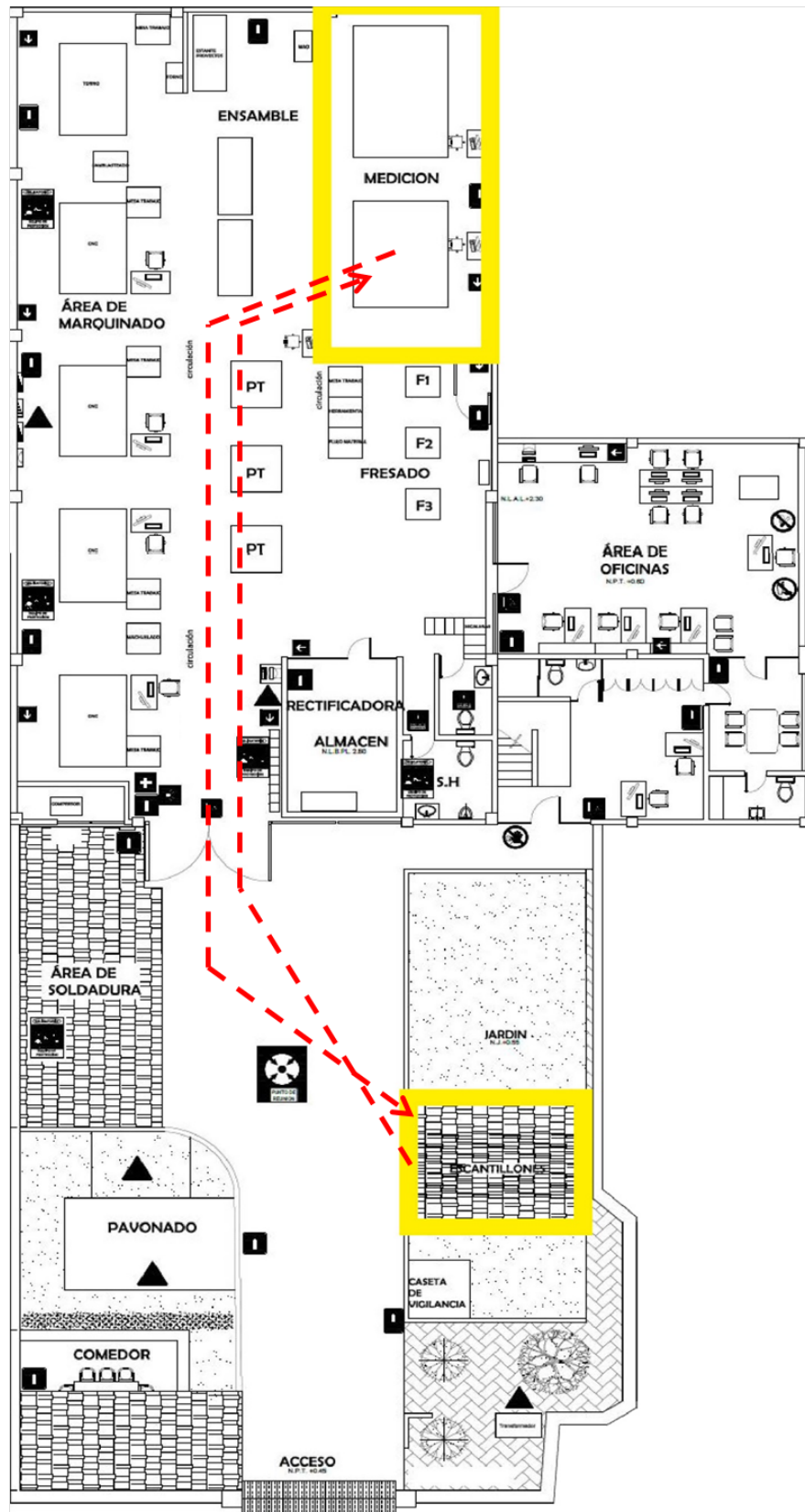
LAY OUT ACTUAL DE LA EMPRESA



Área de optimización
Mejora

ANEXO 2

DIAGRAMA DE RECORRIDO



Recorrido hasta el laboratorio de medición: 38 m.

Análisis de valor propuesto (Pinturas y resinas)

[illegible]

ANEXO 5



Plan de limpieza

Area: Resinas y pinturas

Semana: _____

Equipo: _____

Tareas asignadas		Hs.	Duración min.	Lu.	Ma.	Mi.	Ju.	Vi.	Sa.
1	Barrer área de trabajo	Escoba/ recogedor							
2	Limpieza y orden de mesa de trabajo	Trapo							
3	Revisión de posibles fugas de material peligroso	NA							
4	Limpieza de herramienta (aerógrafo)	Trapo / thinner							
5	Organizar y limpiar herramienta de trazado (rayadores, escuadras, plantillas)	Trapo / thinner							
6	Mantenimiento a la compresora de aire (semanal)	NA							

HECHO: ☐ = Ok

REVISADO: ☐ = No Ok

AUTORIZADO:

Seguridad

Inspección y Ajuste

Lubricación

Limpieza

COLOCAR PALOMA SI LA ACTIVIDAD FUE REALIZADA O
CRUZ SI NO FUE REALIZADA Y ANOTAR POR QUE NO EN OBSERVACIONES.

Observaciones

1.-

2.-

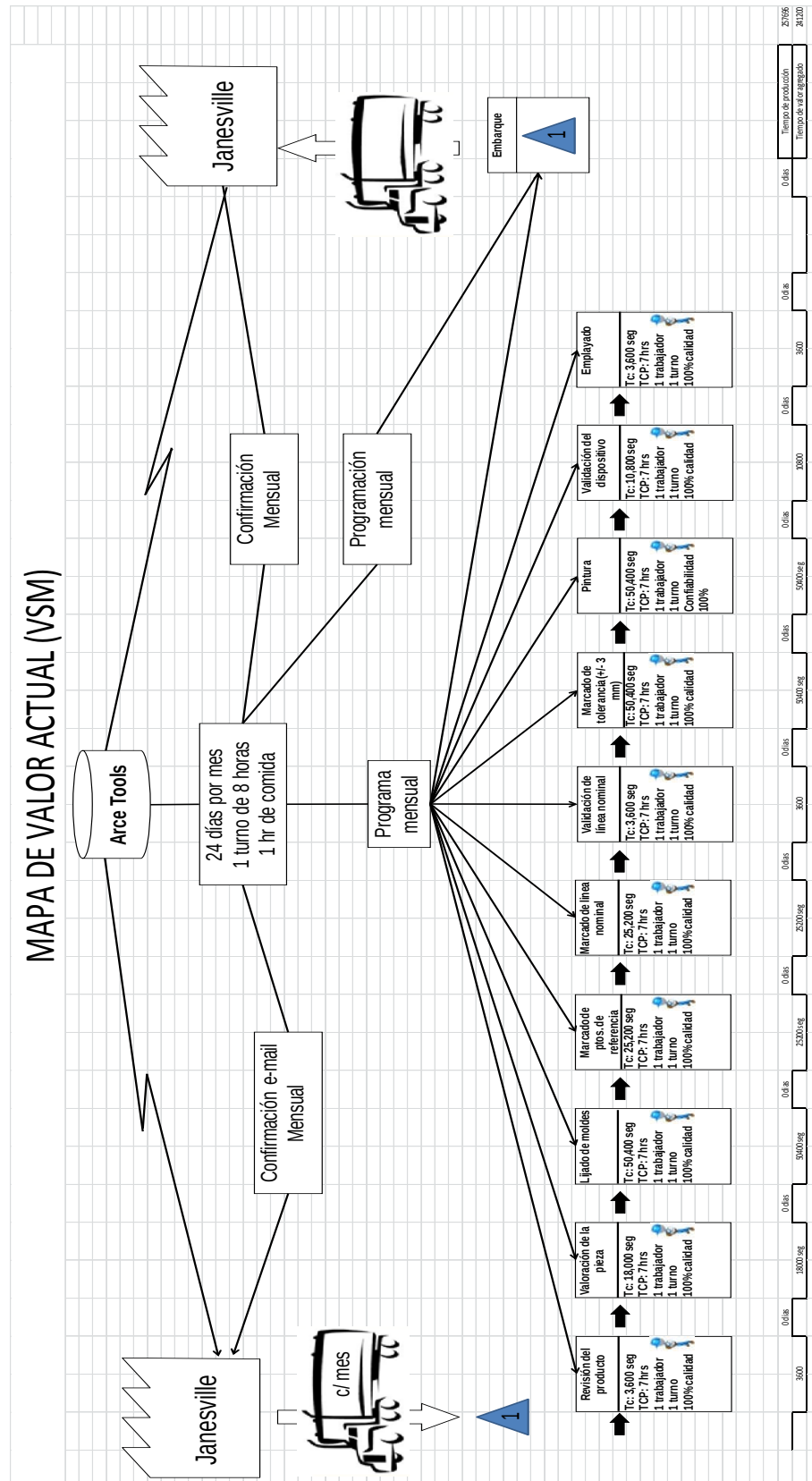
3.-

4.-

ANEXO 6

TOMA DE TIEMPOS (ESTACIÓN DE ESCANTILLONES)																									
ARCE TOOLS																									
ULTIMA ACTUALIZACIÓN: 22.11.2013																									
Puesto estudiado:																									
Análizado por:																									
Estación de escantillones																									
LAYOUT: Actual																									
FAU-F-PS-5009/1																									
M																									
Media																									
V %																									
M																									
m																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
NOTAS																									
a La eliminación de los dispositivos se lleva a cabo después de un hora en el laboratorio de metrología (20°).																									
b El tiempo de revisión de información del cliente puede variar en función de qué la información enviada este correcta o no.																									
c La revisión del producto incluye la pieza, las modificaciones, piezas y/o especificaciones del cliente.																									
d El secado de la pintura blanca del dispositivo se lleva a cabo en aproximadamente 1 día (24 hrs).																									
e La validación del dispositivo en sus diferentes etapas puede consistir de una o más entradas a laboratorio de medición.																									
El tiempo de espera para la entrada de un dispositivo a medición está en función de las piezas en espera (1 hr - 6 hr)																									
f																									
g																									
h																									
i																									
j																									
k																									

ANEXO 7





**UNIVERSIDAD POPULAR
AUTONOMA DEL ESTADO DE
PUEBLA**

**“ACONDICIONAMIENTO DEL
ÁREA DE RESINAS Y PINTURA DE
ARCE TOOLS”**

**DIPLOMADO LEAN MANUFACTURING: CAMBIO
DE PARADIGMAS Y CULTURA LEAN**

PRESENTA:

Gerardo Mario Rosales Contreras

PUEBLA, PUEBLA.

