



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS– INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE FUNDICIÓN DE ACERO
DE UNA MICRO EMPRESA FAMILIAR, PARA INCREMENTAR SU
PRODUCTIVIDAD REDUCIENDO
LOS 7 DESPERDICIOS UTILIZANDO LEAN MANUFACTURING.

MODALIDAD DE GRADUACIÓN: TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
DELGADO GODINA JORGE ALFONSO

TUTOR PRINCIPAL
GILBERTO GARCÍA SANTAMARÍA GONZÁLEZ
FES ARAGÓN

MÉXICO, D. F. NOVIEMBRE 2015

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Velázquez Vázquez Daniel

Secretario: M. en I. Macedo Chagolla Fernando

Vocal: M. en I. García Santamaría González Gilberto

1^{er.} Suplente: Dra. Monroy León Cozumel Allanec

2^{d o.} Suplente: Dra. Huerta Barrientos Aida

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería

TUTOR DE TESIS:

M. en I. García Santamaría González Gilberto

ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
Resumen.....	4
Introducción	5
CAPÍTULO 1. Descripción del proceso de fundición de FYMTEX y la problemática de su operación .	8
1.1. Fundación de la empresa FYMTEX	8
1.2. Organigrama.....	8
1.3. Áreas operativas de trabajo	9
1.3.1. Modelado	11
1.3.2. Moldeo	11
1.3.3. Arena sílica	12
1.3.4. En verde.....	12
1.3.5. Fundición	12
1.3.6. Hornos	13
1.3.7. Quemadores.....	13
1.3.8. Crisol.....	13
1.3.9. Material refractario	13
1.3.10. Vaciado.....	13
1.3.11. Acabado.....	13
1.3.12. Maquinado	14
1.3.13. Maquinado CNC, torno y fresadora	14
1.4. Maquinaria de trabajo.....	14
1.4.1. Máquinas para soldar.....	16
1.4.2. Esmeriladoras de banco y manuales.....	17
1.4.3. Granalladora.....	18
1.4.4. Tornos.....	18
1.4.5. Fresadoras	19
1.4.6. Crisol.....	20
1.4.7. Proceso de fundición.....	22
1.5. Proceso de maquinado.....	24
1.6. Productos	25
1.8. Política de calidad.....	26

1.9. Objetivos de calidad	26
1.10. Problema por resolver.....	26
CAPÍTULO 2. Revisión de la metodología <i>Lean Manufacturing</i>	28
2.1. Concepto	28
2.2. Orígenes y antecedentes.....	29
2.3. Filosofía Lean Manufacturing.....	32
2.4. Ventaja competitiva	35
2.5. Concepto de MUDA.....	36
2.6. Definición de los 7+1 desperdicios o MUDAS	37
2.6.1. Los 7 desperdicios o MUDAS.....	37
2.7. Herramientas de <i>Lean Manufacturing</i>	49
2.7.1. TPM (Mantenimiento Total Productivo, Total Productive Maintenance)	50
2.7.2. Seis Sigma (Six Sigma)	51
2.7.2.1. Filosofía	51
2.7.3. Mejora Continua (Kaizen).....	53
2.7.4. A prueba de errores (Poka Yoke)	57
2.8. Señales (KANBAN)	63
2.8.1. Concepto	63
2.8.2. Fases para implementación del <i>Kanban</i>	64
2.9. Justo a Tiempo (Just in Time (JIT)).....	65
2.9.1. Atacar los problemas fundamentales	65
Desventajas del JIT	66
2.10. 5´s dentro del lugar de trabajo.....	67
2.10.1. Concepto	67
2.10.2. Las 5´s son:	69
CAPÍTULO 3. Diseño y desarrollo de una propuesta de mejora para el proceso de fundición de acero de FYMTEX.....	78
3.1. Aplicación de 5´s en la propuesta de diseño.....	78
3.2. Simio LLC	79
3.3. Inicio de la simulación	81
3.4. Simulación del estado actual.....	82
3.5. Simulación del estado deseado.....	86
CAPITULO 4. Análisis de los resultados obtenidos.....	89

CONCLUSIONES	92
ANEXOS	93
Glosario	95
Bibliografía	97

Resumen

Debido a la gran demanda de refacciones del sector agrícola en el área de Texcoco a finales de la década de 1980, una empresa emprendió en el negocio de la fundición y maquinado de éstas refacciones así como de otro tipo de piezas a medida para la maquinaria agrícola. La empresa con nombre *Fundiciones y Maquinaria de Texcoco S. A. de C. V.* (FYMTEX) no ha detenido sus operaciones desde 1987 cuando se fundó. Al pasar de los años, los requerimientos han cambiado y aumentado dependiendo del tipo de cliente y tipo de piezas, al grado de que la empresa ya no solo fabrica refacciones del sector agrícola para maquinaria, sino que también fabrica distintas piezas. La empresa fabrica las piezas basado en un modelo que por lo general el cliente lleva. Para estos trabajos, FYMTEX ha ido comprando maquinaria especializada para dicho trabajo así como la contratación de personal para dichas tareas. Por otro lado, la demanda de piezas ha rebasado a la empresa en gran medida por qué no se lleva un orden dentro del área de fundición por lo que se generan muchos tiempos muertos ocasionados por distintos factores como: la falta de un orden de las herramientas manuales, largos trayectos para mover situar el molde en el área de vaciado, etc. Para mitigar estos problemas, se ha desarrollado este trabajo de investigación con el objetivo de apoyar a la alta dirección de la empresa en la toma de decisiones respecto a la mejora de la productividad y por lo tanto ser más rentable. En este trabajo de tesis se llevo acabo una simulación del estado actual y del deseado del área de fundición de FYMTEX, analizando los puntos principales de conflicto y aplicando la metodología de *Lean Manufacturing* así como de su herramienta 5's. En conclusión, en este trabajo se obtuvieron resultados confiables que gracias a la metodología y al simulador, se pudo obtener una base fuerte para la toma de decisiones en FYMTEX que traerá muchos beneficios operativos y económicos.

Abstract

Due to the high demand for parts of the agricultural sector in the area of Texcoco in the late 1980s, a company launched in the business of casting and machining of these parts as well as other custom parts for agricultural machinery . The company named Foundries and Texcoco Machinery SA de CV (FYMTEX) has not stopped its operations since 1987 when it was founded. Over the years, the requirements have changed and increased depending on the type of customer and type of part, to the extent that the company not only manufactures parts and agricultural machinery sector, but also makes different pieces. The company manufactures parts based on a model that the customer usually takes. For these jobs, FYMTEX has been buying specialized equipment for such work and the recruitment of staff for these tasks. On the other hand, demand for parts has exceeded the company largely why an order within the area of casting so many down times caused by different factors as cannot take the lack of an order of the tools, move long distances to place the mold in the drain area, etc. To mitigate these problems, we have developed this research with the aim of supporting top management of the company in making decisions about improving their productivity and therefore more profitable. In this thesis it was made a simulation of the current state and the desired casting area FYMTEX, analyzing the main points of conflict and applying Lean Manufacturing methodology and its 5's tool. In conclusion, this study reliable results were obtained thanks to the methodology and the simulator is able to obtain a strong basis for decision-making in FYMTEX will bring many benefits.

Introducción

Las máquinas del sector agrícola fácilmente pueden romperse, ya sean los componentes móviles o bien las herramientas que se adaptan para distintos trabajos. Es por eso, que bajo esa demanda de refacciones económicas y de alta calidad a nivel nacional, nace en el año de 1987 Fundiciones y Maquinaria de Texcoco SA de CV (FYMTEX), micro empresa familiar dedicada a la fundición de acero, ubicada en el municipio de Texcoco, Estado de México.

La demanda de piezas que el cliente requirió a FYMTEX en sus primeros años, fueron piezas exclusivamente del área agrícola como refacciones de máquinas (tractores). Esto ocasionado por el elevado precio de las refacciones genuinas. Hoy en día la demanda de piezas a FYMTEX va desde el cuerpo de una válvula hasta piezas de precisión realizadas con maquinas especializadas para este objetivo.

La actividad de FYMTEX está basada en dos procesos: fundición y maquinado. En la fundición, se llevan a cabo los procesos de moldeo, fundición y vaciado de metal para darle utilidad a una pieza de acero. En el área de maquinado, se llevan a cabo procesos de corte de metal con máquinas herramientas como tornos, fresadoras, taladros, etc. Éstas maquinas pueden ser: manuales o computarizadas (CNC) y dan forma al metal por medio del corte de éste.

El proceso de fabricación de una pieza, comienza con la llegada del cliente, con su propio modelo o con una idea en mente, en el caso de que el cliente lleve su modelo éste se deja para reproducirlo y así poder tener más modelos para hacer los moldes. El proceso de obtención de una pieza que el cliente trae en mente comienza desde que el cliente llega con esta idea al encargado del diseño en computadora y se desarrolla en conjunto, para que la pieza cumpla con las características necesarias para que sea funcional. Para esto se toman medidas del lugar donde se va a realizar el montaje de la pieza, el lugar donde se colocara o el lugar donde realizara la unión con otra pieza, las opciones son muchas.

Una vez que se tienen los modelos, se colocan en adoberas (Cajas de metal con apertura rápida que contienen el modelo y la arena. Figura 1.7.) y se cubren de arena sílica (arena con propiedades especiales que resisten el calor antes de cambiar su estructura química. Figura 1.4.) cernida para reproducir todos los detalles de la superficie del modelo, a continuación, se cubre con arena, se compacta y se nivela la arena, para la segunda mitad de la pieza el proceso es el mismo, una vez que se tienen las dos piezas se hacen los respiraderos y las entradas se tapan para evitar la entrada de algún residuo.

Actualmente, en FYMTEX se tienen funcionando todas las máquinas y se utilizan todas las herramientas manuales y mecánicas. De la visita técnica que se realizó, se observó que tiene un exceso de operaciones logísticas manuales; se consume mucho tiempo trasportando

moldes terminados a su lugar de vaciado. El uso de herramientas para diferentes tareas en diferentes áreas resulta en tiempos muertos en los operadores, esto es porque el operador espera a que otro operador termine de utilizar la herramienta para después usarla.

También se observó que en el área de moldeo así como alrededor de esta área, se encuentra inventario excesivo de moldes, esto evita el libre paso de los operadores. Por otro lado, en un sector de la planta, se encuentran maquinas en desuso, contenedores, basura y múltiples objetos sin un uso orientado a la fundición o al moldeo, generando obstrucción e inventario.

Además en el área de embalaje se encuentran las piezas terminadas en el suelo, así como, tampoco hay las condiciones que permitan que el trabajo se realice de manera más eficiente, lo que nos lleva a la detección de varios tipos de desperdicios, tales como: tiempo, insumos, inventarios, entre otros.

También se determinó que el espacio físico para el desarrollo de las operaciones diarias, el área de trabajo, no cuenta con las dimensiones adecuadas ni tampoco con la distribución lógica de las estaciones de trabajo y de los espacios requeridos para los materiales y/o herramientas de trabajo.

Lo deseable en las operaciones diarias de FYMTEX es reducir los tiempos muertos en mano de obra, transporte de insumos, moldes o herramientas. También es deseable evitar el re-trabajo, evitar consumir recursos que pueden ser utilizados en otras áreas dentro de la empresa y una mejora de la comunicación entre las áreas para evitar tiempos muertos y transporte innecesario generados por alguna confusión.

Disminuir el inventario excesivo es básico para tener todo en orden, en el caso de FYMTEX, el inventario está constituido por: moldes y modelos los cuales deben de estar en orden, clasificados por tamaño; todo esto en un lugar asignado estratégicamente para que no obstruya el libre tránsito de los operadores que laboran y al mismo tiempo se tenga un acceso rápido en caso que se requiera.

En la actualidad y para ser competitivas, las micro empresas optan por mejorar, rediseñar o reestructurar sus procesos operativos. Para estos fines existen distintas metodologías de mejora continua que persiguen fines específicos. *Lean manufacturing* es un ejemplo de estas metodologías, orientada a reducir los 7 desperdicios y así aumentar la productividad en las empresas. Los 7 desperdicios son: Sobreproducción, Transporte, Tiempo de espera, Procesos innecesarios, Sobre inventario, Defectos y movimientos innecesarios del operador.

En el caso específico de FYMTEX, los problemas antes descritos podrían ser abordados con la metodología *Lean manufacturing*. Con la implantación de esta metodología se espera lograr la reducción de los desperdicios que se generan, estandarizar los procesos de fundición

y moldeo, lograr la eficiencia de comunicación entre las áreas y mejorar el rendimiento de los operarios del área a través de un mejoramiento continuo diario de su espacio de trabajo. En consecuencia, se pretende que se reduzcan costos operativos, se aprovechen mejor los recursos del área y se tengan en tiempo y forma los componentes para que las demás áreas de mantenimiento y reparación no vean obstruido su proceso. Con esto, se espera mejorar la productividad de la empresa.

Dado lo descrito anteriormente, el objetivo general de esta tesis es: **Desarrollar una propuesta de mejora para el proceso de fundición de acero de una micro empresa familiar, para incrementar su productividad reduciendo los 7 desperdicios basado *Lean Manufacturing* utilizando el software SIMIO.**

Para cumplir con este objetivo, en el primer capítulo, se describe la empresa FYMTEX, sus áreas operativas y los problemas que se existen entre éstas. También se describe a gran detalle los procesos de fundición y maquinado y se expone la problemática existente en el proceso de fundición. Se plantea el problema por resolver y se propone una estrategia de investigación para resolver este problema.

En el segundo capítulo, se presentan los conceptos básicos de *Lean Manufacturing*, los 7 desperdicios, planteando definiciones claras a cada uno de éstos, se describe la metodología así como las herramientas principales utilizadas para aumentar la productividad utilizando *Lean Manufacturing*. Esto dará un panorama más claro del problema que se pretende resolver mediante la metodología seleccionada.

En el tercer capítulo se presenta el diseño del modelo conceptual y modelo de simulación del proceso de fundición de FYMTEX utilizando Simio Software. En el modelo de simulación se muestran las operaciones del proceso de fundición y su ajuste usando las herramientas de *Lean Manufacturing*, para aumentar la productividad de la empresa con base en la reducción de los 7 desperdicios que plantea la metodología.

En el cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos en el modelo de simulación respecto a la productividad del proceso de fundición en FYMTEX.