2014

	Página
INDICE	
INTRODUCCIÓN	4
CAPITULO I ARCE TOOLS	
1.0 Descripción de la Empresa	5
1.1 Antecedentes	5
1.2 Descripción del Problema	6
1.3 Planteamiento del Problema	6
1.4 Solución	6
1.5 Objetivos	7
1.6 Misión	8
1.7 Visión	8
1.8 Política de Calidad	8
1.9 Proceso Productivo de la Empresa	9
 CAPITULO II LEAN MANUFACTURING Y LAS HERRAMIENTAS APLICADAS	
2.0 ¿Qué es Lean Manufacturing?	11
2.1 Metodología 5'S	13
2.1.1 Eliminar (Seiri)	14
2.1.2 Ordenar (Seiton)	14
2.1.3 Limpieza e inspección (Seiso)	14
2.1.4 Estandarizar (Seiketsu)	15
2.1.5 Disciplina (Shitsuke)	15
2.2 Kaizen: el concepto de la mejora continua	16
2.3 Los 7 desperdicios industriales	17
2.3.1 Transporte	18
2.3.2 Inventario	18
2.3.3 Movimientos Innecesarios	19
2.3.4 Tiempo de Espera	19
2.3.5 Sobre-Proceso	20
2.3.6 Sobre-Producción	20
2.3.7 Defectos y Retrabajos	21

CAPITULO III EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

3.0 Detección de áreas de oportunidad	23
3.1 Descripción del proceso	24
3.2 Propuestas de mejora	30
3.3 Análisis financiero de inversiones	33
3.4 Análisis comparativo de resultados	36

CAPITULO IV CONCLUSIONES DEL PROYECTO

4.0 Conclusiones del proyecto (Gerardo Mario Rosales Contreras)	38
---	----

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCIÓN

El presente escrito expone el trabajo práctico realizado en la Empresa de desarrollo de Ingeniería de Alta Precisión para la construcción de dispositivos de control dimensional Arce Tools. Este trabajo consistió en el análisis y planteamiento de propuestas de mejora, para el proceso productivo de modificación de escantillones en el área de pinturas y resinas.

La característica principal de este trabajo radica en cómo fue abordada la problemática, ya que al aumentar el volumen de proyectos de modificación de escantillones, las mejoras se obtendrán del acondicionamiento del área mediante una inversión de material para permitir su escala.

Para lograr esto, se debió hacer un análisis de las actividades que conforman el proceso de modificación de escantillones, para posteriormente hacer la implementación de las mejoras, involucrando las herramientas de la filosofía Lean Manufacturing (Manufactura esbelta).

Este documento se estructura de la siguiente forma: el capítulo primero presenta un resumen de la empresa y su proceso de modificación; el capítulo segundo se muestra una visión de las herramientas empleadas de la filosofía Lean (5'S, 7 desperdicios industriales y Kaizen "Mejora continua"); el capítulo tercero habla de las áreas de oportunidad detectadas en la empresa, así como la forma en la que se busca reducir y optimizar los recursos actuales y en el capítulo cuarto se abordan los resultados obtenidos donde se muestran análisis comparativos de las mediciones obtenidas y los resultados esperados por medio de las mejoras. El documento finaliza con un apartado de conclusiones personales y recomendaciones para el proceso.

CAPÍTULO 1

1.- ARCE TOOLS

1.0 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

EMPRESA:

Arce Tools S.A. de C.V.

UBICACIÓN:

San Andrés Cholula, Puebla

ACTIVIDAD:

Construcción de Dispositivos de Control Dimensional y Dispositivos de Ensamble.

1.1 ANTECEDENTES

Arce Tools es una empresa especializada en desarrollo de ingeniería de alta precisión para la construcción de dispositivos de control dimensional y dispositivos de ubicación y ensamble de componentes. Cuenta con un perfil de desarrollo en el área de dispositivos de control y calibres para el sector automotriz y de autopartes.

Actualmente, el área de pinturas y resinas experimenta un crecimiento importante y una posibilidad de expansión en el alcance de sus operaciones, buscando incrementar clientes a través de alianzas estratégicas. Con lo anterior se busca un incremento de la producción en un 46%, reduciendo el tiempo de manufactura mediante la inversión de herramental apropiado, lo cual representa retos importantes en el área operativa.

Los proyectos dentro del área de modificación de escantillones, se desarrollan en ciclos de trabajo previamente establecidos con el cliente. El proceso inicia cuando el cliente acuerda un proyecto de modificación, con sus requerimientos específicos que sirve como base para obtener la información correspondiente para realizar dicho proyecto.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El área de modificación de escantillones es un departamento relativamente nuevo, con mucha oportunidad de crecimiento pero no se cuenta con un área específica y acondicionada por lo cual se realizó una serie de propuestas en el proceso de producción.

Por lo anterior es necesario realizar un análisis de las actividades que conforman el procedimiento que se está siguiendo, para la modificación de escantillones, así como la implementación de las mejoras propuestas, tanto en el ámbito de la filosofía Lean Manufacturing, así como la aplicación de las normas de seguridad NMX-STPS.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se requiere realizar un análisis del proceso actual, para la modificación de escantillones dentro del área de “Resinas y Pinturas” al no contar con un área específica se planea la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing.

Los puntos a cubrir con este proyecto son:

- 1.- Análisis del proceso actual.
- 2.- Identificación y definición de oportunidades de mejora.
- 3.- Documentación del proceso.
- 4.- Implementación y seguimiento de las mejoras propuestas.

1.4 SOLUCIÓN

Se sabe que los proyectos de modificación de escantillones, involucran tiempos de proceso muy largos, sin embargo este proyecto presenta un reto adicional ya que lo que se busca es la disminución de los tiempos de proceso, de 10 días en promedio por escantillón hasta los 5 días, por lo que la aplicación directa de un modelo como el mencionado, involucrará una inversión en el herramental de trabajo adecuado para lograr una reducción de tiempo de proceso.

Para lograr una solución factible se propone trabajar sobre los procedimientos existentes en Arce Tools, que nos guiará en la realización de las adecuaciones resultantes en los procesos analizados. La secuencia a seguir será:

1.- Análisis del proceso actual: Se realizará con base en las “lecciones aprendidas” durante los últimos meses al interior del equipo de desarrollo, dichas lecciones se encuentran documentadas como parte de la información de la empresa.

2.- Identificación y definición de áreas de mejora: Se realizará en sesiones de trabajo con los responsables del área, con la finalidad de contar con la retroalimentación necesaria y una toma de decisiones oportuna.

3.- Documentación de mejoras al proceso: De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos mediante la observación y documentación del proceso.

4.- Implementación de la mejora: Con base en las herramientas elegidas de la filosofía Lean Manufacturing, incluyendo la simulación del proyecto (SIMIO), así como el uso del análisis financiero para determinar la viabilidad del proyecto.

Cabe mencionar, que las áreas involucradas tendrán un impacto directo en el ámbito económico, estos resultados se encuentran debidamente documentados en el presente escrito.

1.5 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

El presente trabajo le permitirá a Arce Tools, realizar un análisis para el acondicionamiento del área de pinturas y resinas, así como optimizar sus procesos internos alineados con su política de calidad y las normas correspondientes.

OBJETIVO PARTICULAR

- Incrementar la productividad del área de pinturas y resinas en un 63%, reduciendo el tiempo de manufactura.
- Analizar las “lecciones aprendidas” en el Diplomado “Lean Manufacturing” para identificar las potenciales área de oportunidad.

- Determinar el impacto (económico y productivo) que tendrá en el área de pinturas y resinas.
- Implementar las mejoras al proceso en las áreas detectadas.

1.6 MISIÓN

Ofrecer completa seguridad y confianza a nuestros clientes del sector automotriz, de autopartes y aéreo espacial mediante dispositivos de control, calibres y dispositivos de sujeción para soldadura, que aseguren dimensionalmente sus piezas y garanticen el ensamble perfecto, contra las demás partes que conforman el producto final.

1.7 VISIÓN

Ser líderes en el mercado mexicano de medios de control dimensional y calibres con presencia multinacional, a partir de una sólida estructura organizacional, tecnología de vanguardia y productos con altos estándares de calidad, que garanticen la satisfacción del cliente en beneficio de nuestros socios, empleados y proveedores

1.8 POLITICA DE CALIDAD

Arce Tools es una empresa comprometida con el diseño y fabricación de dispositivos de control dimensional y de soldadura de clase mundial, que respaldan el proceso productivo y éxito de clientes nacionales e internacionales, cumpliendo con las especificaciones y tiempos de entrega acordados, mediante altos estándares de tecnología y protección al medio ambiente, producidos en un entorno laboral digno que motive y enorgullezca a sus empleados, a través de una constante mejora al sistema de gestión de calidad, capacitación y remuneración equilibrada a sus esfuerzos.



Fig. 1 Logo de la empresa Arce Tools

1.9 PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA

Actualmente la empresa se encuentra trabajando en el área de resinas y pinturas, tanto en la creación y modificación de escantillones, como modificación de Water Jets (sistemas de corte y recorte por medio de agua). Para el proceso de modificación de escantillones, el cliente se pone en contacto con la empresa para detallar los requerimientos necesarios para realizar las modificaciones.

A continuación se describe brevemente el proceso de trabajo de la compañía:

- 1.- El cliente se pone en contacto con la empresa para plantear los requerimientos y proceder a realizar la modificación del escantillón, mediante planos y especificaciones y así transmitirlos al equipo de trabajo. El cliente le envía a la empresa el escantillón con toda la información necesaria para comenzar el proceso.
- 2.- La empresa recibe el escantillón y proceden a hacer una revisión y valoración del mismo, para determinar cuáles son las áreas donde se realizarán las modificaciones antes mencionadas por el cliente. Se cotiza el procedimiento de modificación y comienza el proceso.
- 3.- El especialista comienza el lijado y limpieza a mano de la superficie del escantillón, para asegurar que las resinas estén limpias de pintura anterior y así poder tratar la superficie de forma correcta.
- 4.- El escantillón una vez lijado, se envía al laboratorio de medición para que mediante un software de computación y la CMM (Máquina de Medición por Coordenadas), se marquen los puntos de referencia que servirán como base para el siguiente proceso.
- 5.- El marcado de la línea nominal se realiza en base al marcado de puntos del proceso anterior. El trazado de la línea nominal de igual forma es un trabajo completamente a mano y se traza sobre los puntos previamente señalados.
- 6.- Una vez trazada la línea nominal, se lleva el escantillón al laboratorio de medición para validar el trabajo con la máquina CMM y dado el caso, hacer las modificaciones pertinentes para realizar el siguiente proceso.
- 7.- Una vez validada la línea nominal por el laboratorio de medición, se traza la tolerancia sobre la misma, ± 3 mm. De igual forma, es un trabajo completamente a mano.