Al final se enuncian las conclusiones derivadas de los resultados del modelo de simulación.

CAPÍTULO 1. Descripción del proceso de fundición de FYMTEX y la problemática de su operación

En este capítulo, se describe la empresa FYMTEX, sus áreas operativas y los conflictos que se existen entre éstas. También se presentan a gran detalle los procesos de fundición y maquinado y se expone la problemática existente en el proceso de fundición. Se plantea el problema por resolver y se propone una estrategia de investigación para resolver este problema.

1.1. Fundación de la empresa FYMTEX

En la industria agrícola se utilizan máquinas que fácilmente pueden romperse, ya sean los componentes móviles o las herramientas que se adaptan para distintos trabajos es por eso, que bajo esa demanda de refacciones económicas y de alta calidad, nace en el año de 1987 Fundiciones y Maquinaria de Texcoco SA de CV, empresa de fundición de acero, ubicada en el municipio de Texcoco, Estado de México.

FYMTEX es una empresa con una posición de mercado privilegiada dado que no existen geográficamente competidores cercanos a ella. Es una micro empresa familiar dirigida actualmente por el hijo del fundador. Su padre, en un principio equipó la empresa con maquinaria de punta y especializada para el proceso y los tipos de productos a fabricar.

1.2. Organigrama

Fundiciones y Maquinaria de Texcoco S.A. de C.V., cuenta con un organigrama estructurado de la siguiente forma: Dirección general, Gerente administrativo, Gerente de operaciones y mantenimiento, Gerente de producción, en la Gerencia de gestión de calidad, asistente de las gerencias y auxiliar administrativo.

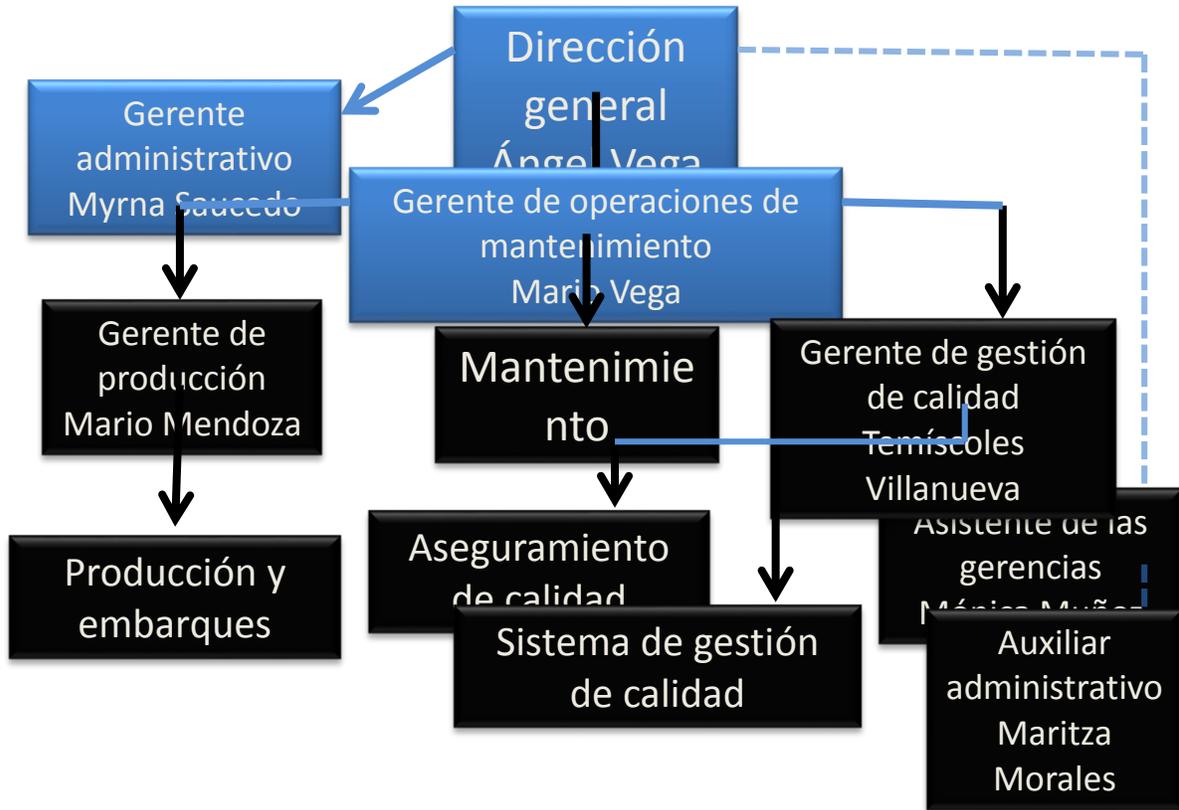


Figura 1.1. Organigrama de FYMTEX.

(Fuente: FYMTEX, 2012)

1.3. Áreas operativas de trabajo

La empresa tiene un área de trabajo de aproximadamente 2500 m² dentro de esta área se localizan distintas zonas de trabajo distribuidas por todo el complejo. A continuación se muestra el lay out o distribución de la empresa (Figura 1.2.).

El color de las líneas indica el transporte de la materia prima, moldes, modelos, así como las piezas de acero a las diferentes zonas para continuar con el proceso. El color morado se indica el flujo de información, esto es, el pedido del cliente, esta información se lleva al área de moldeo y de maquinado.

En color azul esta el transporte de moldes desde las áreas de moldeo con arena sílica, el área de moldeo en verde y el área de corazones, todas ellas llevan sus respectivos productos (moldes y corazones) al área de vaciado de metal.

El color verde indica el flujo de la arena de los moldes después de vaciada la pieza, esta arena se lleva a un contenedor ubicado cerca de la entrada de la empresa para ser recogido por una empresa encargada de reciclar este tipo de desperdicios.

Por último, el color rojo indica el flujo de las piezas fundidas, estas piezas recién vaciadas van desde el área de vaciado hacia el área de enfriamiento, granallado, maquinado, corte y pulido.

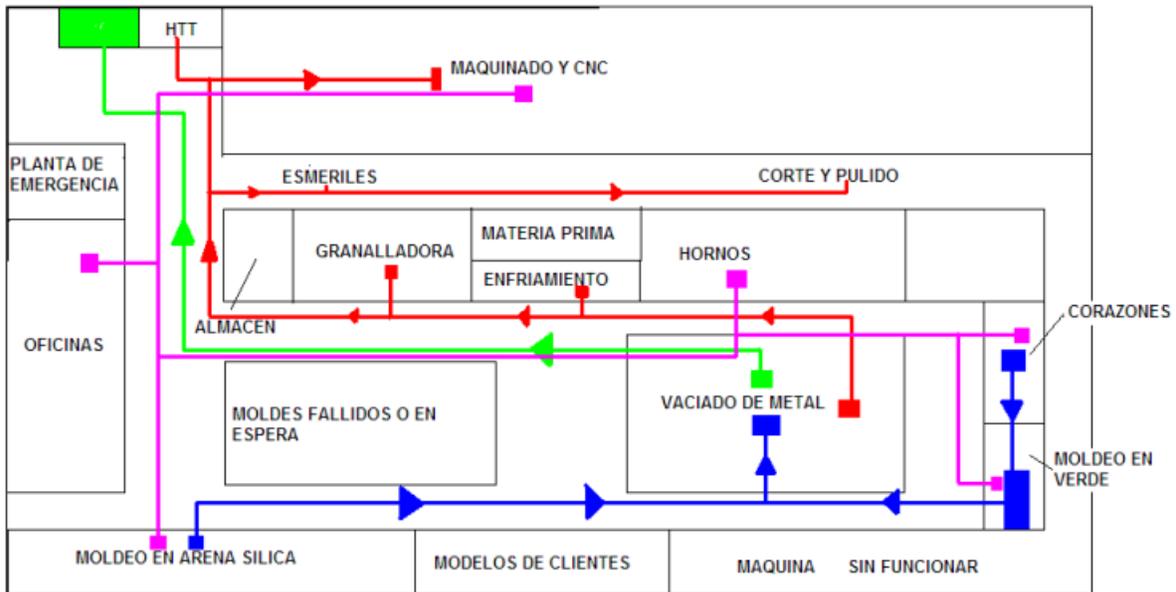


Figura 1.2. *Lay-out de FYMTEX.*

(Fuente: Elaboración Propia, 2015)

En la siguiente distribución de la planta o *Lay-out*, (Figura 1.3), se presentan en color rojo las zonas en que el inventario se acumula obstruyendo el paso de los operadores.

Las principales diferencias entre el *Lay-out* anterior (Figura 1.2.) y éste (Figura 1.3.), es que en este segundo *Lay-out* se encuentran las obstrucciones que son generadas por el inventario en exceso que tiene la empresa. Otra diferencia, es que en el segundo *Lay-out* ya no se muestran las líneas de color representando el flujo así como el sentido de los materiales a través de la empresa. Los dos *Lay-out* son iguales con respecto a su distribución de maquinas y áreas.

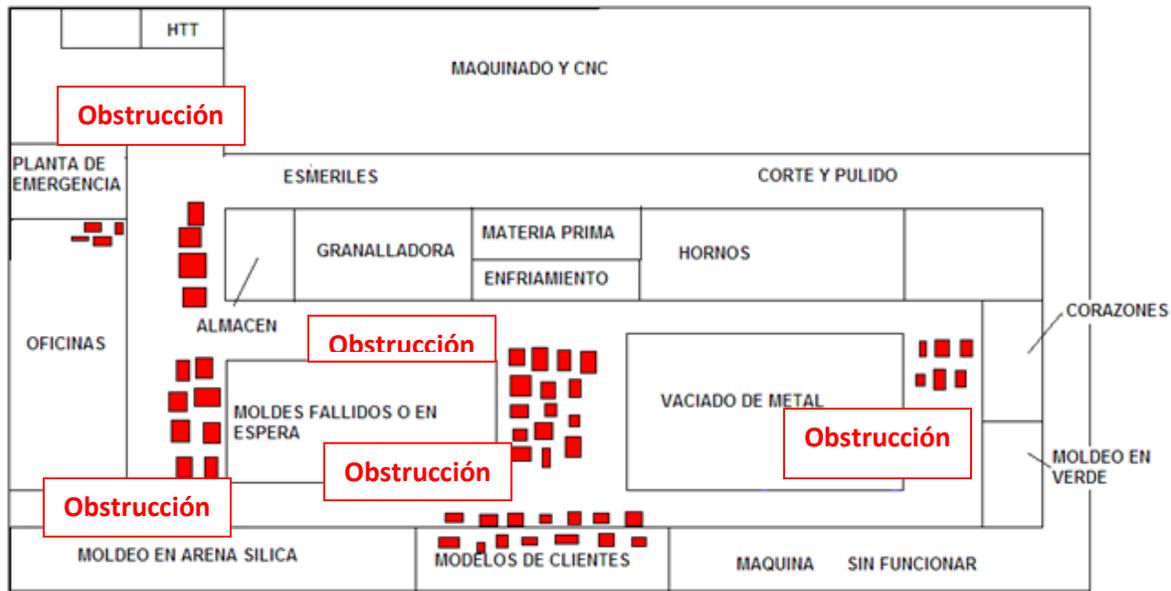


Figura 1.3. *Lay-out* con zonas de conflicto.

(Fuente: Elaboración propia, 2015)

El problema principal es que la demanda de la empresa ya supera el área de trabajo y se acumulan moldes y modelos en los pasillos de ésta. Como se observa en la Figura 1.3., gran parte del área de fundición esta obstruida por los modelos y moldes representado en la figura 1.3. Como cuadros de color rojo, estos cuadros se colocaron en las zonas de la empresa que presentan una mayor obstrucción, Esto genera un problema de transporte y claramente de inventario excesivo ya que los operadores que laboran en la empresa, tienen que rodear estas obstrucciones para llegar a su destino, en casos extremos, se puede llegar a golpear algún molde en el transporte, dañándolo y dependiendo del daño, requerirá un arreglo mayor o menor. Es por eso que estas zonas rojas deben eliminarse para un mejor desempeño dentro de la empresa.

1.3.1. Modelado

Área encargada de diseñar y fabricar el modelo, (pieza a fabricar) fabricada usualmente en madera, en una pieza de metal con las mismas proporciones, de mayor resistencia y para un uso específico.

1.3.2. Moldeo

En esta área se lleva a cabo el molde de la pieza por fabricar. Mediante arena con diferentes propiedades, el modelo se divide en dos partes y se cubre con arena para retratar la superficie y forma de la pieza.

1.3.3. Arena sílica

Es un compuesto resultante de la combinación del Sílice con el Oxígeno. Su composición química está formada por un átomo de sílice y dos átomos de Oxígeno, formando una molécula muy estable: Si O₂.

Los usos industriales del sílice derivan de sus importantes propiedades físicas y químicas, destacándose especialmente su dureza, resistencia química, alto punto de fusión, piezoelectricidad, piroelectricidad y transparencia.

Es la materia prima fundamental para la fabricación del vidrio (aproximadamente el 70 % de su composición es de sílice) y de la porcelana. Sus arenas son utilizadas especialmente como lecho filtrante para depuración y potabilización de las aguas (para la retención de partículas de tamaños muy pequeños que no son separados por decantación), y por su dureza son utilizados para la fabricación de lejías, abrasivos industriales y arenados.



Figura 1.4. Arena Sílica.

(Fuente: Elaboración propia, 2015)

1.3.4. En verde

El moldeo en verde es igual que el moldeo con arena sílica, la única diferencia radica en que se utiliza tierra húmeda con las propiedades adecuadas para resistir las altas temperaturas. Este tipo de moldeo se utiliza para otro tipo de acero (nodular). Cabe destacar que esta arena o tierra, a diferencia de la arena sílica, se puede reutilizar por lo que después de desmoldar, se recicla con una maquina especial para este fin, al final del reciclado sigue manteniendo las mismas propiedades que al inicio del vaciado anterior.

1.3.5. Fundición

Es el proceso en el cual un material, en este caso, un metal cambia de estado, de solido a liquido. Para llevar a cabo este cambio de estado, se tienen diferentes tecnologías como los hornos, quemadores, crisoles y material refractario.

1.3.6. Hornos

Un horno de fundición es un dispositivo construido de materiales refractarios para aislar la temperatura dentro de este. Dentro del horno se coloca el crisol que así ves contiene el metal a fundir. Existen hornos de gas o de inducción electromagnética (eléctricos).

1.3.7. Quemadores

Son máquinas sencillas cuya función es la de generar una flama mediante la combustión de algún combustible como: gas, aceite o carbón. Esta flama se introduce al horno para elevar la temperatura y así llegar a la temperatura optima de fusión o de aleación.

1.3.8. Crisol

El crisol es el elemento que contiene el metal a fundir. Es fabricado de materiales tales como el grafito y una porción de arcilla, pueden soportar elementos a altas temperaturas como el oro, acero, bronce, aluminio, normalmente a temperaturas mayores a 500°C. Algunos crisoles aguantan temperaturas superiores a 1900°C.

1.3.9. Material refractario

Son materiales que tienen la propiedad de resistir altas temperaturas sin descomponerse. Se utilizan para hacer crisoles, recubrir hornos e incineradoras. Una de las características habituales para que se pueda considerar como refractario un material es que éste pueda resistir los 1100°C sin ablandarse, deben mantener su resistencia y su estructura a altas temperaturas, resistir choques térmicos, ser químicamente inertes, presentar una baja conductividad térmica y un bajo coeficiente de dilatación.

Los materiales refractarios más importantes son el óxido de aluminio (alúmina), de silicio (sílice) y magnesio (óxido de magnesio).

1.3.10. Vaciado

Es el área encargada de vaciar el metal fundido al molde de arena. El vaciado se lleva a cabo, una vez que el metal cumple con las propiedades mecánicas y químicas. Esto se determina después de obtener una muestra del material.

Se utiliza un crisol y una grúa para vaciar el material dentro del molde.

1.3.11. Acabado

Es el área encargada de dejar la pieza sin irregularidades, burbujas o defectos. Esto se hace vez que se enfría el molde y se desmolda la pieza, mediante la destrucción del molde de arena. Se envía a la granalladora (maquina que bombardea el objeto con perdigones de

metal) para limpiarla de la arena e impurezas en la superficie de la pieza. Al área de soldadura y corte para dejar la pieza en perfecto estado.

Al concluir con el granallado, se corta el exceso de metal y saltan a la vista hoyos, rebaba e imperfecciones que se solucionan con soldadura y esmerilando la pieza.

1.3.12. Maquinado

Es el término utilizado para transformar una pieza de una forma a otra distinta a la original, esto se hace mediante el corte y desbaste de la pieza inicial, para este fin, se utilizan máquinas herramientas y cortadores diseñados especialmente para cada fin específico. Dependiendo del material y el trabajo a realizar, se tienen diferentes tipos de cortadores, materiales de fabricación y velocidades de corte.

Las máquinas de corte, tienen movimientos en 3 ejes y velocidad variable en RPM, dependiendo del material a cortar, con la combinación de movimiento y velocidad se puede realizar casi cualquier forma. Todos estos movimientos se hacen de forma manual mediante perillas que el operador acciona manualmente.

1.3.13. Maquinado CNC, torno y fresadora

Son las siglas para referirse al maquinado computarizado o CNC (control numérico computarizado). A diferencia del maquinado manual, este maquinado se hace mediante coordenadas en 3 dimensiones de la pieza a realizar. Se programan las coordenadas del perímetro de la pieza, avance del cortador, velocidad de avance, velocidad de corte, tipo de cortador y enfriamiento de la pieza de trabajo.

Este tipo de maquinado elimina el error humano y se utiliza para generar piezas complicadas. Con un solo programa se pueden producir muchas piezas idénticas, ahorra tiempo debido a que la maquina trabaja sola una vez que inicia.

1.4. Maquinaria de trabajo

Las máquinas y herramientas dentro de una empresa, juegan un papel muy importante al momento de producir cualquier producto. Cada máquina y/o herramienta tiene funciones específicas para la producción de productos. Las condiciones y el desempeño de las máquinas dictan la cantidad y la calidad de las piezas. Fundiciones y Maquinaria de Texcoco SA de CV, cuenta con las máquinas-herramientas adecuadas para la producción de piezas de acero. Las máquinas que se utilizan dentro de la empresa, son las siguientes:

3 hornos de inducción electromagnética (Figura 1.5.), con tableros de control cada uno. Este tipo de horno es un horno eléctrico en el que el calor es generado por calentamiento, por la inducción eléctrica de un medio conductivo (un metal) en un crisol, alrededor del cual se encuentran enrolladas bobinas magnéticas. La ventaja es que alcanza la temperatura de

fusión en un muy corto tiempo en comparación de los hornos de gas. La desventaja es que consume grandes cantidades de electricidad.



Figura 1.5. Hornos de inducción electromagnética.

(Fuente: Visita técnica, 2015)

Un sistema neumático para la herramienta de todas las áreas, pero principalmente en el moldeo en verde. Es una tecnología que emplea aire comprimido como medio de transmisión de energía. Para el funcionamiento de este sistema se necesita un compresor de aire, conectores, válvulas y la herramienta neumática.

Una máquina para la mezcla de arena sílica (Figura 1.6.) y catalizador para fabricar los moldes.



Figura 1.6. Máquina revoladora de arena.

(Fuente: Visita técnica, 2015)

Adoberas (Figura 1.7.) de diferentes tamaños para diferentes tamaños de piezas. Se utilizan para retener la arena y mantenga una forma al momento de compactar la arena y ésta pueda reproducir toda la superficie del modelo que también se coloca dentro de la adobera, es un molde para la arena. Las adoberas tienen un sistema de apertura rápida que libera el bloque de arena de forma rápida sin dañar la pieza y seguir trabajando en ella.



Figura 1.7. Adobera.

(Fuente: Visita técnica, 2015)

1.4.1. Máquinas para soldar

En la figura 1.8. se puede apreciar una máquina para soldar. Estas máquinas están diseñadas para unir dos metales mediante calor que funde metal en las piezas a unir, este metal se llama material de aporte y se encuentran revestidos de compuestos químicos que al generarse el calor, se descomponen y cubren la soldadura del oxígeno, generando una buena penetración en los materiales a unir. Estas máquinas funcionan con un pequeño transformador que genera altos niveles de amperaje (Corriente eléctrica). Del transformador salen dos cables (Tierra y polo) que al juntarlos generan un corto circuito que a su vez genera una chispa y calor.



Figura 1.8. Máquina para soldar.

(Fuente: www.infra.com)

1.4.2. Esmeriladoras de banco y manuales.

Esta herramienta se llama esmeril (Figura 1.9.), es una herramienta que por medio de un motor eléctrico hace girar una piedra a altas revoluciones o giros, por lo general arriba de 2000 revoluciones por minuto. Esto genera una gran energía que al acercar un elemento metálico, la característica abrasiva de la piedra, retirará pequeñas cantidades de material. Este proceso genera un sonido muy agudo y chispas (material fundido por la acción abrasiva de la piedra) por lo que el personal debe utilizar protección auditiva y protección para los ojos y piel.



Figura 1.9. Esmeril.

(Fuente: Visita técnica, 2015)

1.4.3. Granalladora

La granalladora es una herramienta para limpiar metal que funciona por medio de un motor eléctrico que al girar, mueve pequeñas bolas de acero (1 milímetro de diámetro aproximadamente) hacia las piezas para remover la arena pegada. Las piezas a limpiar son colocadas y giran en un contenedor metálico que cierra perfectamente impidiendo la salida de las bolas de acero. Como resultado, se obtienen piezas completamente limpias y libres de arena hasta en los lugares más difíciles.



Figura 1.10. Granalladora.

(Fuente: Visita técnica, 2015)

1.4.4. Tornos

Un torno es una máquina-herramienta como la que se muestra en la figura 1.11. ésta funciona haciendo girar el material que se va a trabajar para posteriormente acercar una herramienta de corte llamada buril, la cual está encargada de retirar material en la profundidad deseada dependiendo de la forma que se le vaya a dar a la pieza de trabajo.



Figura 1.11. Torno.

(Fuente: Visita técnica, 2015)

1.4.5. Fresadoras

Una fresadora es una máquina-herramienta como la que se muestra en la figura 1.12. a diferencia del torno, lo que gira es la herramienta de corte llamada fresa y el material de trabajo queda fijo en una mesa especial que sujeta con firmeza el material para poder trabajarlo. La fresadora hace cortes en 3 direcciones a diferencia del torno que solo lo hace en dos, por lo que se pueden hacer formas más complicadas que en el torno sería imposible.



Figura 1.12. Fresadora.

(Fuente: Visita técnica, 2015)

1.4.6. Crisol

El crisol es un recipiente fabricado en material refractario que está diseñado para contener metal fundido, estos elementos pueden resistir temperaturas de hasta 2000°C. El crisol tiene dos agarraderas por cada lado para poder maniobrarlo de forma segura y en la parte superior tiene un vertedor que evita que el metal se vierta de forma descontrolada provocando un accidente.



Figura 1.13. Crisol.

(Fuente: Visita técnica, 2015)

Máquinas CNC (Figura 1.14.), están en planta para pedidos especiales o para darle el acabado final de la pieza si ésta la requiere. Éstas máquinas tienen el mismo funcionamiento básico que se describió con anterioridad, la diferencia radica en que en las máquinas CNC (Control Numérico Computarizado) se realiza previamente una programación en computadora del movimiento del cortador de la máquina para generar la pieza deseada, una vez que el programa está listo se pasa a la máquina que a su vez tiene una computadora para interpretar la información y pasarla a movimiento rotativo y longitudinal dentro de la máquina. En estas máquinas se hace el cambio de herramienta de forma automática por parte de la máquina a diferencia de las máquinas manuales.



Figura 1.14. Máquina CNC (fresadora).

(Fuente: Visita técnica, 2015)

Se cuenta con una grúa puente (Figura 1.15.) para mover materia prima, moldes grandes, contrapesos, crisoles y para transportar el crisol con acero fundido para el vaciado del material, ya que hay cargas de hasta 200 kg. Consta de dos rieles donde se apoya la viga principal con un motor eléctrico conectado a un reductor de velocidad que genera mucha fuerza para levantar las cargas, a su vez tiene otros dos motores que generan un movimiento sobre los rieles y el otro motor mueve el motor eléctrico que carga las piezas por la viga principal.



Figura 1.15. Grúa puente.

(Fuente: Visita técnica, 2015)

Un montacargas (Figura 1.16.) ayuda cuando se cargan piezas de tamaño considerable al transporte que el cliente lleva a planta. Este es un vehículo con un motor de combustión interna que tiene un elevador accionado por fuerza neumática (fluido presurizado) accionando pistones que suben o bajan la carga. Para estabilizar la carga y evitar que ésta se vaya hacia el frente, el vehículo está construido de acero muy grueso y un contrapeso en la parte trasera para ayudar a estabilizar la carga.



Figura 1.16. Montacargas.

(Fuente: Visita técnica, 2015)

1.4.7. Proceso de fundición

El proceso de fabricación de una pieza es sencillo y todo comienza con la llegada del cliente, ya sea que lleve su propio modelo o con una idea en mente, en el caso de que lleve su modelo este se deja para reproducirlo y así poder tener más modelos para hacer los moldes, en caso de que sea una idea lo que el cliente lleva a planta, se pasa a la dirección para desarrollarlo en un programa de cómputo. Una vez que se tiene la pieza, se hacen los planos para pasarlo al taller de carpintería para hacer el o los modelos para empezar a fabricar el molde.

Una vez que se tienen los modelos, se colocan en adoberas y se cubren de arena sílica cernida para reproducir todos los detalles de la superficie del modelo, dependiendo el tipo de acero se cubre con arena verde (para acero nodular) o con mas arena sílica (otros tipos de acero), se compacta y se nivela la arena, para la segunda mitad de la pieza el proceso es el mismo, una vez que se tienen las dos piezas se hacen las entradas de aire, las entradas y se tapan para evitar la entrada de basura.

El proceso de fundición de metal, se hace a partir de chatarra que llega de parte de proveedores que envían el material cada cierto tiempo ya establecido por la empresa, en caso de que falte, se le llama a este proveedor para que provea mas materia prima o se contacta a un proveedor local para cumplir con el número de piezas y no dejar incompleto el lote.

Una vez que se tiene la materia prima para fundir, se vierte al horno, este tarda aproximadamente de 90 a 120 minutos en estar en estado liquido. Cuando el material está en la temperatura adecuada, se saca una muestra del material, se hace una pequeña probeta y se manda al laboratorio (ubicado dentro de las instalaciones) para su análisis; si tiene las características mecánicas para el tipo de pieza, está listo para vaciar, en caso contrario se hacen los ajustes necesarios para cumplir con las propiedades mecánicas que debe de tener el material para que resista los esfuerzos mecánicos (fuerzas que se aplican en la pieza dependiendo el uso que se le dé), estos son: que se agregue carbón, cromo o más acero.

Cuando está en estado líquido el metal y cumple con las características ideales, se vacía en los moldes con la ayuda de un crisol y de una grúa puente y se espera que solidifique para desmoldar. Unas horas después la pieza sigue muy caliente pero ya se puede desmoldar, después del desmolde, se espera a que se acabe de enfriar a temperatura ambiente para poder meter a la granalladora para limpiar la pieza. Cuando termina la máquina, la pieza queda limpia de arena y se manda al área de corte donde se elimina el exceso de material y rebaba, producto del vaciado.



Figura 1.17. Vaciado de acero fundido

(Fuente: Elaboración propia, 2015)

En el área de corte y soldadura, se cortan los excesos de material con la ayuda de un equipo de oxiacetileno, esto produce cortes limpios sin dañar la pieza. Cuando está cortada la pieza pasa al personal que opera el esmeril para pulir las imperfecciones que tenga.

En el área de soldadura, se rellena alguna burbuja que se haya producido en el momento de vaciar el metal al molde; una vez acabada esta actividad, pasa al personal del esmeril.

La pieza ya esta lista en la mayoría de los casos, pero si fuese una pieza en la que se hizo en bruto en fundición para luego maquinar, esta se mete al torno o las fresadoras CNC y se maquina.

FYMTEX es una empresa rentable y aunque el proceso funciona, aun tiene muchas áreas de oportunidad para mejorar la productividad.