8.- Terminado el proceso del marcado de la línea nominal y su tolerancia, se procede a pintar el escantillón completo de blanco, a diferencia de la nominal y su tolerancia, que en este caso es una línea verde.

9.- Una vez que el escantillón está listo, se realiza la última validación del dispositivo en el laboratorio de medición donde se mide en conjunto con la CMM, el software de computación y las especificaciones enviadas por el cliente, para validar que el trabajo corresponda a lo establecido previamente.

10.- Por último el dispositivo se emplea en el área de ensamble, para posteriormente enviarlo al cliente.

La descripción anterior se encuentre ilustrada en el gráfico 1.3

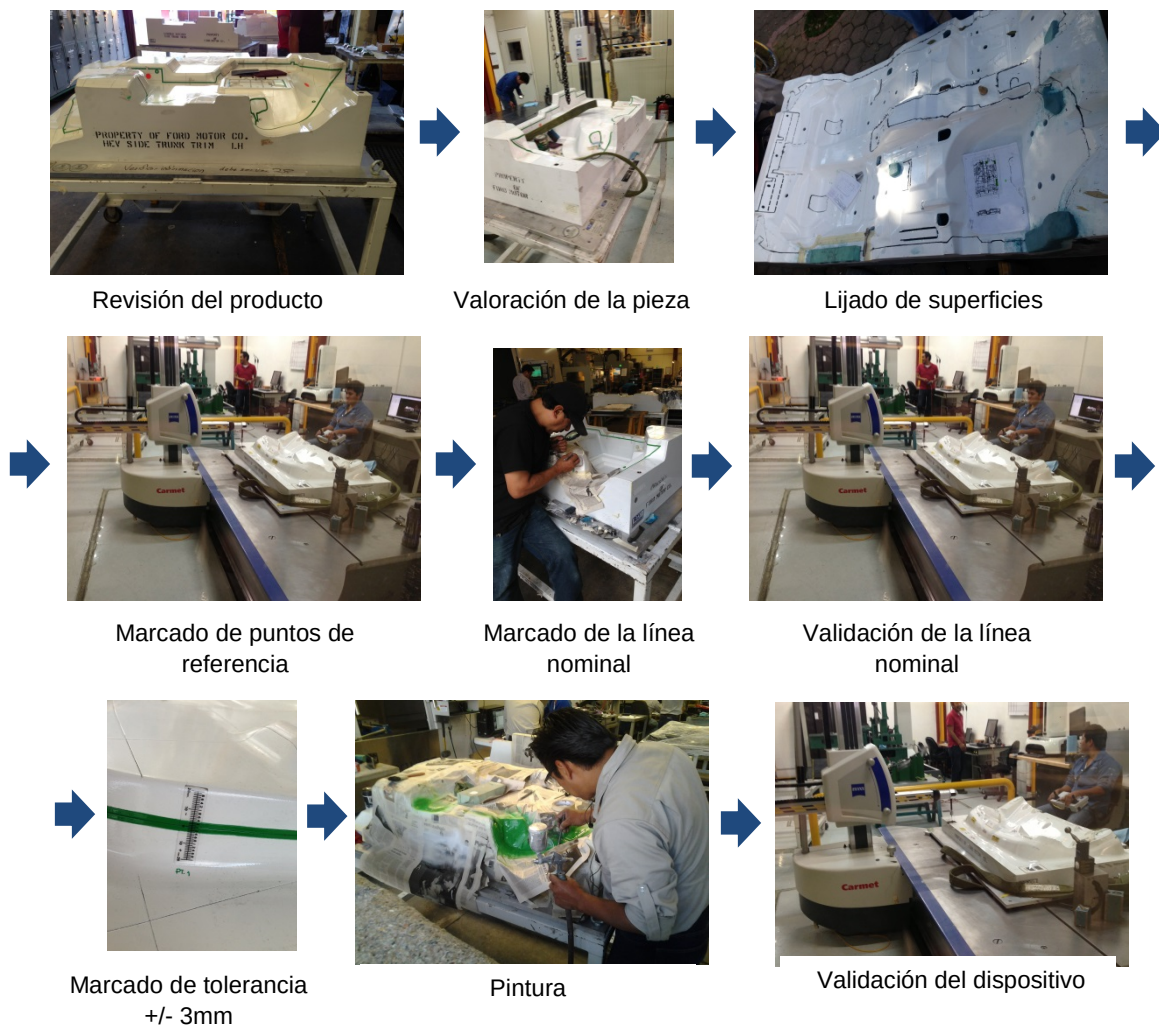


Fig. 1.3 Gráfico del proceso de modificación de escantillones.

CAPÍTULO 2

2.- LEAN MANUFACTURING Y LAS HERRAMIENTAS APLICADAS

En este capítulo se muestra la información sobre la filosofía Lean Manufacturing, y una breve explicación de las herramientas Lean utilizadas en la implantación del proyecto de mejora en el área de pinturas y resinas de la empresa.

2.0 ¿QUÉ ES LEAN MANUFACTURING?

Actualmente las empresas industriales se enfrentan al reto de buscar en implantar nuevas técnicas organizacionales y de producción, que les permita competir en un mercado global. El modelo de fabricación esbelta, conocido como Lean Manufacturing, constituye una alternativa consolidada y su aplicación y potencial deben ser tomados en consideración, por toda empresa que pretenda ser competitiva.

Lean Manufacturing, tiene su origen en el sistema de producción Just In Time (JIT), desarrollado en los años 50 por la empresa automovilística Toyota. Con la difusión del sistema a otros sectores y países, se ha ido configurando en un modelo que se ha convertido en el paradigma de los sistemas de mejora de la productividad asociada a la excelencia industrial. De forma resumida puede decirse que Lean Manufacturing consiste en la aplicación sistemática y habitual de un conjunto de técnicas de fabricación que buscan la mejora de los procesos productivos, a través de la reducción de todo tipo de desperdicios, definidos estos como los procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios.

La difusión de las técnicas de gestión Lean ha venido acompañada de los conceptos “excelencia en la fabricación” o “empresa de clase mundial”. El conocimiento de los objetivos que implican estos conceptos, es muy conveniente de cara a iniciarse en las nuevas técnicas, clave para la competitividad de las empresas. Desde el punto de vista de “excelencia” las empresas que desean competir con éxito en el mercado actual deben plantearse los siguientes objetivos:

- ❖ Diseñar para fabricar
- ❖ Reducir los tiempos de preparación de máquinas para incrementar la flexibilidad y disminuir los plazos de ejecución.

- ❖ Lograr una distribución de la planta que asegure un bajo inventario, minimice recorridos y facilite el control directo por visibilidad.
- ❖ Usar la tecnología para disminuir la variabilidad del proceso.
- ❖ Conseguir que sea fácil fabricar el producto sin errores.
- ❖ Organizar el lugar de trabajo para eliminar tiempos de búsqueda.
- ❖ Incrementar la frecuencia de entregas de los productos.

Las técnicas Lean Manufacturing constituyen la hoja de ruta idónea para conseguir convertir una empresa en competitiva y de excelencia dentro del mercado actual.

De forma tradicional se recurre al esquema de “La Casa del Sistema de producción Toyota” para visualizar la filosofía que encierra el Lean Manufacturing y las técnicas disponibles para su aplicación. Se explica usando el ejemplo de una casa, porque constituye un sistema estructural que es fuerte siempre que los cimientos y las columnas lo sean (Fig. 2.1).

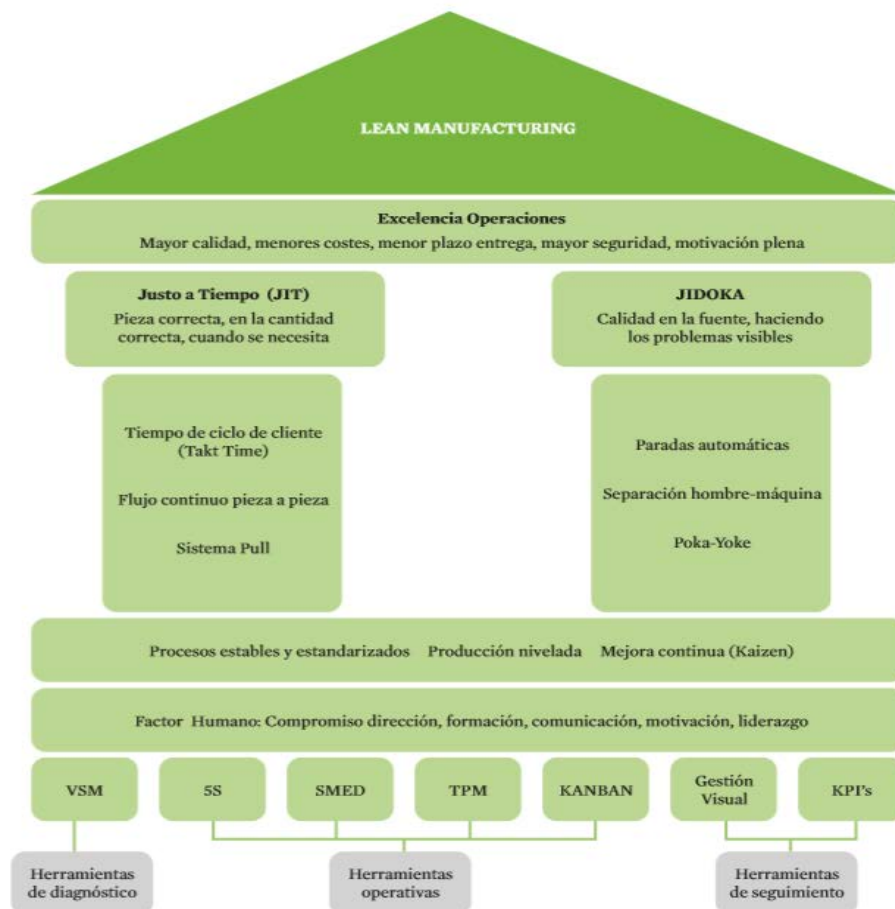


Fig. 2.1 Adaptación de la “Casa del Sistema de Producción Toyota”.

El techo de la casa está constituido por las metas perseguidas que se identifican con la mejor calidad, el costo más bajo, el menor tiempo de entrega o tiempo de maduración del producto (Lead Time). Sujetando este techo se encuentran dos columnas que sustentan el sistema: JIT Y Jidoka. El JIT, tal vez la herramienta más conocida del sistema Toyota, significa producir el artículo indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta. Jidoka consiste en dar a las máquinas y operadores la habilidad para determinar cuándo se produce una condición anormal e inmediatamente detener el proceso.