Se han realizado visitas técnicas y se ha observado lo siguiente: tiene deficiencias en el área donde se fabrican los corazones ya que se realiza el trabajo con material anticuado, que aunque cumple su función es cansado y tedioso para el operador. En esta área, la zona en que se fabrican estas piezas requiere de una placa de acero caliente debido a que la arena se cocina a altas temperaturas para que la pieza tenga la dureza requerida. Los tiempos muertos del trabajador provocan que la placa se enfríe y al momento de continuar produciendo corazones, se genera un gasto de gas importante para elevar la temperatura necesaria para este proceso. Este tiempo muerto en esta área es originada por la ausencia de personal y de equipo en el área de vaciado. Bajo la filosofía “todos le echamos montón” y debido a que el proceso de vaciado es una actividad de alto riesgo como se muestra en la figura 1.17. el acero fundido es vertido a una temperatura promedio de 1700°C, para esto y evitar algún accidente, el personal de las demás áreas descuida sus áreas de trabajo para ayudar a sus compañeros que están en el área de vaciado.

Adicionalmente, en la logística interna de la empresa se tienen muchos elementos obsoletos y en algunos casos no los tiene, éstos elementos se describirán con más detalle en las páginas siguientes, se analizarán y en algunos casos se propondrán soluciones idóneas a la empresa.

1.5. Proceso de maquinado

El proceso de maquinado empieza con el diseño de una pieza, ya sea que llegue de la fundición una forma básica o que se empiece de cero con una barra de metal.

Se hace el plano de la pieza con sus dimensiones finales y se pasa al operario de la maquina; estas pueden ser: torno, fresadora, taladro o máquina CNC.

Para fabricar la pieza, los materiales de trabajo se colocan en la máquina y se empieza el maquinado, revisando a detalle las dimensiones especificadas con anterioridad. Una vez que

se concluye la forma básica, se revisa con detalle y se prosigue al siguiente proceso; en este caso, pasa a un maquinado de cuerda o algún barreno (agujero).

Por lo general, las piezas que llegan de la fundición al área de maquinado solo necesitan un maquinado de cuerdas y/o de barrenos. Al concluir estas actividades, la pieza esta lista y se embala.

1.6. Productos

La empresa tiene capacidad para producir piezas en acero que van desde 0.30 a 450 kg, en Hierro de 0.20 a 700 kg y en Aluminio de 0.10 a 20 kg.

Se han fabricado piezas para la industria petroquímica, minera, agrícola, ferroviaria y de válvulas entre otras.

En el área de maquinado se fabrican y se acondicionan diversas piezas y partes especiales para la industria en general. En el área de maquinado se han fabricado y/o adaptado piezas como: válvulas, carcasas, tapas, discos, volantes, chumaceras, parrillas, guardas, placas, martillos, impulsores, etc.

1.7. Clientes¹

- CMS International, S.A. de C.V.
- Herramientas para tubos Right, S.A. de C.V.
- Doorr-Oliver, S.A. de C.V.
- Andamios Atlas, S.A. de C.V.
- Álcarez Automotriz, S.A. de C.V.
- Industria Cementera Hondureña, S.A. de C.V.
- Mopesa Motores Power, S.A. de C.V.
- Riva, S.A. de C.V.
- Gleason, S.A. de C.V.
- Herrajes y Acabados Metálicos, S.A. de C.V.
- Diseño y Maquinados Metálicos, S.A. de C.V.
- Myresa, S.A. de C.V.
- US Filter Chem Feed, S.A. de C.V.
- Fábrica de Papel San José, S.A. de C.V.
- Dual Talleres Metal Mecánica, S.A. de C.V.
- Born Inc.
- Maquinados Hidráulicos, S.A. de C.V.

¹ <http://www.fymtex.com/spa/clientes.html>

1.8. Política de calidad

“Fundiciones y maquinaria de Texcoco SA de CV se compromete a ser una compañía rentable que satisfaga el desarrollo y manufactura de productos de fundición; cumpliendo con los requerimientos de los clientes, mediante la mejora continua dentro del marco de nuestro sistema de gestión de calidad”. Ver Anexo 1.

1.9. Objetivos de calidad

- 1.- Implementar el sistema de Gestión de calidad en piso, en el 2013 con base en la norma ISO-9001:2008.
- 2.- Cumplimiento mensual a los indicadores de planta.
- 3.- Mantener los niveles de satisfacción del cliente en un 80%, en el año 2013. Ver Anexo 2.

1.10. Problema por resolver

Lo deseable en las operaciones diarias del proceso de fundición de FYMTEX es aumentar la productividad de FYMTEX mediante el desarrollo de una propuesta de mejora en el proceso de fundición. También es deseable evitar el re-trabajo, evitar consumir recursos materiales que pueden ser utilizados en otras áreas dentro de la empresa y una mejora de la comunicación de las áreas para evitar tiempos muertos y transporte innecesario generados por alguna confusión.

Un manejo adecuado del inventario es básico para tener todo en orden en el área de fundición. En este caso el inventario está constituido por: moldes y modelos cuyo manejo debe estar basado en una clasificación por tamaño; todo esto en un lugar asignado estratégicamente para que no obstruya el libre tránsito de los operadores que laboran y al mismo tiempo se tenga un acceso rápido y confiable en caso que se requiera. El problemática a resolver es la falta de orden así como una mala distribución de planta de algunas áreas que se traduce en una baja productividad.

Objetivo general

Desarrollar una propuesta de mejora para el proceso de fundición de acero de una micro empresa familiar, para incrementar su productividad reduciendo los 7 desperdicios basado *Lean Manufacturing* utilizando el software SIMIO.

Objetivos específicos

1. Describir la problemática de las operaciones del proceso de fundición de FYMTEX definiendo el problema de productividad a resolver.
2. Revisar en la literatura los conceptos básicos de *Lean Manufacturing*, los 7 desperdicios, la metodología así como las herramientas principales utilizadas para reducir los desperdicios. Aplicar los conceptos de la herramienta 5's a la situación operativa actual del proceso de fundición de FYMTEX.
3. Diseñar y desarrollar una propuesta de mejora para el proceso de fundición de acero de FYMTEX usando el software SIMIO.
4. Analizar la mejora en la productividad del proceso de fundición utilizando como base los resultados obtenidos en la ejecución de la simulación.

CAPÍTULO 2. Revisión de la metodología *Lean Manufacturing*

2.1. Concepto²

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción concentrándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos a éstos como aquellos procesos o actividades que no agregan valor al producto. Cada uno de estos “desperdicios” se abordan con más a profundidad en el siguiente capítulo.

Lean Manufacturing, mira lo que no se debería de hacer porque no se agrega valor al producto ni al cliente. Los beneficios que se obtienen en una implantación *Lean* son evidentes y están demostrados. En la Figura 2.1., se muestra el resultado del estudio realizado por *Aberdeen Group* entre 300 empresas implantadoras estadounidenses que muestra reducciones del 20% al 50% en los aspectos importantes de la fabricación.

Estudio que demuestra reducciones del 20% al 50% en aspectos importantes de la fabricación usando *Lean manufacturing*.

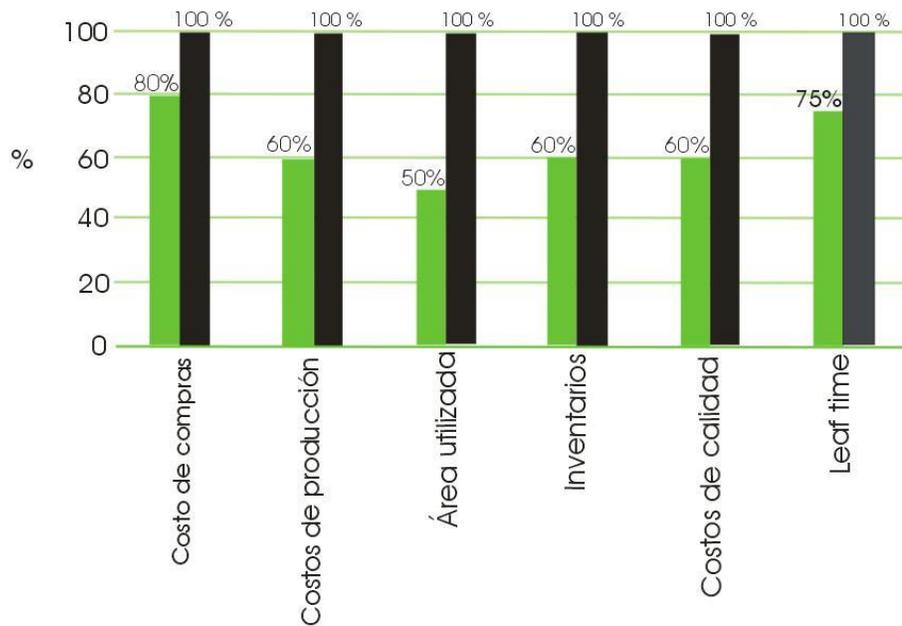


Figura 2.1. Resultado del estudio realizado por *Aberdeen Group*.

(Fuente: Estudio 300 empresas *Aberdeen Group*, 2004)

² Juan Carlos Hernández Matías, Antonio Vizán Idoipe. *Lean Manufacturing, Conceptos, Técnicas e Implantación*, Escuela de Organización Industrial. 2013.

El objetivo final es el de generar una nueva cultura de la mejora basada en la comunicación y en el trabajo en equipo; para ello es indispensable adaptar el método a cada caso concreto. La filosofía Lean no da nada por sentado y busca continuamente nuevas formas de hacer las cosas de manera más ágil, flexible y económica.

La cultura Lean no es algo que empiece y acabe, es algo que debe tratarse como una transformación cultural y se pretende que sea duradera y sostenible, es un conjunto de técnicas centradas en el valor añadido y en las personas.

2.2. Orígenes y antecedentes³

La mayoría de la gente entiende que los conceptos y las prácticas de *Lean Manufacturing* fueron desarrollados para el sistema de producción Toyota. Esto es correcto, sin embargo los conceptos de *Lean Manufacturing* fueron usados por otros sistemas antes de Toyota. Los fabricantes de Ford usaron conceptos similares para fabricar su modelo T. La idea de Henry Ford sobre líneas continuas de ensamblaje y sistemas de flujo son consideradas como conceptos importantes de *Lean Manufacturing*.

El Ford Production System decayó eventualmente con el tiempo debido a problemas inherentes al sistema. La mala actitud hacia los trabajadores y la inflexibilidad del sistema fueron factores principales en el sistema Ford.

El siguiente paso de esta revolución de la manufactura comenzó en Japón, con la familia Toyoda, cuando cambiaron la máquina de fabricación textil por maquinaria de fabricación automotriz. A finales de los años 40, la industria japonesa colapsó y la economía se vio afectada por la Segunda Guerra Mundial. Además, los fabricantes japoneses tuvieron muchos problemas tales como: fuentes limitadas de materias primas, movimientos obreros y disponibilidad limitada de capital, entre otros. Mientras tanto, los fabricantes de automóviles tenían otro problema ya que no podían competir con las fuerzas ya existentes (en decadencia) de occidente. Especialmente algunos como Ford, simplemente eran superiores a fabricantes pequeños como Toyota. Así que los empresarios japoneses tuvieron que producir para los mercados locales, los cuales eran diversificados y pequeños.

Enfrentada a estos retos, Toyota asignó la tarea de hacer un sistema que soportara estas condiciones a Taiichi Ohno. Él junto con su colega Shingo crearon un sistema de manufactura para las próximas tres décadas, que es conocido como TPS (Toyota Production System). Las raíces de este sistema estaban claramente ligadas al sistema de Ford. De hecho todos los gerentes en Toyota afirmaban conocer el sistema Ford.

Afortunadamente, ellos no copiaron simplemente el sistema, sino que entendieron las ventajas y desventajas del sistema. Aplicaron las ventajas a su sistema, mientras que

³ BENJAMIN CORIAT. Pensar al revés. Trabajo y Organización de la empresa Japonesa, editorial Siglo XXI, 1992.

eliminaron los problemas. Este método de fabricación recibió influencias de los movimientos de calidad en Estados Unidos de América especialmente de gente como Juran y Deming.

Desde mediados de la década de los 40 hasta los años 70's, el TPS fue mejorado continuamente y estaba funcionando bien. Con los problemas económicos que Japón enfrentó en 1974, varias compañías japonesas tuvieron pérdidas económicas. Sin embargo Toyota continuó siendo exitosa, lo cual provocó que varios fabricantes japoneses se fijaran en este sistema como una alternativa a sus problemas y el TPS comenzó a ganar popularidad dentro de Japón.

Los fabricantes estadounidenses se preguntaban sobre el crecimiento de la industria japonesa. Norman Bodek es el primero en publicar el trabajo de Ohno y Shingo en inglés. Esto hizo que los empresarios estadounidenses se percataran de *Lean Manufacturing*.

“*Lean*” se convirtió en una palabra de moda en la industria manufacturera. Para mediados de los 90's bastantes fabricantes estadounidenses ya usaban este sistema con buenos resultados.

Hoy, *Lean Manufacturing* ha comenzado el próximo paso en su desarrollo. Los fabricantes esbeltos se están convirtiendo en empresas esbeltas. *Lean Manufacturing* se expande de las premisas de fábrica a todos los pilares, incluyendo a proveedores, clientes y todas las partes que tienen influencia. Los conceptos de empresa esbelta se enfocan a toda la cadena de fabricación para obtener el mejor valor posible del esfuerzo colectivo.

Los conceptos de *Lean Manufacturing* se han desarrollado durante las últimas cinco o seis décadas, principalmente en Japón en especial para el sistema de producción Toyota. Estos conceptos fueron puestos a prueba durante muchos años y han pasado la prueba del tiempo fácilmente.

Lean Manufacturing revolucionó el proceso de manufactura. No fue simplemente un buen enfoque de los procesos de manufactura existentes. Estas técnicas de manufactura son conceptualmente diferentes del proceso tradicional. Por ejemplo, la manufactura tradicional se basa en inventarios, pero *Lean Manufacturing* cuestiona el rol del inventario y lo define como un desperdicio en sí mismo y también en el reflejo de las imperfecciones que tiene un sistema. El ejemplo anterior muestra la diferencia conceptual entre el sistema de manufactura tradicional y el sistema de *Lean Manufacturing*.

Para la correcta comprensión del sistema, parece indispensable recordar, los grandes acontecimientos que marcaron su elaboración y terminación. La creación, la innovación, siempre nace de la necesidad. Buscar la “necesidad” o, mejor dicho, el conjunto de limitaciones, pero también de oportunidades, que determinaron esta acumulación particular de conocimientos prácticos sobre la organización que constituye el método Toyota.