La base de la casa consiste en la estandarización y estabilidad de los procesos: el heijunka o nivelación de la producción y la aplicación sistemática de la mejora continua. A estos cimientos tradicionales se les ha añadido el factor humano como clave en la implantación de Lean Manufacturing, factor que se manifiesta en múltiples facetas como el compromiso de la dirección, la formación de equipos dirigidos por un líder, la formación y capacitación del personal, los mecanismos de motivación y los sistemas de recompensas.

Lean Manufacturing se materializa en la práctica a través de la aplicación de una amplia variedad de técnicas, muy diferentes entre sí, que se han ido implementado con éxito en empresas de muy diferentes sectores y tamaños. Estas técnicas pueden implementarse de forma independiente o conjunta, atendiendo a las características específicas de cada caso.

2.1 METODOLOGÍA 5'S

La herramienta "5'S" corresponde con la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo que, de una manera menos formal y metodológica, ya existían dentro de los conceptos clásicos de organización de los métodos de producción.

El acrónimo corresponde a las iniciales en japonés de las 5 palabras que definen la herramienta y cuya fonética empieza con S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke que significan respectivamente Seleccionar lo necesario, Ordenar, Limpiar e inspeccionar, Estandarizar y Seguimiento o creación del hábito.

Los principios de las 5'S son fáciles de entender y su puesta en marcha no requiere ni un conocimiento en particular ni grandes inversiones financieras. Sin embargo, detrás de esta aparentemente simplicidad, se esconde una herramienta

potente y multifuncional a la que pocas empresas le han conseguido sacar todo el beneficio posible (Fig. 2.2).

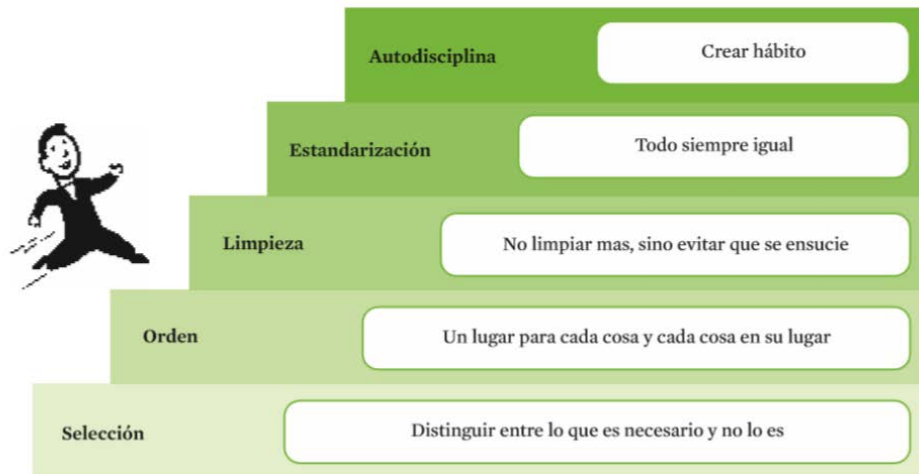


Fig. 2.2 La escalera que representa las 5'S

2.1.1 Eliminar (Seiri)

La primera de las 5S significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios o inútiles para la tarea que se realiza. La pregunta clave es: “¿es esto útil o inútil?”. Consiste en separar lo que se necesita de lo que no y controlar el flujo de cosas para evitar estorbos y elementos prescindibles que originen despilfarros como el incremento de manipulaciones y transportes, pérdida de tiempo en localizar cosas, elementos o materiales obsoletos, falta de espacio, etc.

2.1.2 Ordenar (Seiton)

Consiste en organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se encuentren con facilidad, definir su lugar de ubicación identificándolo para facilitar su búsqueda y el retorno a su posición inicial. La implementación de Seiton implica:

- ❖ Marcar los límites de las áreas de trabajo, almacenaje y zonas de paso.
- ❖ Disponer de un lugar adecuado, evitando duplicar; un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.

2.1.3 Limpieza e Inspección (Seiso)

Seiso significa limpiar, inspeccionar el entorno para identificar los defectos y eliminarlos, es decir, anticiparse para prevenir defectos. Su aplicación implica:

- ❖ Integrar el mantenimiento como parte del trabajo diario.
- ❖ Asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria.

- ❖ Centrarse tanto o más en la eliminación de los focos de suciedad que en sus consecuencias.
- ❖ Conservar los elementos en condiciones óptimas, reponer los elementos que faltan, adecuarlos para un uso más eficiente y seleccionar aquellos que no funcionan o que están reparados “provisionalmente”.

2.1.4 Estandarizar (Seiketsu)

La fase de Seiketsu permite consolidar las metas una vez asumidas las tres primeras “S”, porque normalizar lo conseguido asegura efectos perdurables. Estandarizar supone seguir un método para ejecutar un determinado procedimiento de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales. Su aplicación implica las siguientes ventajas:

- ❖ Elaborar y cumplir estándares de mantenimiento y comprobar que éstos se aplican correctamente.
- ❖ Transmitir a todo el personal la idea de la importancia de aplicar los estándares.
- ❖ Crear hábitos de la organización, orden y mantenimiento.

2.1.5 Disciplina (Shitsuke)

Shitsuke se puede traducir por disciplina y su objetivo es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada. Su aplicación está ligada al desarrollo de una cultura de autodisciplina para hacer perdurable el proyecto de las 5S

A continuación se muestra un resumen de las 5'S (Fig. 2.3).

SEIRI Separar y eliminar	SEITON Arreglar e identificar	SEIDO Proceso diario de limpieza	SEIKETSU Seguimiento de los primeros 3 pasos, asegurar un ambiente seguro	SHITSUKI Construir el hábito
Separar los artículos necesarios de los no necesarios	Identificar los artículos necesarios	Limpiar cuando se ensucia	Definir métodos de orden y limpieza	Hacer el orden y la limpieza con los trabajadores de cada puesto
Dejar solo los artículos necesarios en el lugar de trabajo	Marcar áreas en el suelo para elementos y actividades	Limpiar periódicamente	Aplicar el método general en todos los puestos de trabajo	Formar a los operarios de cada puesto para que hagan orden y limpieza
Eliminar los elementos no necesarios	Poner todos los artículos en su lugar definido	Limpiar sistemáticamente	Desarrollar un estándar específico por puesto de trabajo	Actualizar la formación de los operarios cuando hay cambios
Verificar periódicamente que no haya elementos no necesarios	Verificar que haya “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”	Verificar sistemáticamente la limpieza de los puestos de trabajo	Verificar que exista un estándar actualizado en cada puesto de trabajo	Crear un sistema de auditoría permanente de planta visual y 5s

Fig. 2.3 Resumen de la técnica de las 5'S

2.2 KAIZEN: EL CONCEPTO DE MEJORA CONTINUA

La mejora continua se basa en la lucha persistente contra el desperdicio. El pilar fundamental para ganar esta batalla es el trabajo en equipo bajo lo que se ha venido en denominar espíritu Kaizen, verdadero impulsor del éxito del sistema Lean en Japón.

Kaizen significa “cambio para mejorar” y deriva de las palabras KAI-cambio y ZEN- bueno. Kaizen es el cambio en la actitud de las personas. Es la actitud hacia la mejora, hacia la utilización de las capacidades de todo el personal, la que hace avanzar el sistema hasta llevarlo al éxito. Lógicamente este espíritu lleva aparejada una manera de dirigir las empresas que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas, que es a lo que se refiere la denominación de “mejora continua”.

La mejora continua y el espíritu Kaizen, son conceptos maduros aunque no tienen una aplicación real extendida. Su significado puede parecer muy sencillo y, la mayoría de las veces, lógico y de sentido común, pero la realidad muestra que en el entorno empresarial su aplicación es complicada sino hay un cambio de pensamiento y organización radical que permanezca a lo largo del tiempo.

A continuación se enlistan los 10 mandamientos de la filosofía Kaizen (Fig. 2.4).

Los 10 puntos clave del espíritu Kaizen

1. Abandonar las ideas fijas, rechazar el estado actual de las cosas.
2. En lugar de explicar los que no se puede hacer, reflexionar sobre cómo hacerlo.
3. Realizar inmediatamente las buenas propuestas de mejora.
4. No buscar la perfección, ganar el 60% desde ahora.
5. Corregir un error inmediatamente e in situ.
6. Encontrar las ideas en la dificultad.
7. Buscar la causa real, plantearse los 5 porqués y buscar la solución.
8. Tener en cuenta las ideas de diez personas en lugar de esperar la idea genial de una sola.
9. Probar y después validar.
10. La mejora es infinita.

Fig. 2.4 Los mandamientos de la filosofía Kaizen

El espíritu de mejora continua se refleja en la frase “siempre hay un método mejor” y consiste en un progreso, paso a paso, con pequeñas innovaciones y mejoras realizado por todos los empleados, incluyendo a los directivos, que se van acumulando y que conducen a una garantía de calidad, una reducción de costes y la entrega al cliente de la cantidad justa en el plazo fijado. El proceso de la mejora continua propone que, cuando aparece un problema, el proceso productivo se detiene para analizar las causas y tomar las medidas correctoras con lo que su resolución aumenta la eficiencia del sistema.

2.3 LOS 7 DESPERDICIOS INDUSTRIALES

“Muda” es una palabra japonesa que significa “inutilidad, ociosidad o desperdicio” y es un concepto clave en el Sistema de Producción Toyota. Reducir los residuos es una manera efectiva de aumentar la rentabilidad.

Un proceso agrega valor al producir bienes o proveer un servicio por el que un cliente va a pagar. Un proceso consume recursos y los residuos ocurren cuando se consumen más recursos de los necesarios para producir los bienes o la prestación del servicio que el cliente realmente quiere.

Uno de los pasos claves de Lean es la identificación de cuáles son los pasos que agregan valor y cuáles no. Al clasificar las actividades del proceso en estas dos categorías es posible emprender acciones para mejorar las primeras y eliminar las segundas. Una vez que el trabajo de valor agregado ha sido separado del residuo, este puede ser subdividido en residuo “que no añade valor pero necesita realizarse” y residuo “puro”.

2.3.1 Transporte

Cada que un producto es movido, tiene el riesgo de ser dañado, perdido, tener retraso, etc. Además de ser un costo de no valor añadido, la transportación no hace ninguna transformación al producto que el cliente está dispuesto a pagar (Fig. 2.5).

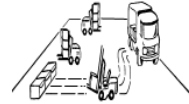
Acarreo de trabajo en los procesos en distancias largas creando ineficiencia en el transporte o movimiento de materiales, piezas o producto terminado almacenado o sin almacenar o entre procesos.

Síntomas reconocibles:

- Acumulamiento de materiales entre procesos
- Manejo múltiple de contenedores / partes
- Entregas demasiado temprana o tardía de las piezas
- Cambio de empaque
- Altos flujos de plataformas y contenedores

Causas:

- Existencias excesivas
- Partes faltantes
- Contenedores con un alcance demasiado escaso
- Incumplimiento en la especificación de empaque



Transporte

Consecuencias:

- Alto requerimiento de equipo y recursos de transporte
- Pérdida de tiempo laboral
- Visión deficiente

Formas de Eliminarlo

Distribuir las ubicaciones para hacer innecesario el traslado, agrupar las necesidades de trabajo y utilizar flujo continuo, racionalizar aquellos que no se puedan eliminar

Fig. 2.5 Características de los transportes.

2.3.2 Inventario

Ya sea en forma de materias primas, productos en proceso o productos terminados, representa un desembolso de capital que aún no ha producido un ingreso ya sea por el productor o por el consumidor (Fig. 2.6).

Todos los materiales, componentes y productos acabados almacenados como existencias, pierden valor, producen largas filas de espera, obsolescencia, material dañado, costos de transportación y retrasos. Frecuentemente se necesitan precisamente, aquellas piezas que no están momentáneamente disponibles.

Síntomas reconocibles:

- Alto requerimiento de espacio
- Existencias altas o que no son necesarias
- Materiales en polvo o técnicamente obsoletos
- Tiempo adicional para la búsqueda de materiales o partes

Causas:

- Comportamiento de suministro inseguro del proveedor interno o externo
- Solicitud o suministro innecesarios de materiales
- Fabricación por tamaño de lote
- Stock's máximos y de seguridad



Sobre-inventarios

Consecuencias:

- Existencias elevadas en almacenes y baja rotación de capital
- Inversiones elevadas en la logística y almacenes altamente automatizados
- Espacios no utilizados

Formas de Eliminarlo

Acortar los tiempos de preparación, de respuesta y sincronizarlos, definir niveles necesarios de lotes, mejorar la confiabilidad de los procesos, implementar supermercados

Fig. 2.6 Características de los inventarios excesivos.

2.3.3 Movimientos innecesarios

En contraste con el transporte que se refiere a los daños de los productos, y los costos de transacción asociados con el manejo de éstos, el movimiento se refiere a los daños que ocasiona el proceso de producción de la entidad que crea el producto (Fig. 2.7).

Recorridos que debe realizar un colaborador para el procesamiento de determinadas partes del proceso de su operación. Ejemplo: la herramienta esta en el lado equivocado, lejanía para tomar algo.

Síntomas reconocibles:

- Recorridos excesivamente largos
- Búsqueda frecuente en el lugar de trabajo
- Calidad del trabajo cada vez más deficiente en el transcurso del turno
- Desarrollo del trabajo no ergonómico

Causas:

- Lugares de trabajo y disposición de material mal diseñados
- Estandarización insuficiente en los lugares de trabajo
- Utilización de contenedores inadecuados
- Consideración insuficiente de criterios ergonómicos en el lugar de trabajo



Movimientos

Consecuencias:

- Índice elevado de fallas
- Tiempos de procesamiento retrasados o elevados
- Tiempos de recorridos elevados

Formas de Eliminarlo

Disponer de los materiales, equipos y herramientas de una manera adecuada y ergonómica, utilizar trabajo estándar para minimizar los movimientos

Fig. 2.7 Características de los movimientos innecesarios.

2.3.4 Tiempo de espera

Siempre que los bienes no se encuentran en el transporte o en trámite, están esperando. En los procesos tradicionales, una gran parte de la vida de un producto se deteriora, en espera de ser trabajado (Fig. 2.8).

Los tiempos de espera siempre surgen donde las personas o las máquinas, por las circunstancias del proceso de producción, se ven bloqueadas en sus actividades por lo que las tienen que suspender momentáneamente.

Síntomas reconocibles:

- Esperas causadas por un proceso anterior
- Esperar que la instalación termine con su ciclo
- Personal realizando otras actividades improductivas que no están dentro de su secuencia normal
- Personal espera instrucciones

Causas:

- Cuellos de botella
- Recorridos bloqueados por dispositivos
- Periodos de pausas no acordados
- Procesos no sincronizados
- Cargas desiguales entre procesos
- Secuencia de operaciones inadecuada o incorrecta



Tiempo de espera

Consecuencias:

- Pérdida de tiempo laboral
- Requerimiento elevado de personal
- Periodos inactivos innecesarios de máquinas

Formas de Eliminarlo

Sincronizar flujos, balancear cargas de trabajo, colaborador flexible y analizar ciclos de trabajo de máquinas y equipos

Fig. 2.8 Características de los tiempos de espera.

2.3.5 Sobreproceso

Durante el proceso, se produce cada vez que se realiza más trabajo en una pieza de lo requerido por el cliente. Esto también incluye el uso de herramientas que son más precisas, inspecciones extras al producto o uso de más recursos de los necesarios. (Fig. 2.9).

Producción de piezas defectuosas o correcciones, reparar o retrabajar, material dañado, reemplazar producción e inspeccionar significan desperdicio de tiempo de manejo y por utilización de recursos adicionales.

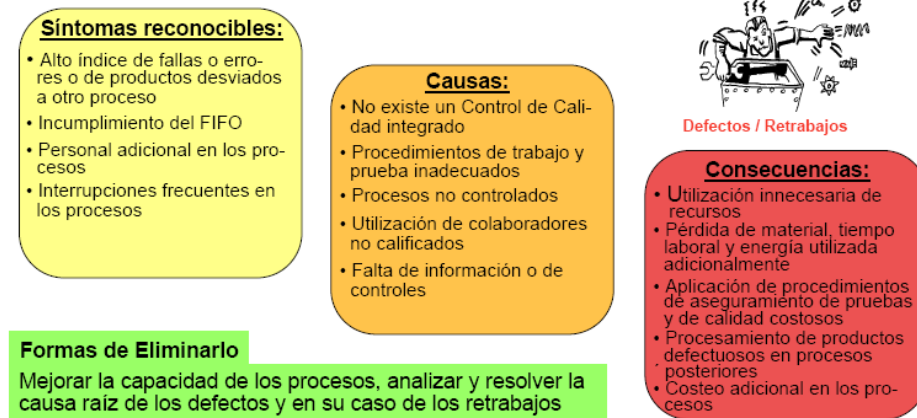


Fig. 2.9 Características del sobreproceso.

2.3.6 Sobre producción

La sobreproducción se ocasiona cuando se elabora más producto de lo que se requiere en ese momento por los clientes. Una práctica común que conduce a esta muda, es la producción de grandes lotes. La sobreproducción es considerada la peor muda porque oculta y/o genera todos los demás desperdicios (Fig. 2.10).

Producir o disponer productos que aún no se necesitan o no han sido ordenados, lo cual genera una mayor cantidad de personal, almacenamiento y costos de transporte.

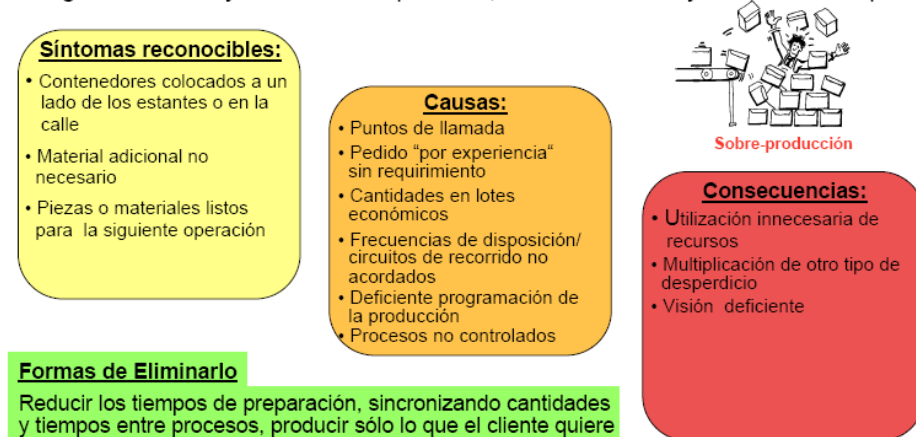


Fig. 2.10 Características de la sobreproducción.

2.3.7 Defectos y retrabajos

Cada vez que aparecen imperfecciones se incurre en costos adicionales, tales como: reelaboración de la pieza, reprogramación de producción, etc. Los defectos en la práctica a veces pueden duplicar el costo de un solo producto. Esto no debe ser transmitido al consumidor, y debe ser tomado como una pérdida (Fig. 2.11).

Producción de piezas defectuosas o correcciones, reparar o retrabajar, material dañado, reemplazar producción e inspeccionar significan desperdicio de tiempo de manejo y por utilización de recursos adicionales.

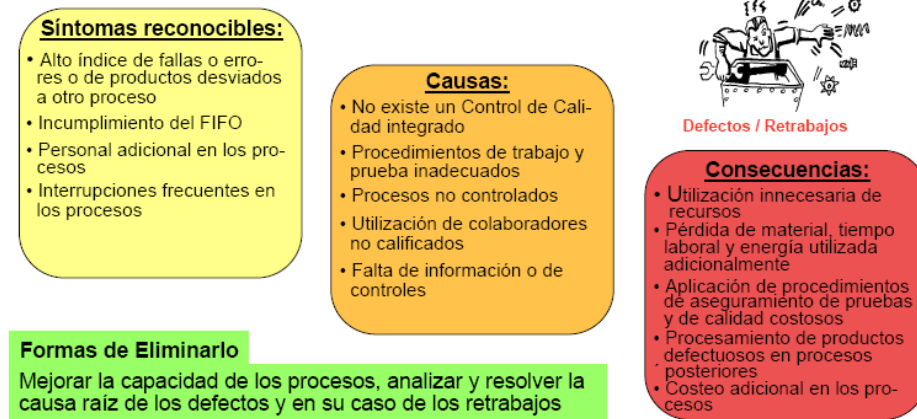


Fig. 2.11 Características de los defectos.

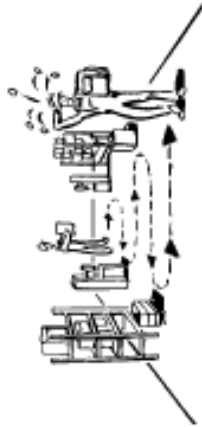
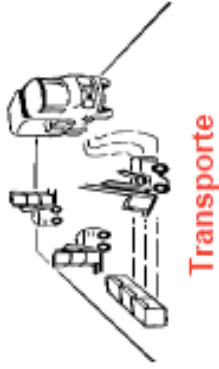


Fig. 2.12 Los 7 desperdicios industriales.