Por lo tanto, se debe partir de algunos puntos de referencia cronológicos e históricos, es decir, un panorama cronológico: las cuatro fases y momentos clave de la concepción del sistema Toyota.

Se pueden distinguir las siguientes fases, casi sucesivas en la formación del método ohniano.

Fase 1 (1947-1950): Importación a la industria automotriz de las innovaciones técnico-organizativas heredadas de la experiencia textil.

De 1947 a 1950: se realizan las primeras innovaciones en la organización que tienen por objeto introducir la automatización en la industria automotriz: al iniciar la producción automotriz, Toyota no hace más que aprovechar el capital de conocimiento práctico adquirido en la rama textil, esfera inicial de actividad de la sociedad. Sin embargo, la innovación introducida (que consiste en confiar a un mismo obrero el manejo y la administración simultáneos de varias máquinas) requiere a la vez una organización y una adaptación del espacio de las plantas totalmente distinta, así como otro modo de empleo de la fuerza de trabajo, esas primeras innovaciones no dejaron de suscitar una intensa actividad de resistencia por parte de los obreros calificados japoneses.

Fase 2: el impacto de los años 1949-1950 y su significado: aumentar la producción sin aumentar los efectivos.

Los años 1949-1950 constituyen por si mismos un momento fundamental en la historia del sistema así como en la historia de la empresa automotriz en su conjunto. Tres series de acontecimientos clave se suceden en el transcurso de este breve periodo.

El primer acontecimiento tiene lugar durante 1949: consiste en una crisis financiera muy grave de la sociedad que la lleva al borde de la quiebra. Ésta sólo se evitaría a costa de la instauración de un drástico plan impuesto por un grupo bancario.

Ante todo, estalla una huelga de enorme importancia (en parte vinculada a las reestructuraciones impuestas por el grupo bancario ya mencionado), huelga que terminara con el despido de unos 160 obreros y la dimisión del presidente fundador, Kiichiro Toyodi.

Apenas terminada la huelga que ha desangrado a la fábrica de una parte importante de su personal, se desencadena la guerra en Corea. La consecuencia es que se hacen pedidos masivos a Toyota, que hasta entonces se restringía, muy a su pesar, a la producción en pequeño volumen.

Esta situación paradójica de solicitud de pedidos en un momento en el que la fábrica acaba de despedir a gran parte de su personal, concluirá a soluciones originales e innovadoras. La empresa se ve forzada a buscar los medios para aumentar vigorosamente su oferta de productos sin tener que recurrir a la contratación, pues acaba de hacer un drástico despido y por ello no puede aumentar su personal sin quedar en ridículo.

Fase 3 (los años cincuenta): La importación a la fabricación automotriz de las técnicas de gestión de las existencias en los supermercados estadounidenses: nacimiento del Kanban (Herramienta basada en el uso de tarjetas para controlar producción y mejorar procesos, se basa en el principio: es mejor “jalar que empujar”).

Los años cincuenta y el comienzo de los sesenta son en los que se introduce el método Kanban. Éste resultará de la coincidencia de dos acontecimientos. Todo comenzó cuando el presidente fundador formuló esta reflexión con respecto a sus pesquisas sobre los métodos estadounidenses: “Lo ideal sería producir justo lo necesario y hacerlo justo a tiempo”. Esta reflexión, la confía a Ohno, a quien le causó una fortísima impresión, encontrará una especie de primera realización en la observación del sistema de reabastecimiento de los supermercados, técnica que se presenta en ese entonces como una innovación en la organización de gran importancia en el sector comercial.

Según Ohno, y a pesar de numerosas y vivas resistencias tanto de los mandos intermedios como del Rank and file de la sociedad, el sistema se extenderá progresivamente del departamento de ensamblado de la fábrica principal (uno de los grandes departamentos con los que la fábrica cuenta en aquél entonces) a la nueva fábrica de Motomachi (de la que Ohno es director en 1959), al parecer, en 1962 la parte esencial de los establecimientos Toyota funciona según el método Kanban.

Fase 4: Extensión del método Kanban a los subcontratistas.

De 1962 a después de 1973 el esfuerzo se dirige a los subcontratistas y abastecedores, al tiempo que el sistema sufre numerosos desarrollos y perfeccionamientos internamente. Se debe recordar que tras el impacto petrolero de 1978, Japón enfrenta un periodo que creía ya caduco: el del crecimiento lento (e incluso crecimiento negativo). Situación, en la que el método Ohno hace maravillas, pues se concibió desde su origen para enfrentar situaciones de búsqueda de ganancias de productividad a falta de incremento de dimensiones y de economías de escala.

2.3. Filosofía Lean Manufacturing⁴

Frente al implacable ataque de la competencia mundial, la industria no debe decidir si debe cambiar, sino cómo debe ser el cambio. Dejar las cosas como están es una opción fatal, pudiendo sólo elegir entre controlar el propio cambio o permitir que lo controle la competencia. El sistema *Lean Manufacturing* no es lo único que necesita una empresa para competir, pero es ya evidente que nadie seguirá siendo competitivo por mucho tiempo sin las posibilidades de avance que dicho sistema ofrece. No importa cuán elevado sea el desempeño

⁴ BENJAMIN CORIAT. Pensar al revés. Trabajo y Organización de la Empresa Japonesa, editorial Siglo XXI, 1992.

actual, cualquier disminución en el esfuerzo dará como resultado pérdida en la posición, por tal motivo la mejora continua es un imperativo presente en los negocios, y debe ser buscado con vigor.

Una forma excelente de comprender las posibilidades del sistema *Lean Manufacturing* es imaginar un oleoducto que recorra toda la fábrica. En uno de los extremos pagamos a nuestros proveedores el material que entra en el oleoducto. En el otro extremo, nuestros clientes nos pagan los productos que les enviamos. Nuestro objetivo es reducir el plazo entre el pago, en un extremo, y el cobro, en el otro. Por lo tanto, necesitamos mover el material a lo largo del oleoducto con mayor rapidez. Un oleoducto grueso nos permitirá hacer envíos, pero lentamente. Con un oleoducto más delgado se puede conseguir la misma tasa de envíos si aceleramos la velocidad de flujo en su interior. Si nuestro plazo de producción es menor, podremos además responder mejor a los cambios que se originen en el mercado.

Lean Manufacturing es una extensión del concepto original de la administración del flujo de materiales para reducir los niveles de inventario. Sin embargo, existen muchas más cosas involucradas en una empresa de manufactura, además de reducir los inventarios para obtener el control de los costos. La manufactura tiene que ver con otros asuntos, como la regulación del proceso, el nivel de automatización, la manufactura flexible, el establecimiento de tiempos de arranque para la maquinaria, la productividad de la mano de obra directa, los gastos de administración, la administración de los proveedores, el soporte de ingeniería y la calidad del producto que debe ser entregado a los clientes.

Lean Manufacturing es una filosofía de gestión enfocada a la reducción de los 7 desperdicios (sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimientos y defectos) en productos manufacturados y de servicio. Eliminando el despilfarro, la calidad mejora y el tiempo de producción y el costo se reducen. Las herramientas “*lean*” (en inglés, esbelto) incluyen procesos continuos de análisis (Kaizen), “pull production” (en el sentido de Kanban, y elementos y procesos Poka Yoke).

Los principios clave de *Lean Manufacturing* son:

- ✓ Calidad perfecta a la primera: búsqueda de ceros defectos, detención y solución de los problemas en su origen.
- ✓ Minimización del despilfarro: eliminación de todas las actividades que no son de valor agregado, optimización del uso de los recursos escasos (capital, gente y espacio).
- ✓ Mejora continua: reducción de costos, mejora de la calidad, aumento de la productividad y compartir la información.
- ✓ Procesos “pull” (jalar): los productos son jalados (en el sentido de los solicitados) por el cliente final, no empujados por el final de la producción.

- ✓ Flexibilidad: producir rápidamente diferentes mezclas de gran variedad de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción.
- ✓ Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores tomando acuerdos para compartir el riesgo, los costos y la información.

Lean Manufacturing es básicamente todo lo que tiene que ver con obtener las cosas correctas en el lugar correcto, en el tiempo correcto, en la cantidad correcta, minimizando el despilfarro, siendo flexible y estando abierto al cambio.

El sistema *Lean Manufacturing* está asociado fuertemente al sentido común y por eso su implantación exige una adecuada preparación donde todos, directivos y empleados estén comprometidos a cambiar sus forma de pensar y de trabajar. También es importante el desarrollo de un pensamiento estratégico que permita “hacer más con menos” y brindar una manera de hacer el trabajo en un ambiente más agradable y satisfactorio, para convertir el desperdicio en valor. Definitivamente se debe aprender a trabajar en equipo. Además, para implantar en las empresas un sistema tan sencillo en el procedimiento, pero complejo en su filosofía, es determinante el compromiso de la alta dirección, que con sentido común y suficientes recursos económicos debe invertir en formación para respaldar esta clase de proyectos. Condiciones de éxito para Lean

VSM: *Value Stream Mapping*, ayuda visualizar los flujos del proceso y a definir la visión futura. 5S: Orden y Limpieza, aporta un valor elevado a la visibilidad en el proceso de producción.

QFD: *Quality Function Deployment*, traduce los requisitos del cliente en especificaciones del producto y el proceso.

TPM: *Total Productive Maintenance*, ayuda a optimizar los equipos e instalaciones productivas. KANBAN: Que constituye una forma eficiente de suministro de materiales a las líneas de producción.

SMED: *Single Minute Exchange of die*, reduce el tiempo de cambio en una línea de producción permitiendo una reducción del tamaño de lote.

Organización tradicional vs Organización Lean

Concepto	Organización tradicional	Organización Lean
Inventario	Un activo	Un desperdicio.
Utilización de Gente	Todas las personas deben de estar preocupadas en todo momento.	El trabajo se realiza conforme a la demanda del cliente, por lo que las personas podrían estar no ocupadas.

Utilización del proceso	De alta velocidad y ejecutar los procesos todo el tiempo.	Procesos deben de estar diseñados solo para cumplir con la demanda del cliente.
Programación del Trabajo	Producir en base a pronósticos de ventas.	Producir en base a la demanda de los clientes.
Costo mano de obra	Variable.	Fijo.
Grupos de trabajo	Áreas funcionales.	Equipos multi-funcionales.
Calidad	Inspección al final del proceso.	Procesos, productos y servicios están diseñados para eliminar errores.

Tabla 2.2. Organización Lean vs Organización Tradicional.

(Fuente: Elaboración propia)

La tabla, muestra un comparativo entre la organización tradicional y la *Lean*.

2.4. Ventaja competitiva⁵

La elaboración de una estrategia competitiva a nivel de negocio supone definir aquella o aquellas variables en que se quiere ser superior a la competencia y que hacen que los clientes compren nuestros productos y/o servicios y no los de la competencia. Se enumeran cinco variables que servirán de base para conseguir esa ventaja competitiva: costo, calidad, servicio, flexibilidad e innovación.

- ✓ **Costo:** consiguiendo colocar en el mercado productos de bajo costo unitario fabricándolos, por ejemplo, con sistemas de producción y distribución altamente productivos, invirtiendo en equipos especializados que permitan la producción en masa.
- ✓ **Calidad:** mediante el diseño de productos fiables y fabricando artículos sin defectos. Llegando a conseguir el binomio marca-calidad. (Minolta en máquinas fotográficas, Ferrari en automóviles, Seiko en relojes).
- ✓ **Servicio:** asegurando los compromisos de entrega de los productos tanto en calidad como en fecha y precio. Dando unos niveles de asistencia post-venta adecuados.
- ✓ **Flexibilidad:** siendo capaces de adaptarse a las variaciones de la demanda a los cambios en el mercado, en tecnología, modificando los productos o los volúmenes de producción.

⁵ BENJAMIN CORIAT. Pensar al revés. Trabajo y Organización de la Empresa Japonesa, editorial Siglo XXI, 1992.

- ✓ **Innovación:** desarrollando nuevos productos, nuevas tecnologías de producción sistemas de gestión.

Cada empresa debe decidir con qué variable quiere competir en el mercado, en qué quiere ser superior a la competencia. En base a esta decisión se deberán articular las demás decisiones que se tomen en el área de producción y que constituirán la estrategia de producción de la empresa.

Se debe tener en cuenta además, que las variables elegidas para conseguir la ventaja competitiva van ligadas al ciclo de vida del producto, es decir, la forma de competir dependerá de cual sea la fase en que se encuentre el producto en su evolución. Así, mientras que en la fase de crecimiento son claves para adquirir ventaja competitiva la calidad y el servicio, en la fase de declive es clave el precio del producto.

Una vez que se establecen las variables con las que una empresa puede competir en el mercado para conseguir que sus productos sean los preferidos por los consumidores, todas las decisiones que se tomen en producción, deberán estar de acuerdo con ellas. Este conjunto de decisiones constituye lo que se denomina estrategia de producción.

2.5. Concepto de MUDA⁶

En un sistema *Lean Manufacturing*, la muda se define como cualquier actividad que no aporta valor añadido al producto y al cliente. Es el uso de recursos por encima del mínimo teórico necesario (mano de obra, equipos, tiempo, espacio, energía, etc), en esencia, cualquier recurso que no intervenga activamente en un proceso que añada valor se encuentra en estado de desperdicio (muda en japonés).

Muda es un término de origen japonés que se refiere al desperdicio, lo cual se define como cualquier cosa distinta a la mínima cantidad de equipo, materiales, partes, espacio y tiempo de los trabajadores que sean absolutamente esencial para agregar valor al producto final o servicio, es decir, la muda no agrega valor.

Se pueden tener varias causas por las cuales se origina la muda, entre algunas de ellas están: la distribución (distancia) entre las máquinas, tiempo de preparación de éstas, procesos inadecuados, falta de capacitación, planeación de la producción no efectiva, el exceso de existencias, los plazos de preparación, la inspección, el movimiento de materiales, las transacciones o los rechazos.

⁶ BENJAMIN CORIAT. Pensar al revés. Trabajo y Organización de la Empresa Japonesa, editorial Siglo XXI, 1992.

2.6. Definición de los 7+1 desperdicios o MUDAS

Los 7+1 desperdicios se puede definir como toda aquella actividad en un proceso de producción de un producto en el cual no se agrega valor al mismo.

2.6.1. Los 7 desperdicios o MUDAS⁷

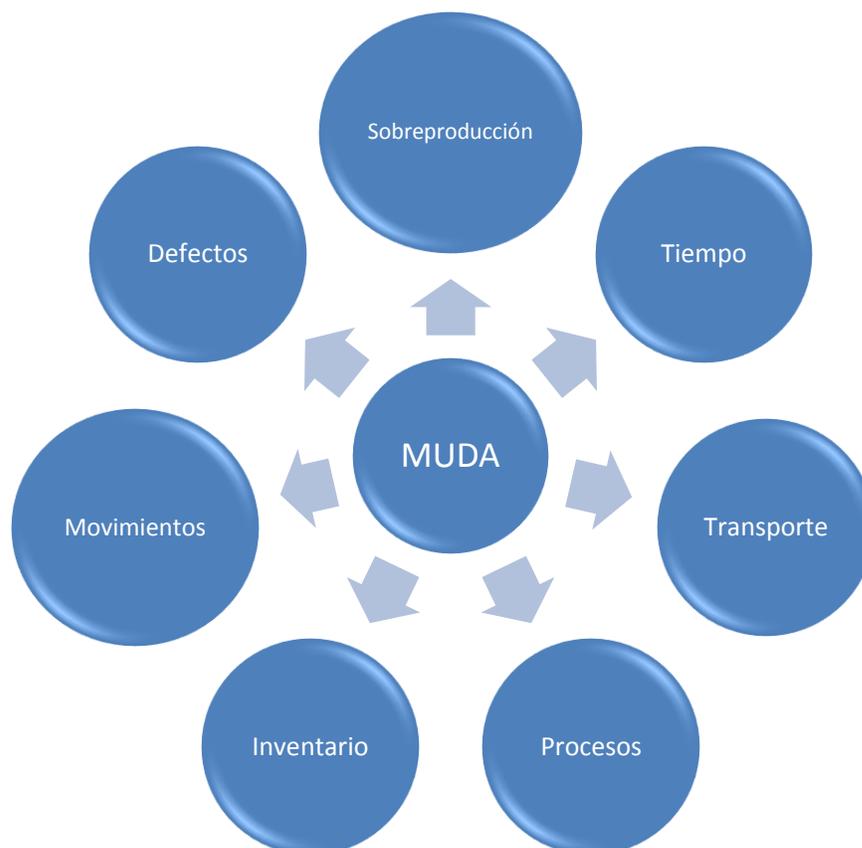


Figura 2.3. Los 7 desperdicios o MUDAS.

(Fuente: Elaboración propia, 2015)

El desperdicio, cuesta dinero, consume el tiempo requerido para construir un producto y entregarlo al cliente, evita que la compañía sea menos productiva con los recursos actuales, el desperdicio incrementa los costos sin aportar ningún beneficio reduciendo nuestra competitividad en el mercado. Existen 7+1 desperdicios: sobreproducción, transporte, tiempo de espera, procesos innecesarios, sobre inventario, defectos, movimientos innecesarios del operador. A continuación se presentan cada uno de estos 7 desperdicios, con la teoría en general y la relación que existe cada uno de estos desperdicios con la empresa FYMTEX.

⁷ LUIS SOCCONINI. Lean Manufacturing paso a paso, editorial norma, 2008.

2.6.1.1. Sobreproducción: Procesar artículos más temprano o en mayor cantidad que la requerida por el cliente. Se considera como el principal y la causa de la mayoría de los otros desperdicios.



Figura 2.4. Sobreproducción.

(Fuente: Elaboración propia, 2015)

Características de la sobreproducción:

- Inventario acumulado.
- Exceso de equipo de gran capacidad.
- Flujo desbalanceado de material.
- Espacio excesivo para almacenamiento.
- Más mano de obra de la necesaria
- Administración compleja de inventarios.
- Demasiada capacidad instalada/inversión.
- Grandes espacios en el piso.
- Problemas ocultos.
- Sensación de ambiente de trabajo inseguro.
- Obsolescencia de los materiales.
- Lotes de fabricación de un tamaño excesivo.
- Fabricación anticipada.

Causas de la sobreproducción

- La producción se adelanta “por si acaso” (Just in case).

- La comunicación entre departamentos y/o con el cliente es mala o no existe.
- La optimización de las maquinas se hace en forma individual, sin tener una visión global de la cadena de valor.
- Automatización de operaciones que no lo requieren.
- Cambios y reajustes muy lentos
- Practicas de contabilidad de costos inadecuadas para la toma de decisiones en piso.
- Insuficiente mantenimiento preventivo.
- Falta de conciencia en la programación de la producción.
- Enfoque en las expectativas optimistas de los pronósticos de venta
- Procesos con capacidad potencial muy baja.

La sobreproducción en FYMTEX se produce por que se adelanta la producción en otras áreas, por lo general son áreas que están antes de los procesos, por ejemplo, la producción excesiva de moldes, estos moldes se van a ir almacenando en una zona dentro de la empresa hasta que el metal esté listo como se explico en el capítulo anterior.

Otra a causa es la falta de comunicación que existe entre las áreas lo que ocasiona en exceso de producción de moldes. A esto se le suma la mala programación de la producción ya que al no llevar un control de la producción diaria, el operador realizará los moldes que pueda en la jornada de trabajo sin importar si son muchos o pocos, esto sumado a la baja capacitación del operador.

2.6.1.2. Transporte: Mover trabajo en proceso de un lado a otro, incluso cuando se recorren distancias cortas; también incluye el movimiento de materiales, partes o producto terminado hacia y desde el almacenamiento. Cabe aclarar que nos referimos en este caso al transporte dentro de las instalaciones de la empresa, y no a la entrega del producto a los clientes o centros de distribución.



Figura 2.5. Transporte.

(Fuente: Elaboración propia, 2015)

Características del transporte

- Exceso de equipo para transportar materiales en montacargas.
- Exceso de bandas transportadoras, rampas o tuberías.
- Demasiados sitios de almacenamiento.
- Exceso de estantes o racks para materiales.
- Mala administración de los inventarios.
- Inadecuado diseño y aprovechamiento de las instalaciones.
- Mal control de los inventarios.
- Demasiado personal para el transporte de materiales.
- Distancias largas entre procesos y almacenes.

Causas del transporte

- Fabricación de lotes de producción muy grandes.
- Programas de producción inconsistentes y con muchos cambios.
- Falta de programas de producción.
- Falta de organización en el lugar de trabajo.
- Distribución inadecuada de las instalaciones.
- Cambios en los productos sin hacer los cambios correspondientes en los procesos.
- Adquisición de maquinas más eficientes de lo necesario.

- Inventario excesivo de productos en proceso.
- Inversión en horas extras de producción sin contar con un programa definido.

En el caso del transporte en FYMTEX, solo se cuenta con el talento humano, una grúa y un montacargas para mover los moldes y piezas de un área a otra. El problema de transporte se agrava cuando se producen moldes y se transportan al área de vaciado uno por uno, cuando está listo un molde, el mismo operador de la maquina lleva el molde, lo deja y regresa, fabrica otro molde, lo lleva y regresa, esto ocasiona un tránsito excesivo en un sector de la empresa ya que también hay operadores trasladándose. A este problema se le suma la mala distribución de las áreas alrededor de la empresa así como la falta de organización y de un transporte adecuado para los moldes.

2.6.1.3. Tiempo de espera: tiempo que se pierde cuando un operador espera a que su máquina termine su trabajo, cuando las máquinas se detienen en espera de que el operador haga algún ajuste, o incluso cuando tanto el operador como la máquina están en espera de materiales, herramientas o instrucciones.



Figura 2.6. Tiempo de espera.

(Fuente: Elaboración propia, 2015)

Características de la espera

- El operador espera a que la máquina termine su ciclo de procesamiento.
- La máquina espera a que el operario termine su ciclo.
- Los tiempos necesarios para el cambio de un producto o para la preparación de una máquina obligan a esperar a la gente.
- Un operario espera a otro operario para poder empezar o terminar su trabajo.

- El operario y la máquina están en espera de instrucciones, de un programa o de materiales.
- Despreocupación por las fallas de los equipos.
- Paros inesperados de equipo.

Causas de la espera

- Mala programación de la producción.
- Poco control de la producción.
- Desequilibrio de las operaciones.
- Falta de programación de los cambios de producto.
- Programación inadecuada de tiempos extras.
- No se cuenta con la maquinaria adecuada.
- Se emplea demasiado personal.
- El trabajo se organiza por departamentos y existe demasiada especialización.
- Falta de programas de capacitación en multi-habilidades.
- Falta de capacitación de los operadores.

Este punto dentro de FYMTEX, es originado por el poco control en algunas áreas como la de moldeo, el no contar con máquinas adecuadas y modernas. Todo esto provoca que las áreas anteriores o posteriores estén detenidas. Causando una cola de moldes y de piezas terminadas. El proceso que más altera este equilibrio es el área de fundición ya que por su naturaleza se debe de esperar a que el metal esté completamente líquido y con las características químicas necesarias lo cual lleva tiempo y detiene la producción de las áreas anteriores y las que siguen a este paso.

2.6.1.4. *Sobre-procesamiento, procesos inapropiados o innecesarios:* Realizar procedimientos innecesarios para procesar artículos, utilizar las herramientas o equipos inapropiados o proveer niveles de calidad más altos que los requeridos por el cliente.



Figura 2.7. Sobre- procesamiento.
(Fuente: Elaboración propia, 2015)

Características de los procesos innecesarios

- Presencia de cuellos de botella.
- Falta de especificaciones claras por parte del cliente.
- Exceso de inspecciones o verificaciones.
- Falta de equipos con dispositivos a prueba de errores.
- Algunas estaciones permanecen detenidas mientras se hace trabajo administrativo.
- Información excesiva (en el proceso se cuenta con muchos documentos que no se utilizan).

Causas de los procesos innecesarios

- Mala comprensión de los procesos.
- Se realizan cambios en ingeniería sin efectuar los cambios correspondientes en el proceso.
- Tecnología nueva mal utilizada.
- Toma de decisiones en niveles inadecuados.
- Políticas y procedimientos inadecuados.
- Falta de información de los requerimientos del cliente, así como de sus especificaciones.
- No se cuenta con una definición del proceso productivo, ni del flujo de proceso.

La falta de una buena comunicación con el cliente y los procedimientos inadecuados generan un sobre proceso que a su vez genera inventario, esto es debido a que no se realizó una pieza de buena calidad en el primer intento o un lote salió defectuoso por causa de una mala fabricación del molde, lo que ocasiona un retraso en las demás áreas así como un uso de recursos materiales innecesario para hacer las piezas defectuosas.

2.6.1.5. Exceso de inventario o sobre inventario: Excesivo almacenamiento de materia prima, producto en proceso y producto terminado. El principal problema con el exceso de inventario radica en que oculta problemas que se presentan en la empresa. Los inventarios se generan para evitar las siguientes ineficiencias:

- Pronósticos erróneos sobre la demanda esperada.
- Desequilibrio en la producción.
- Poca confianza en que no haya descomposturas en la maquinaria empleada para la producción.
- Desconocimiento de la capacidad real de producción.
- Producir para aumentar la eficiencia de equipos o áreas individuales.
- Procesos o maquinas separados grandes distancias.
- División del trabajo por lotes, lo que hace lento el proceso.
- Productos defectuosos que hay que sustituir mediante un aumento en la producción.
- Campañas masivas de re-trabajo cuando los defectos salen a flote.
- Tiempos muy altos para cambio de producto o preparación de maquinas.
- Distribución inadecuada de la planta.
- Altas holguras de producto sin plan de producción entre los procesos, con lo cual se ocultan los problemas.



Figura 2.8. Exceso de inventario.

(Fuente: Elaboración propia, 2015)

Características de los sobre inventarios:

- Espacios grandes en el andén de recepción de materias primas.
- Permanencia de las primeras entradas, en lugar de aplicar el principio “primeras entradas, primeras salidas”.
- Grandes cantidades de producto en espera de ser procesado.
- Grandes áreas destinadas al almacenamiento de producto (materias primas, materiales, producto en proceso, y producto terminado).
- Tiempos prolongados de proceso cuando se implementan cambios de ingeniería.
- Necesidad de recursos adicionales para el manejo de los materiales (hombres, equipo, estantes, almacenes, espacios, sistemas).
- Baja rotación de inventarios.

Causas de los sobre inventarios

- Escaso conocimiento de la velocidad con la que se presenta la demanda real.
- Procesos inadecuados para satisfacer los requerimientos y especificaciones de los clientes.
- Cuellos de botella sin control.
- Capacidad insuficiente de proveedores.
- Programación excesiva de tiempo extra.
- Malas decisiones administrativas.
- No se logra la optimización del trabajo de la gente y de los centros de trabajo.
- Bonos de productividad mal aplicados.

En este caso del exceso de inventario, FYMTEX tiene un problema muy notorio como ya se presenta en la figura 2.8. Éste problema que tiene la empresa es ocasionado principalmente por moldes que están en espera para que se les vacíe en acero, muchas veces estos moldes están por semanas obstruyendo los pasillos de la empresa, esto ocasionado por demoras del cliente para otorgar los recursos económicos a la empresa principalmente, otro motivo por el que se genera este inventario es porque no se tiene un orden dentro de la empresa y se tienen partes de máquinas, contenedores y materia prima diversa que solamente ocupa un espacio que puede ser utilizado por los moldes en espera y reducir el inventario y evitar las obstrucciones que se generan en los pasillos.

2.6.1.6. Defectos: repetición o corrección de procesos, también incluye re-trabajo en productos no conformes o devueltos por el cliente. Se refiere a la pérdida de los recursos empleados para producir un artículo o servicio defectuoso, ya que se invirtieron materiales, tiempo-maquina y, lo más importante, tiempo de una persona para realizar un trabajo que, a fin de cuentas no sirvió para agregar valor al cliente.



Figura 2.9. Defectos.

(Fuente: Elaboración propia, 2015)

Características que generan los defectos

- Exceso de operarios dedicados a inspeccionar, re-trabajar o reparar.
- Inventario acumulado específicamente para ser re-trabajado.
- Flujo completo del producto dentro de la planta.
- Producto o servicio de calidad cuestionable.
- Fallas en los embarques y en las entregas.
- Poca interacción entre cliente y proveedores.
- Pocas ganas debido a los re-trabajos, desechos y costos por primas de fletes urgentes y devoluciones.
- La organización se vuelve reactiva: se “apagan fuegos”.