CAPÍTULO 3

3.- EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

3.0 DETECCIÓN DE AREAS DE OPORTUNIDAD

Arce Tools es una empresa mexicana, dedicada específicamente al ramo automotriz y es necesario que exista un procedimiento de trabajo adecuado, así como un área de trabajo apropiada para lograr que la empresa sea eficaz y eficiente en la entrega de los dispositivos en tiempo y forma a los clientes. Lo anterior ha provocado una ruta y una práctica de mejora continua en los diferentes niveles de la organización.

Las áreas de oportunidad, son detecciones tempranas de posibles problemáticas que podrían provocar retrasos en las entregas al cliente, y se busca optimizar los tiempos de proceso y entrega. Es por eso que a continuación se detallan algunas oportunidades durante el desarrollo y análisis del proceso.

Como en todos los procesos productivos, existen pequeños detalles que hacen que en ocasiones se tengan retrasos en la entrega del producto. El gráfico 3.1 muestra algunas áreas de oportunidad detectadas en el proceso productivo de la compañía.

Diagrama de Ishikawa (Fig. 3.1).

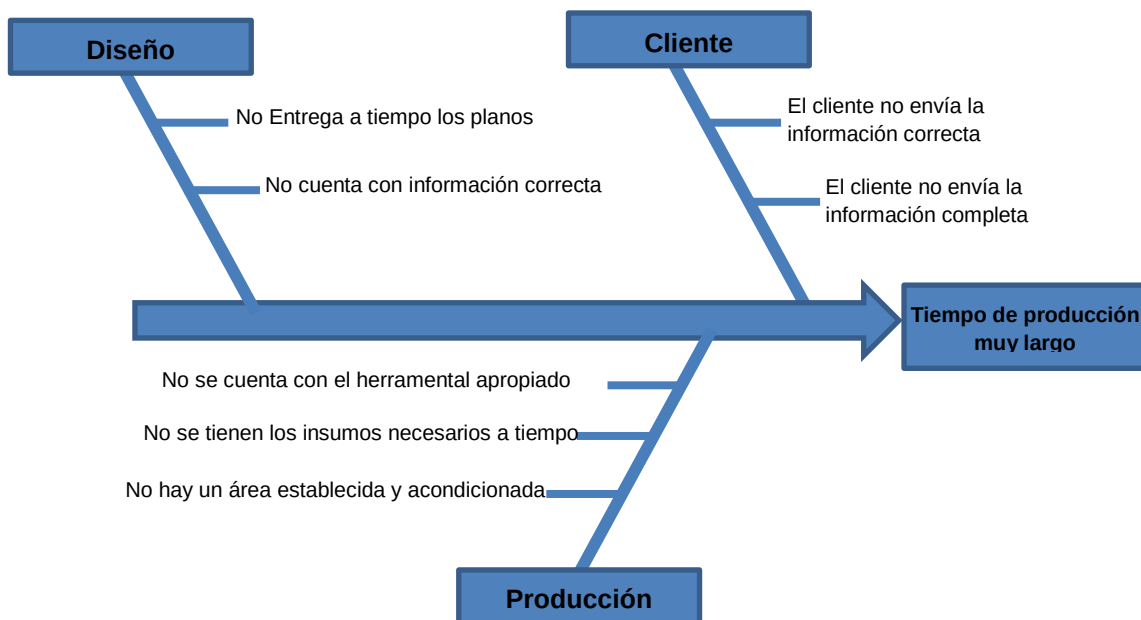


Fig. 3.1 Diagrama de detección de áreas de oportunidad

Se enumeraron las diferentes etapas del proceso de modificación de escantillones, que se deben seguir para lograr un correcto desarrollo del proyecto, por tal motivo se identificaron y se revisaron en el proceso de la compañía, evaluando cuales son las actividades donde se puede optimizar el tiempo de proceso, siempre y cuando generen valor agregado y contribuyan sin obstaculizar el cumplimiento de los tiempos de entrega, al ser éste uno de los indicadores de desempeño.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Revisión del producto.

El cliente envía el escantillón con los requerimientos para el proceso, tales como los planos con las nuevas modificaciones, el ruteo de la línea nominal, etc. Se procede a revisar el producto para verificar las condiciones en que viene, y posterior a la verificación visual, se procede a realizar la valoración de las modificaciones, enviando cotización al cliente para inmediatamente liberar el proyecto. Por lo general, este tipo de proyectos se trabajan en tiempos de desarrollo aproximado de 12 días y el tiempo de revisión del producto se lleva en promedio 3,600 segundos (60 minutos).

Valoración de la pieza (Laboratorio de medición).

El primer proceso al que se somete la pieza es la valoración por parte del laboratorio de medición, en donde se mide con ayuda de la CMM para verificar las dimensiones y hacer comparaciones con un esquema virtual. El tiempo de valoración es de 18,000 segundos (5 horas) que incluye un periodo de aclimatación de la pieza de aproximadamente 1 hora. El laboratorio de metrología trabaja bajo condiciones de temperatura y humedad controladas, es decir, 20° c de temperatura y 60% de humedad relativa.

Lijado de superficies.

El lijado de superficies, es una operación completamente manual en donde se lija la superficie del escantillón, para borrar la línea nominal que traiga el mismo. De igual forma sirve para limpiarlo y así lograr una superficie libre de irregularidades o restos de pintura, para el posterior tratamiento de la misma. El tiempo de lijado es de 50,400 segundos (14 horas).

Marcado de puntos de referencia (Laboratorio de medición).

El marcado de puntos se realiza en el laboratorio de medición con ayuda de la maquina CMM en donde se marcan en el molde puntos que servirán como referencia para el trazado de la línea nominal. El tiempo de trazado de los puntos de referencia es de 25,200 segundos (7 horas) donde de igual forma está involucrado el tiempo de aclimatación de la pieza que es de 1 hora.

Marcado de la línea nominal.

El marcado de la línea nominal es una operación completamente manual, en donde se toman como referencia los puntos marcados en la operación anterior. La línea trazada se toma como base para la siguiente operación. El trazado de la línea nominal tarda un tiempo de 25,200 segundos (7 horas).

Validación de la línea nominal.

Para la validación de la línea nominal se traslada de nueva forma el escantillón al laboratorio de medición, y después de una hora de aclimatación del material se procede a medir la línea trazada, para compararla con el modelo virtual y cuando se valida el trabajo, se procede al siguiente paso que es el trazado de la tolerancia. La validación de la línea en el laboratorio de medición se toma un tiempo de 3,600 segundos (60 minutos).

Marcado de la tolerancia (+/- 3 mm).

El trazado de la tolerancia se realiza sobre la línea validada anteriormente, y se traza 3 mm hacia arriba de la línea nominal y de igual forma 3 mm hacia debajo de la línea. Esta es una operación completamente manual que involucra herramental especializado y por ser una operación de alta precisión se requiere una iluminación especial. El marcado de la tolerancia tarda 50,400 s (14 horas).

Pintura.

La pintura del dispositivo es una operación manual, donde se pinta tanto el dispositivo como la línea nominal y su tolerancia. El tiempo de pintura involucra la preparación del dispositivo. Primero se pinta el escantillón de color blanco, para luego proceder al encintado y preparación para la pintura de la nominal, que se pinta de color verde. Todo el proceso de pintura tarda 50,400 segundos (14 horas).

Validación del dispositivo (Laboratorio de medición).

El dispositivo pintado se lleva al laboratorio de medición para una última valoración en donde se miden las modificaciones realizadas y se compara conforme al modelo de computadora, con ayuda de la máquina CMM. Cuando se determina que el dispositivo cumple con las especificaciones enviadas por el cliente, se libera el escantillón y se envía al área de ensamble para su empleado y posterior envío al cliente. El tiempo de validación del dispositivo es de 10,800 segundos (3 horas).

El tiempo total del proceso de modificación de escantillones es de 257,696 segundos (71.58 horas o 10.23 días) (Fig. 3.2).

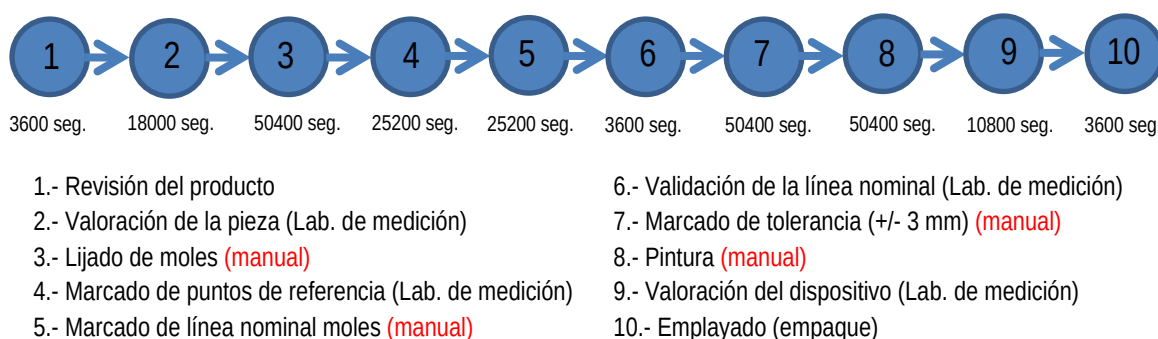


Fig. 3.2 Diagrama de precedencias del proceso actual.

Con base en el análisis del proceso productivo realizado, se generaron una serie de resultados que permitieron que los puntos ilustrados en el diagrama de Ishikawa (Fig. 3.1) fueran analizados y poder proponer mejoras para el área.

Se propuso el uso de 1 indicador el cual ayudará a trabajar en el desarrollo de soluciones y la implementación de las mejoras.

El indicador propuesto es el siguiente:

- ❖ **Tiempo de desarrollo:** El propósito de este indicador es medir la reducción de tiempo en el que se hizo el desarrollo de las actividades.

Durante el desarrollo del proyecto, se ha podido notar que el proceso no cuenta con el herramental adecuado, y de igual forma no se cuenta con las medidas de higiene y seguridad industrial apropiadas. El área se encuentra en malas condiciones pues no está acondicionada para realizar el trabajo de forma eficiente.

Aunque se conoce la calendarización de las fechas de entrega que se deben cubrir, a veces no se cumplen los tiempos establecidos por el hecho de que el trabajo es manual y lento (Fig. 3.3).



Fig. 3.3 Situación actual del área de resinas y pinturas. Se observa que el área no está acondicionada a las necesidades de proceso.