Figura 2.10. Defectos.

(Fuente: Elaboración propia, 2015)

Causas de los defectos y retrabajos

- Procesos ineficientes.
- Variación excesiva en el proceso de la producción.
- Incapacidad de los proveedores.
- Falta de control del proceso.
- Falta de control de los errores del operario.
- Decisiones administrativas inadecuadas.
- Capacitación inadecuada.
- Equipo y herramientas inadecuadas.
- Distribución inadecuada de la planta o manejo excesivo de los materiales.
- Altos niveles de inventario.
- Malas condiciones ambientales.
- Falta de cultura de calidad.
- Falta de liderazgo en el tema de calidad.
- Desconocimiento de las causas de los problemas.

Los defectos en FYMTEX son excesivos debido a que la calidad de los moldes no son las adecuadas y genera defectos que deben ser retirados, ya sea con esmeril o con corte con acetileno para retirar el defecto que viene desde el inicio del proceso. También un modelo defectuoso por parte del cliente es motivo para que se produzca un defecto en la pieza que se va ir arrastrando todo el proceso hasta que se retire. Si los procesos de moldeo así como el

que llegue un modelo perfecto por parte del cliente, evitaría este paso en la empresa, ahorraría dinero y tiempo ya que por el tipo de material (acero) es muy tardado retirar.

2.6.1.7. Movimientos innecesarios del trabajador: Cualquier movimiento que el operario realice aparte de generar valor agregado al producto o servicio. Incluye a personas en la empresa subiendo y bajando por documentos, buscando, escogiendo, agachándose, etc. Incluso caminar innecesariamente es un desperdicio. Todos esos movimientos, además de los indispensables para el cliente toman tiempo y por ende, reducen la productividad de los procesos.



Figura 2.11. Movimientos innecesarios.

(Fuente: Elaboración propia, 2015)

Características de los movimientos innecesarios del trabajador

- Se emplea mucho tiempo en localizar materiales.
- Se emplea mucho tiempo en localizar personas e instrucciones.
- Se emplea mucho tiempo en localizar herramientas.
- Se realizan movimientos innecesarios al agacharse o caminar.
- Se realizan esfuerzos para alcanzar las herramientas o materiales en cada ciclo de trabajo.

Causas de los movimientos innecesarios del trabajador

- Distribución inadecuada de la planta.
- Mala organización del área de trabajo.
- Métodos de trabajo mal definido o sin actualizar.
- Lotes de producción grandes.
- Los equipos o las personas no trabajan a su máxima capacidad.
- Poco control de la producción.

Los movimientos innecesarios de los operadores de FYMTEX, van desde buscar herramienta hasta caminar trayectos que no son necesarios. Por ejemplo, en la cuestión de la búsqueda de herramientas, este fenómeno ocurre debido a que no hay herramientas para cada área, para cada trabajador lo que ocasiona que el operador ande por toda la empresa buscando su herramienta, caminando innecesariamente, lo que genera a su vez tiempos muertos, inventario momentáneo y espera en las demás áreas.

2.6.1.8. Talento Humano: Este es el octavo desperdicio y se refiere a no utilizar la creatividad e inteligencia de la fuerza de trabajo para eliminar desperdicios. Cuando los empleados no se han capacitado en los 7 desperdicios se pierde su aporte en ideas, oportunidades de mejoramiento, etc.

Como en toda empresa, el elemento más importante es el humano ya que es el que llevará a flote la empresa con sus habilidades propias de cada uno de los operadores. Cada persona es diferente y percibe a la empresa así como a su área de trabajo, sus condiciones y los procesos dependiendo de su experiencia, adecuada o no, por lo que el patrón debe de tomar en cuenta la opinión de cada uno de sus empleados para mejorar cada día.

2.7. Herramientas de *Lean Manufacturing*

Lean Manufacturing se apoya de herramientas para lograr el objetivo, algunas de ellas son las que se presentan en la Figura 2.12.

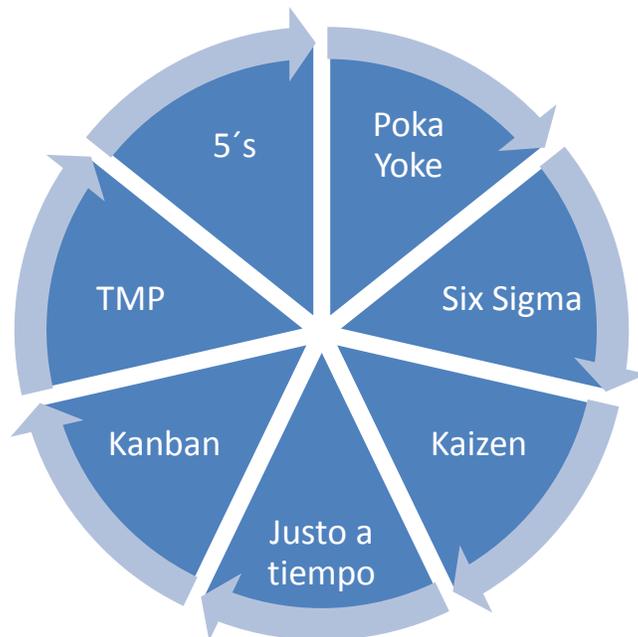


Figura 2.12. Herramientas de *Lean Manufacturing*.

(Fuente: Elaboración propia, 2015)

2.7.1. TPM (Mantenimiento Total Productivo, Total Productive Maintenance)

Es un sistema integral de actividades para mejorar la capacidad de las áreas a través de la eliminación de pérdidas que se presentan en el área de trabajo. Es un sistema donde cada uno de los elementos contribuye a la búsqueda de la perfección de las operaciones de la planta como a través de acciones ordenadas y con metodología específica que permite eliminar las pérdidas de los sistemas productivos.

Esta herramienta enfocada a eliminar los tiempos muertos de la maquinaria consiste de siete pasos:

1. Limpieza básica de maquina o equipo. Llevar a cabo la limpieza causada por operarios. Identificar y resaltar los defectos y los puntos débiles. Establecer reglas para una limpieza fácil y periódica así como el sostenimiento mínimo para mantener los resultados.
2. Prevención de fuentes de contaminación. Eliminar los defectos encontrados en el paso 1. Identificar y eliminar las fuentes de contaminación y suciedad mediante el uso de técnicas sistemáticas de análisis (ej. Análisis 5 Porque, Pareto, Diagrama de pescado, etc). Integrar operadores paso a paso en el proceso de mantenimiento.
3. Estándares de limpieza y reparación. Crear y aplicar estándares que prevengan contaminación y suciedad. Garantizar mantenimiento regular y reducir tiempos de limpieza y espera.
4. Capacitación para reparaciones independientes por operadores. Entrenar a los operadores en detectar componentes defectuosos y cuando estén funcionando mal para iniciar las mediciones correctas (ej. Desempeño de mantenimiento autónomo, reparaciones menores o llamar al personal de mantenimiento de manera oportuna).
5. Reparación independiente por operadores. El operador entrenado será el responsable de realizar el mantenimiento, durante los paros programados, así como en cualquier falla que se presente durante la operación continua, la responsabilidad del tiempo muerto causado por averías depende de él, se recomienda instalar sistemas de poka yoke para prevenir cualquier error y por lo tanto corregir la falla, antes de que esta genere algún tipo de defecto en el producto.
6. Estándares para asegurar procesos. Todo lo que se ha realizado deberá de estar documentado, asegurándose de mantener siempre las mejoras bajo el método científico y de validez que los procesos siempre se realizan de la misma forma.
7. Uso del Mantenimiento Autónomo. Lo que esta herramienta en general invita a hacer, es que el operador tome la responsabilidad del mantenimiento de su equipo trabajando en equipo con Mantenimiento, Coordinadores e Ingeniería para incrementar la efectividad general del equipo.

Para implantar la herramienta se requiere, de un gran esfuerzo por parte del departamento de mantenimiento, ya que está área es la encargada de documentar todos los

procedimientos de reparaciones, mejoras, lubricaciones, etc. Así como de tener un sistema inteligente donde cada pieza del almacén se tenga dada de alta con características como duración, donde se usa, cuando debe cambiarse, tiempo de uso, etc. Ellos serán los encargados de entrenar al resto del personal operativo en cada uno de los procedimientos generados y después serán auditores y asesores durante el mantenimiento, participarán en las reuniones para mejorar los procedimientos y recibirán retroalimentación al término de cada acción de mantenimiento para verificar que el sistema y el procedimiento no requiera ningún cambio y permitirse seguir siendo vigente.

2.7.2. Seis Sigma (Six Sigma)⁸

Six sigma es una Visión y una Filosofía de compromiso con los clientes para ofrecer productos con la más alta calidad y al menor costo. Técnicamente es una medida que demuestra niveles de calidad de ejecución al 99.9997% para productos y procesos. Además de una aplicación práctica de Herramientas y Métodos Estadísticos que permitan medir, analizar, mejorar y controlar los procesos y productos.⁹

La empresa que considera Six Sigma en sus procesos gasta sólo 5% de su ingreso en unidades monetarias de ventas en costo de fallas, produce 3.4 defectos por cada millón de oportunidades, confía en procesos eficaces que no producen fallas, reconoce que el productor de alta calidad sigue siendo el productor de costos bajos, utiliza pasos para Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar, Diseñar y Verificar; establece su propio *Benchmarking* contra el mejor, a nivel mundial.

2.7.2.1. Filosofía

Six Sigma considera que inicia y finaliza con el cliente final y el consumidor, entendiendo al cliente como la(s) persona(s) que está(n) enseguida del proceso. Puede ser interno o externo a la empresa.

Un requerimiento es un área, o función que será un factor para tomarse en cuenta al decidir una compra o al volver a comprar.

Algunos ejemplos de Requerimientos del Consumidor o de los Clientes son las siguientes:

- La estufa debe calentar a la temperatura seleccionada.

⁸ María del Rosario Álvarez Hernández, Miguel Corona González, Manuel Alejandro Rodríguez Valenzuela, Saavedra Moreno Iván. Propuesta de Implementación de *Lean Manufacturing* en el Departamento de Embarques y taller 21 de compañía Mexicana de Aviación S.A. de C.V. (Tesis de Licenciatura). Instituto Politécnico Nacional, México D.F. 2010.

⁹ <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4100002/lecciones/instrumentos/sigma.htm> (Agosto 2015).

- Toda queja debe ser solucionada con prontitud.
- La mercancía debe ser entregada y puesta en las bodegas a tiempo.

2.7.2.2. Six Sigma como una Medida

Sigma es una medida estadística de medida que refleja la capacidad del proceso. La escala Sigma de medida está perfectamente correlacionada con tales características como los defectos por unidad, partes por millón defectuosos y la probabilidad de falla/error.

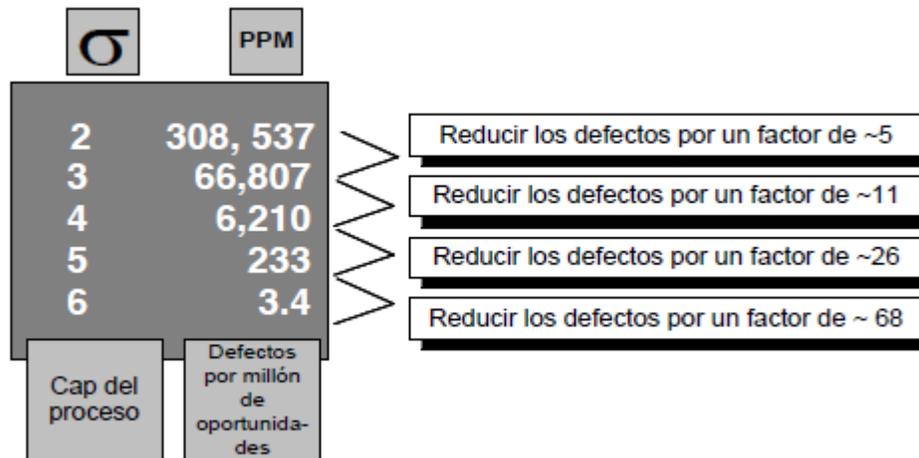


Figura 2.13. Distribución desplazada $\pm 1.5\sigma$

(Fuente: Adaptado de tesis, Miguel Corona González (2010))

Los niveles de defectos se reducen de manera exponencial conforme aumentan los niveles Sigma de un valor al siguiente.

Six Sigma utiliza algunas herramientas de calidad, tales como:

- Mapeo de procesos.
- Estructura de Árbol.
- Análisis de Pareto.
- Subgrupos racionales.
- Proceso de Línea Base.
- Análisis de Tolerancia.
- Búsqueda de componentes.
- Prueba de Hipótesis.
- Regresión.
- DDE (Diseño de Experimentos)
- CEP (Control Estadístico de Proceso)

Calidad Tradicional	Six Sigma
Centralizado	Los Black Belt reportan directamente dentro de las funciones
No hay una estructura formal para la aplicación de las herramientas	El uso estructurado de herramientas estadísticas para ayudar a solucionar problemas
Carece de soporte en el empleo de las herramientas	Estructura de apoyo para la gente que utiliza las herramientas
Para tomar decisiones se combinan datos con “presentimientos”	Decisiones basadas en datos
Enfocado hacia poner “remiendos o parches”	Causa raíz-solución sólida
Le falta capacitación estructurada	Entrenamiento estructurado en estadística aplicada
Inspección de calidad para detección de defectos (post-mortem)	

Figura 2.14. Diferencia de la Calidad Tradicional con Six Sigma.

(Fuente: Adaptado de tesis, Miguel Corona González (2010))

2.7.3. Mejora Continua (Kaizen)

2.7.3.1. Concepto¹⁰

Kaizen en su definición más sencilla quiere decir “Mejora continua”. De esta manera podemos decir que Kaizen es un sistema integral y sistémico destinado a mejorar tanto a las empresas, como a los procesos y actividades que las conforman, y a los individuos que son los que las hacen realidad. El objetivo primero y fundamental es mejorar para dar al cliente o consumir el mayor valor agregado, mediante una mejora continua y sistemática de la calidad, los costos, los tiempos de respuesta, la variedad y mayores niveles de satisfacción.