Al ser un área donde se trabaja con sustancias y agentes químicos se deben tomar las consideraciones establecidas en la norma oficial NOM-005-STPS-1998 punto 5.4:

“5.4 Con base en los resultados del estudio para analizar el riesgo potencial, debe contarse con la cantidad suficiente de regaderas, lavaojos, neutralizadores e inhibidores en las zonas de riesgo, para la atención de casos de emergencia.”

De igual forma, se deben implementar los requisitos establecidos en la norma oficial anteriormente citada, en el punto 12 en lo relacionado al almacenamiento de sustancias corrosivas o tóxicas, el cual cito:

“12.1 El almacenamiento de sustancias corrosivas, irritantes o tóxicas debe hacerse en recipientes específicos, de materiales compatibles con la sustancia de que se trate.”

El área debe tener un sistema de identificación de residuos peligrosos como lo establece la norma oficial NOM-018-STPS-2000 punto 7 en lo referente a sistemas de identificación (Fig. 3.4).



Fig. 3.4 Rombo de seguridad descrito en la norma oficial NOM-018-STPS-2000

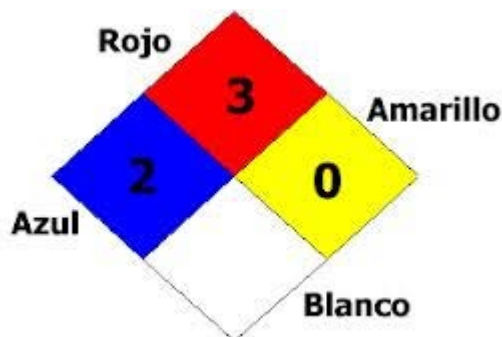


Fig. 3.5 Rombo de seguridad para el thinner

El trabajo al ser alta precisión, se debe contar con los niveles de iluminación adecuados y establecidos en la norma oficial NOM-025-STPS-2008 en el punto 7 “Niveles de iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo” el cual cito:

Tabla 1: Niveles de iluminación

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Área de Trabajo	Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos	Exteriores generales: patios y estacionamientos	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos. Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1,000
Alto grado de especialización en la	Proceso de gran exactitud.	2,000

distinción de detalles	Ejecución de tareas visuales: • de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; • Exactas y muy prolongadas, y • Muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.	
------------------------	---	--

Lo ideal en este caso para el área es un nivel de iluminación equivalente a 750 luxes pues es un área de alta precisión en el ámbito de pintura y acabado de superficies.

3.2 PROPUESTAS DE MEJORA

El objetivo del proyecto es incrementar la producción en un 64% y la reducción del tiempo de operación para lograr mejores tiempos de entrega acondicionando el área en base a las normas de seguridad y haciendo una inversión para la mejora de herramental. Las ventajas del nuevo herramental serán el menor tiempo de fabricación y una mejor presentación del producto final.

La inversión de material involucra la compra de:



Aerógrafo con compresor de aire de 22 cc



Compresor de aire de 10 lts con pistola de pintura



Lupa con careta y luz integrada



Mini Taladro Profesional Flexible Uso Rudo Mototool



Lavajos montable en pared

Fig. 3.6 Herramental propuesto.

El nuevo herramental ayudara a disminuir el tiempo de proceso de las operaciones que se tienen que hacer manuales. Otra ventaja es que el herramental mejorará la presentación del producto a comparación del trabajo manual.

El siguiente planteamiento matemático nos demostrara como podemos disminuir el tiempo de proceso de lijado:

Si determinamos que:

$$v = \frac{d}{t}$$

Dónde:

v: velocidad

d: distancia

t: tiempo

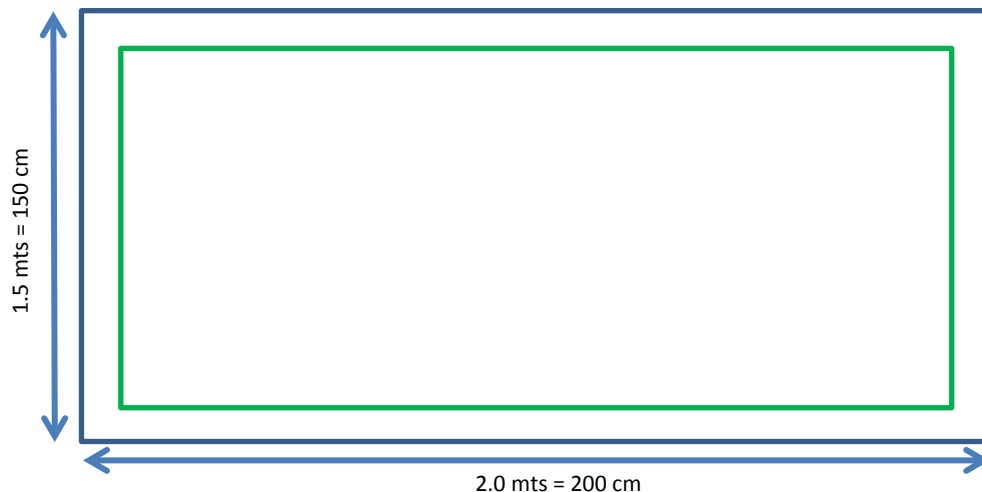
Podemos plantear una ecuación que involucre la velocidad de pulido del Mototool y podemos determinar la siguiente ecuación:

$$T_{lijado} = (2)(distancia) + \# cambios$$

De igual forma planteamos una equivalencia, donde **1 cm = 3 segundos**.

Para este planteamiento, vamos a tomar el área perimetral del escantillón, como se muestra en la figura, el rectángulo verde representa la línea nominal:

Si consideramos que el escantillón tiene unas dimensiones de 1.5 metros por 2.0 metros, tenemos que:



Tenemos que:

$$150 \text{ cm} \times 2 = 300$$

$$200 \text{ cm} \times 2 = 400$$

Con lo cual podemos determinar que tenemos 700 cm de área perimetral. Si aplicamos los datos en la formula, tenemos que el tiempo de pulido se reduce a **1400 segundos o 23.3 minutos (En este punto se le dan dos pases de lijado por lo cual tenemos 4,200 segundos).**

Para el tiempo de pintado, podemos plantear la siguiente ecuación donde involucramos las variables para el proceso, tales como:

$$T_{pintura} = (3)(\text{distancia}) + (2)(\# \text{ cambios})$$

Nota: la "distancia" en la formula se refiere a la capacidad de pintura en el vaso del aerógrafo, en este caso, tomaremos como capacidad la cantidad de 5 metros lineales. Usaremos una boquilla con aspersión de 4 mm y serán 3 repeticiones de disparo del aerógrafo a 15 segundos por las 3 repeticiones.

Aplicando los datos a la formula, tenemos que:

$$T_{pintura} = (3)(5 \text{ m lineales})$$

$$T_{pintura} = (3)(15 \text{ mts}) = 45 \text{ mts.}$$

$$15 \text{ s} = 0.1 \text{ m}$$

$$x = 45 \text{ m}$$

$$x = 4,500 \text{ s.}$$

3.3 ANÁLISIS FINANCIERO DE INVERSIONES

VERSION DE MEJORA					
CONCEPTO	Unidad	Cantidad	costo unitario	costo total	totales
Aerógrafo con compresor de aire de 22 cc	PZA	1	\$ 1,950.00	\$ 1,950.00	
Compresor de aire de 10 lts con pistola de pintura	PZA	1	\$ 1,947.00	\$ 1,947.00	
Lupa con careta y luz integrada	PZA	1	\$ 249.00	\$ 249.00	
Mini Talado Mototool	PAQ	1	\$ 899.00	\$ 899.00	
Mecanismo sinfin para enrolle de lona (1 paquete 2 c/u)	PZA	1	\$ 230.00	\$ 230.00	
Lavaojos montable en pared	PZA	1	\$ 3,683.57	\$ 3,683.57	
Lona plástica 3.50 x 4.00 mts (4 lonas)	PZA	4	\$ 1,050.00	\$ 4,200.00	
Instalacion lona	MO	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	
					\$ 15,158.57
MATERIA PRIMA ANTES DE MEJORA					
CONCEPTO	Unidad	Cantidad	costo unitario	costo anual	Costo mensual
Pintura	GAL	3	\$ 280.00	\$ 10,080.00	\$ 840.00
Thiner	GAL	1	\$ 130.00	\$ 1,560.00	\$ 130.00
Cinta adhesiva	PZA	2	\$ 30.00	\$ 720.00	\$ 60.00
Estopa	PZA	5	\$ 20.00	\$ 1,200.00	\$ 100.00
Periodico	PZA	5	\$ 3.00	\$ 180.00	\$ 15.00
material de medicion	JGO	1	\$ 100.00	\$ 1,200.00	\$ 100.00
Gastos de operación (venta, admon, fabricación)		12	\$ 1,527.32	\$ 549,835.87	\$ 45,819.60
total				\$ 564,775.87	\$ 47,064.60
MATERIA PRIMA DESPUES DE MEJORA					
CONCEPTO	Unidad	Cantidad	costo unitario	costo anual	Costo mensual
Pintura	GAL	4	\$ 280.00	\$ 13,440.00	\$ 1,120.00
Thiner	GAL	2	\$ 130.00	\$ 3,120.00	\$ 260.00
Cinta adhesiva	PZA	3	\$ 30.00	\$ 1,080.00	\$ 90.00
Estopa	PZA	5	\$ 20.00	\$ 1,200.00	\$ 100.00
Periodico	PZA	7	\$ 3.00	\$ 252.00	\$ 21.00
material de medicion	JGO	1	\$ 100.00	\$ 1,200.00	\$ 100.00
Gastos de operación (venta, admon, fabricación)		12	\$ 1,931.45	\$ 695,321.87	\$ 57,943.49
total				\$ 715,613.87	\$ 59,634.49
INCREMENTO DE VENTA TOTAL					
	Unidad	Cantidad	PRECIO DE VENTA	VENTA TOTAL	
producto terminado actual	PZA	24	\$ 104,000.00	\$2,496,000.00	
producto terminado con mejora	PZA	38	\$ 104,000.00	\$3,952,000.00	
					\$1,456,000.00

Fig. 3.7 Esta tabla nos muestra una comparación entre los gastos de materia prima antes y después de la inversión

gastos de operación / anual				COSTO DE VENTA ANUAL					
CONCEPTO	CANTIDAD	\$/MES	\$ TOTAL ANUAL	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	costo unitario	costo anual	Costo mensual
COMBUSTIBLE	VARIOS	750.00	9,000.00	Pintura	GAL	3	\$ 280.00	\$ 10,080.00	\$ 840.00
LUZ	VARIOS	1,875.00	22,500.00	Thiner	GAL	1	\$ 130.00	\$ 1,560.00	\$ 130.00
SUELDOS	VARIOS	16,720.16	200,641.87	Cinta adhesiva	PZA	2	\$ 30.00	\$ 720.00	\$ 60.00
AGUA	VARIOS	22.50	270.00	Estopa	PZA	5	\$ 20.00	\$ 1,200.00	\$ 100.00
OTROS GASTOS	VARIOS	26,452.00	317,424.00	Periodico	PZA	5	\$ 3.00	\$ 180.00	\$ 15.00
			649,835.87	material de medicion	JGO	1	\$ 100.00	\$ 1,200.00	\$ 100.00
*Estos son los gastos de operación que corresponden al area de resina y pintura.				Gastos de operación (venta, admon, fabricación)		12	\$ 1,527.32	\$ 549,835.87	\$ 45,819.60
				total				\$ 564,775.87	\$ 47,064.60
gastos de operación / anual con mejora				COSTO DE VENTA ANUAL CON MEJORA					
CONCEPTO	CANTIDAD	\$/MES	\$ TOTAL ANUAL	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	costo unitario	costo anual	Costo mensual
COMBUSTIBLE	VARIOS	750.00	9,000.00	Pintura	GAL	4	\$ 280.00	\$ 13,440.00	\$ 1,120.00
LUZ	VARIOS	1,875.00	22,500.00	Thiner	GAL	2	\$ 130.00	\$ 3,120.00	\$ 260.00
SUELDOS	VARIOS	16,720.16	200,641.87	Cinta adhesiva	PZA	3	\$ 30.00	\$ 1,080.00	\$ 90.00
AGUA	VARIOS	22.50	270.00	Estopa	PZA	5	\$ 20.00	\$ 1,200.00	\$ 100.00
OTROS GASTOS	VARIOS	38,575.83	462,910.00	Periodico	PZA	7	\$ 3.00	\$ 252.00	\$ 21.00
			695,321.87	material de medicion	JGO	1	\$ 100.00	\$ 1,200.00	\$ 100.00
				Gastos de operación (venta, admon, fabricación)		12	\$ 1,931.45	\$ 695,321.87	\$ 57,943.49
				Inversion		1	\$ 15,158.57	\$ 15,158.57	-
				total				\$ 730,772.44	\$ 59,634.49

Fig. 3.8 Esta tabla nos muestra una comparación entre los gastos de materia prima antes y después de la inversión

Salario base diario (Empleados de Planta)					
salario mínimo	61.38	Número de salarios	8.1459	Total	500.00
Detalles del Cálculo	% Patrón	Cuota patronal	% Trabajador	Cuota trabajador	Cuota obrero-patronal
I. Enfermedad y maternidad					
I.I. Prestaciones en dinero de los trabajadores activos	0.70%	3.49996739	0.250%	1.249988355	4.749955749
I.II. Prestaciones en especie para trabajadores					
B) Con ingresos de hasta de 3 S.M.	19.750%	98.74908	0.560%	2.799973915	101.549054
I.II. Prestaciones en especie de los trabajadores	1.050%	5.24995109	0.375%	1.874982533	7.124933624
II. Invalidez y vida	1.750%	8.74991849	0.625%	3.124970888	11.87488937
III. Guarderías	1%	4.99995342	n/a	n/a	4.99995342
IV. Riesgo de trabajo	2%	9.99990684	n/a	n/a	9.99990684
Subtotal fracciones I, II, III, IV	-	131.248777	-	9.04991569	140.298693
V. Seguro de retiro	2%	9.99990684	n/a	n/a	9.99990684
VI. Cesantía en edad avanzada y vejez	3.150%	15.7498533	1.125%	5.624947598	21.37480087
Subtotal fracciones V, VI	-	25.7497601	-	5.624947598	31.37470771
Subtotal cuotas IMSS: fracciones I - VI	-	156.998537	-	\$14.67	171.6734007
VII. Aportación patronal INFONAVIT	5%	24.9997671	n/a	n/a	24.9997671
TOTAL DE CUOTAS IMSS E INFONAVIT	-	181.998304	-	14.67486329	196.6731678
Salario integrado				696.67	
PRODUCCION DIRECTA DE ESCANTILLONES					
PUESTO	SALARIO DIA	PRESTACION	NETO	ANUALIZADO	
TRABAJADOR 1	\$ 500.00	\$ 196.67	\$ 696.67	\$ 200,641.87	
TOTAL				\$ 200,641.87	

Fig. 3.9 Esta tabla nos muestra los gastos de nómina.

UTILIDAD ANUAL ANTES DE LA MEJORA	
CONCEPTO	MONTO
VENTAS	\$ 2,496,000.00
- COSTO DE VENTAS	\$ 564,775.87
= UTILIDAD	\$ 1,931,224.13
UTILIDAD ANUAL DESPUES DE LA MEJORA	
CONCEPTO	MONTO
VENTAS	\$ 3,952,000.00
- COSTO DE VENTAS	730,772.44
= UTILIDAD	\$ 3,221,227.56
PORCENTAJE MAYOR DE UTILIDAD	
DESPUES DE LA MEJORA	67% \$ 1,290,003.43

Productividad con Mejora	
Inversión	\$ 15,158.57
Ahorro en días	3.07
Tiempo Inicial (DIAS)	10.15
Tiempo futuro (DIAS)	7.08
Productividad inicial anual	24
Productividad futura anual	38
Aumento en productividad anual	14
% de aumento en productividad	58.30%
Venta inicial	\$2,496,000.00
Venta futura	\$3,952,000.00
Tiempo recuperación	30 días
Utilidad despues de mejora	\$1,290,003.43
Porcentaje de utilidad despues de mejora	67%
*La recuperacion se refleja en los dias de pago.	

Fig. 3.10 Esta tabla nos muestra las utilidades y los índices de productividad.

3.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS

Las mejoras propuestas ayudaran a disminuir el tiempo de producción (Lead Time) en un 64% con respecto a tiempo actual. De igual forma se busca incrementar la producción en un 63% pasando de 24 escantillones que se modifican actualmente hasta un aproximado de 38 escantillones anuales.

De igual forma las mejoras en el herramental y el ambiente de trabajo ayudaran a incrementar los ingresos por escantillón en aproximadamente un 63%. Dentro de la situación actual, los ingresos por modificación de escantillones al año son de \$196,955.00 USD por lo que las mejoras propuestas servirán para percibir ingresos por \$303,517.00 USD teniendo una diferencia de \$106,562.00 USD

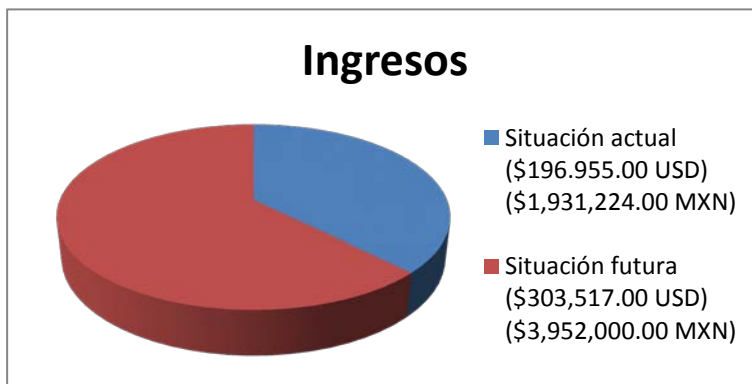
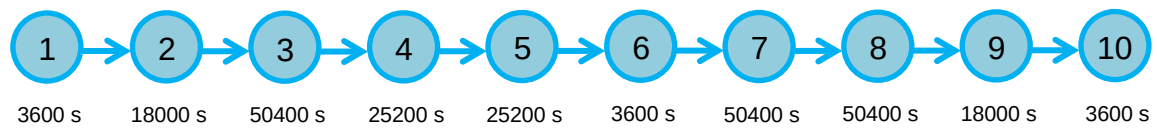


Fig. 3.11 Este grafico nos muestra el impacto económico que tendrá la empresa con las mejoras propuestas.



Fig. 3.12 Esta gráfica nos muestra el impacto que tendrá el tiempo de manufactura con respecto a la situación actual.



Tiempo estándar total = 257 696 segundos



Tiempo estándar total = 162 453 segundos

Fig. 3.13 Comparación de los diagramas de precedencias actual y futuro.

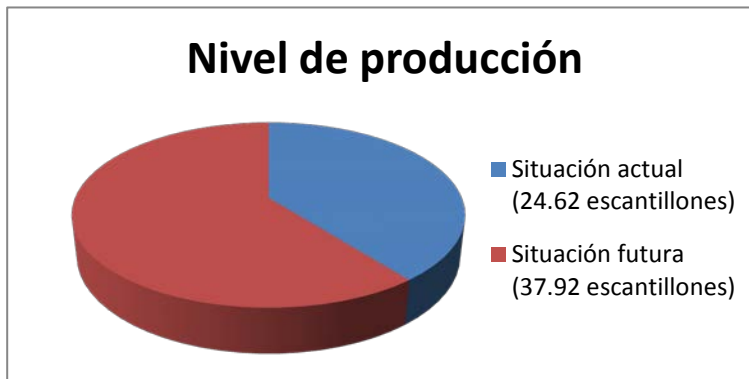


Fig. 3.14 Esta gráfica nos muestra el impacto que tendrá el nivel de producción con respecto a la situación actual

CAPÍTULO 4

4.- CONCLUSIONES DEL PROYECTO

4.0 CONCLUSIONES DEL PROYECTO (GERARDO MARIO ROSALES)

Con la aplicación de las herramientas aprendidas en Lean Manufacturing estoy convencido que toca tantos aspectos personales como aspectos industriales y que son la base para que una empresa logre llegar a la excelencia operativa. Como una estructura puede dar grandes beneficios para el óptimo desarrollo de la empresa que busque su implementación y seguimiento. Es como lo describe el sistema de producción Toyota usando la analogía de la casa, sino tiene buenos cimientos no funcionara y el sistema colapsará.

Con este proyecto de implementación pude observar y experimentar la difícil que es cambiar los hábitos de la gente y sacarlos de su zona de confort y sé que será interesante cuando la gente trate de adoptar los nuevos procedimientos y se den cuenta que no solo los ayuda a hacer las cosas más sencillas sino los beneficios que traerá tanto para los trabajadores como para la empresa.

Estoy convencido que Lean Manufacturing puede ser aplicado en cualquier área dentro de una empresa que le dé el enfoque correcto y le dé el seguimiento necesario. La continua es un trabajo de todos.

Bibliografía

<http://spcgroup.com.mx/7-mudas/>

<http://www.bosch-do-it.com/es/es/aficionado-al-bricolaje/conocimientos/consejos-de-uso/lijado-de-superficies-c%C3%B3ncavas-98758.jsp>

Lean Manufacturing: conceptos, técnicas e implantación.