Los valores de Kaizen son: Orientación al cliente, Kanban, TQC (Total Quality Control); mejoramiento de la calidad, Círculos de calidad, Justo a tiempo, Automatización, Cero defectos, disciplina, Actividades en grupos pequeños, Sistema de sugerencias,

¹⁰ Kaizen. La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa, Masaaki Imai. Compañía Editorial Continental. 1992.

Mejoramiento de la productividad, Mantenimiento total productivo, Desarrollo del producto nuevo, entre otros.

2.7.3.2. Kaizen vs Innovación

Para Kaizen la administración establece el SOP (Standard Operating Procedure): políticas, reglas, direcciones, procedimientos y disciplina; luego toda la organización sigue el SOP formulado.

Kaizen vs la Innovación

	Kaizen	Innovación
Efecto	Largo plazo y larga duración, pero sin dramatismo.	Corto plazo, pero dramático.
Paso	Pasos pequeños.	Pasos grandes.
Itinerario	Continuo e incremental.	Intermitente y no incremental.
Cambio	Gradual y constante.	Abrupto y volátil.
Involucramiento	Todos.	Selección de unos pocos campeones.
Enfoque	Colectivismo, esfuerzos de grupo.	Individualismo áspero, ideas y esfuerzos individualidades.
Modo	Mantenimiento y mejoramiento.	Chatarra y reconstrucción.
Chispa	Conocimiento convencional y estado del arte.	Invasiones tecnológicas, nuevas invenciones, nuevas teorías.
Requisitos prácticos	Requiere poca inversión, pero gran esfuerzo para mantenerlo.	Requiere gran inversión y poco esfuerzo para mantenerlo.
Orientación al esfuerzo	Personas.	Tecnología.
Criterios de evaluación	Proceso y esfuerzo para mejores resultados.	Resultados para las utilidades.
Ventaja	Trabaja bien en economías de crecimiento lento.	Mejor adaptada para economías de crecimiento rápido.

Tabla 3. Kaizen vs la innovación.

(Fuente: Kaizen. La clave de la ventaja Competitiva Japonesa, Masaaki Imai)

CICLO DE DEMING: el concepto de la rueda en rotación continua, utilizado por W. E. Deming, para enfatizar la necesidad de una constante integración entre investigación, diseño, producción y ventas para alcanzar la calidad mejorada que satisfaga a los clientes.

CICLO DE EHRA (estandarizar, hacer, revisar, actuar): un refinamiento del ciclo de PHRA en donde la administración decide establecer primero el estándar, antes de desempeñar la función regular de PHRA.

CICLO DE PHRA (planificar, hacer, revisar y actuar) es una adaptación de la rueda de Deming; destaca la necesidad de una interacción constante entre investigación, diseño, producción y ventas. Afirma que toda acción administrativa puede ser mejorada mediante una cuidadosa aplicación de la secuencia P-H-R-A.

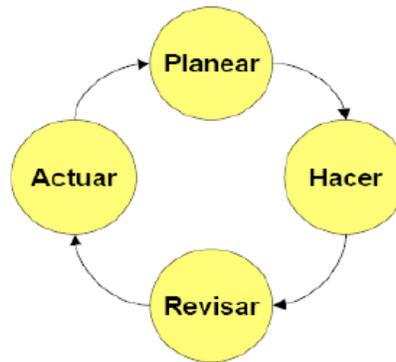


Figura 2.15. Ciclo Kaizen.

(Fuente: Kaizen. La clave de la ventaja Competitiva Japonesa, Masaaki Imai, 1989)

Lista de comprobación de las “3M” en las actividades de Kaizen

MUDA (DESPERDICIO)	MURI (TENSIÓN)	MURA (DISCREPANCIA)
Personal	Potencial humano	Potencial humano
Técnica	Técnica	Técnica
Método	Método	Método
Tiempo	Tiempo	Tiempo
Instalaciones	Instalaciones	Instalaciones

Patrones y herramientas	Patrones y herramientas	Patrones y herramientas
Materiales	Materiales	Materiales
Volumen de producción	Volumen de producción	Volumen de producción
Inventario	Inventario	Inventario
Lugar	Lugar	Lugar
Forma de pensar	Forma de pensar	Forma de pensar

Tabla 4. Lista de comprobación de las “3M” en las actividades de Kaizen.

(Fuente: Kaizen. La clave de la ventaja Competitiva Japonesa, Masaaki Imai)

2.7.3.3. Características de Kaizen

La utilización de Kaizen conduce a la calidad mejorada y a la mayor productividad.

Ayuda además, a bajar el punto de equilibrio, auxiliando a la administración a poner más atención a las necesidades del cliente, construyendo un sistema que tome en cuenta los requisitos de éste.

Tiene un enfoque humanista, por que espera que todos participen en él. Está basado en la creencia de que todo ser humano puede mejorar su lugar de trabajo en donde pasa la tercera parte de su vida.

Su estrategia se esfuerza por dar atención integral tanto al proceso como al resultado. Es el esfuerzo lo que cuenta cuando se habla del mejoramiento del proceso y en consecuencia, la administración debe desarrollar un sistema que recompense los esfuerzos, tanto de los trabajadores como de la administración misma. No se debe, sin embargo, confundir el reconocimiento de los esfuerzos con el reconocimiento por los resultados.

La introducción de una estrategia Kaizen, requiere de enfoques “bidireccionales” (tanto de arriba hacia abajo como de abajo hacia arriba): en los niveles inferiores con entrenamiento continuo en el uso de herramientas analíticas; en los niveles superiores el enfoque de diseño establecerá las metas y los medios para realizar su despliegue.

El enfoque “analítico” trata de aprender de las experiencias pasadas, mientras que el enfoque se “diseño” intenta construir un futuro mejor con metas predeterminadas.

Cuando ambos enfoques son combinados con las funciones de resolución de problemas y la toma de decisiones de los gerentes de cada nivel, se convierten en herramientas para la implementación del Kaizen.

Algunos de los conceptos o herramientas desarrollados y utilizados para Kaizen, son: la filosofía orientada al cliente, el ciclo PHRA, la administración funcional transversal, el despliegue de la política, etc.

La estrategia de Kaizen y la administración del Control Total de la Calidad, producen los siguientes efectos: 1) la gente entiende los asuntos críticos reales con mayor rapidez; 2) se pone más énfasis en la planeación; 3) se fomenta una forma de pensamiento orientada al proceso; 4) la gente se concentra en los asuntos de más importancia, y 5) todos participan en la construcción de un nuevo sistema.

Los factores culturales afectan el comportamiento individual, y el comportamiento individual puede medirse y afectarse mediante una serie de factores o procesos, por lo tanto, siempre es posible subdividir el comportamiento individual en procesos y establecer puntos de control y de revisión.

Kaizen no reemplaza ni excluye la innovación: más bien, los dos son complementarios. Idealmente la innovación debe principiar después que el Kaizen (mejoramiento) haya sido agotado; sin embargo, Kaizen deberá iniciar nuevamente de la mano con la innovación: ambos son ingredientes indispensables para el progreso.

Kaizen mejora el status quo aportándole mayor valor agregado. Está destinado a rendir resultados positivos si los esfuerzos son continuos hacia una meta bien definida; sin embargo, Kaizen está limitado porque no reemplaza o cambia de manera fundamental el status quo.

2.7.4. A prueba de errores (Poka Yoke)

2.7.4.1. Concepto¹¹

A prueba de errores (Poka-Yoke), es una técnica de calidad desarrollada por el ingeniero japonés Shingeo Shingo en los años 60's. la idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar.

La finalidad del Sistema a prueba de Errores (Poka-Yoke) es la de eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible. Aunque el muestreo estadístico implica que algunos productos no sean revisados. Con lo que un cierto porcentaje de error siempre va a llegar al consumidor final.

Un dispositivo a prueba de errores es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo.

El sistema a prueba de errores, o libre de errores, es el método para prevenir errores humanos que se convierten en defectos del producto final, es decir, si no se permite que los errores se presenten en la línea de producción, entonces la calidad será alta y el re trabajo poco. Esto aumenta la satisfacción del cliente y disminuye los costos al mismo tiempo. El resultado, es de alto valor del cliente.

¹¹ SHINGEO SHINGO. A study of the Toyota Production System from an industrial engineering viewpoint. Productivity Press, 1990.

Los sistemas a prueba de errores implican el llevar a cabo el 100% de inspección, así como, retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren. Este enfoque resuelve los problemas de la vieja creencia que el 100% de la inspección toma mucho tiempo y trabajo, por lo que tiene un costo muy alto.

Como error podemos definir aquello que hace mal el trabajador y que después hace que un producto salga defectuoso. En cualquier evento, los defectos son generados durante el proceso, por lo cual lo que se debe hacer es descubrir esos defectos, y para reducir los defectos dentro de las actividades de producción, el concepto más fundamental es el de reconocer que los defectos son generados por el trabajo y que lo único que las inspecciones hacen es descubrir éstos.

Una forma de hacer cosas a prueba de errores es diseñar o rediseñar las máquinas y herramientas de manera que el error humano se improbable, o incluso, imposible.

La segunda forma más importante de “A prueba de errores” es la redundancia, que requiere que ocurran eventos múltiples e improbables al mismo tiempo, antes de que se pueda crear o pasar un error. La preparación de procesos importantes por lo general, necesita varias operaciones.

Un tercer enfoque ayuda a los seres humanos a reducir sus propias fallas. Éste implica amplificar los sentidos y la fuerza muscular humana normal mediante la coordinación programada con dispositivos, la aplicación óptica, la observación en un círculo cerrado de televisión, las señales simultáneas de sensores múltiples, etc.

En un estudio clásico, Nakajo y Kune (1985) estudian cinco principios fundamentales para A prueba de errores (Poka Yoke) desarrollados a partir de un análisis de alrededor de 1000 ejemplos, reunidos principalmente en las líneas de ensamble. Estos principios son: eliminación, reemplazo, facilidad, detección, mitigación.

2.7.4.2. Requerimientos para aplicar A prueba de errores¹²

1. Control en el origen, cerca de la fuente del problema; por ejemplo, incorporando dispositivos monitores que adviertan los defectos de los materiales o las anomalías del proceso.
2. Establecimiento de mecanismos de control que ataquen diferentes problemas, de tal manera que el operador sepa con certeza qué problema debe eliminar y cómo hacerlo con una perturbación mínima al sistema de operación.
3. Aplicar un enfoque de paso a paso con avances cortos, simplificando los sistemas de control sin perder de vista la factibilidad económica. Para usar el sistema A prueba de errores de manera efectiva, es necesario estudiar con gran detalle la eficiencia, las complicaciones tecnológicas, las habilidades disponibles y los métodos de trabajo.

¹² SHINGEO SHINGO. The Poka-Yoke System I Theory. Productivity Press. 1987.

4. No debe retardarse la aplicación de mejoras a causa de un exceso de estudios. Aunque el objetivo principal de casi todos los fabricantes es la coincidencia entre los parámetros de diseño y los de producción, muchas de las ideas del sistema A prueba de errores pueden aplicarse tan pronto como se hayan definido los problemas con poco o ningún costo para la compañía. El sistema a prueba de errores enfatiza la cooperación interdepartamental y es la principal arma para las mejoras continuas, pues motiva las actividades de resolución continua de problemas.

2.7.4.3. Funciones del sistema a prueba de errores

Un sistema a prueba de errores posee dos funciones: una es la de hacer la inspección del 100% de las partes producidas, y la segunda es si ocurren anomalías puede dar retroalimentación y acción correctiva. Los efectos del método a prueba de errores para reducir defectos va a depender del tipo de inspección que se lleve a cabo, ya sea: en el inicio de la línea, auto-chequeo o chequeo continuo.

Los efectos de un sistema a prueba de errores para la reducción de defectos varían dependiendo del tipo de inspección.

2.7.4.4. Tipos de Inspección¹³

Para tener éxito en la reducción de defectos dentro de las actividades de producción, debemos entender que los defectos son generados por el trabajo, y que toda inspección puede descubrirlos.

1. Inspección de criterio.
2. Inspección informativa.
3. Inspección de la fuente.

1. Inspección de criterio

Inspección de criterio para separar lo bueno de lo malo.

- Comparado con el estándar.
- Muestreo ó 100%, cualquiera de los dos.

Paradigmas existentes

- Los errores son inevitables.
- La inspección mejora la calidad.

La inspección de criterio o juicio es usada principalmente para descubrir defectos

- Los productos son comparados normalmente contra un estándar y los artículos defectuosos son descartados.

¹³ Hiroyuki Hirano. Poka Yoke. Productivity Press, México, 2000.

- El muestreo también puede ser usado, usualmente cuando una inspección de 100% es muy costosa.
- La principal suposición acerca de la inspección de criterio es que los defectos son inevitables y que inspecciones rigurosas son requeridas para reducir los defectos.
- Este enfoque, sin embargo, no elimina la causa o defecto.

2. Inspección informativa¹⁴

Inspección para obtener datos y tomar acciones correctivas.

Usado típicamente como:

- Auto inspección.
- Inspección subsiguiente.

Auto-inspección

- La persona que realiza el trabajo verifica la salida y toma una acción correctiva inmediata.
- Algunas ventajas son:
 - Rápida retroalimentación.
 - Usualmente inspección al 100%.
 - Más aceptable que crítica exterior.
- La desventaja es que la auto-inspección es más subjetiva que la inspección del operador subsiguiente

Inspección subsiguiente

- Inspección de arriba hacia abajo y resultados de retroalimentación.

Algunas ventajas son:

- Mejor que la auto inspección para encontrar defectos a simple vista.
- Promueve el trabajo en equipo.

Algunas desventajas son:

- Mayor demora antes de descubrir el defecto. (Se considera área de oportunidad ya que se genera sensación de urgencia en los trabajadores para corregir el problema lo más pronto posible).
- El descubrimiento es removido de la causa raíz.

¹⁴ SHINGEO SHINGO. A study of the Toyota Production System from an industrial engineering viewpoint. Productivity Press, 1990.

2.7.4.5. Defectos vs Errores

El primer paso para lograr cero defectos es distinguir entre errores y defectos, ya que los defectos y los errores no son lo mismo.

- DEFECTOS son resultados.
- ERRORES son las causas de los resultados.

Un enfoque para atacar problemas de producción es analizar los defectos, primero identificándolos y clasificándolos en categorías, del más al menos importante.

Lo siguiente sería intentar determinar las causas de los errores que producen los defectos.

El paso final es diseñar e implementar un dispositivo a prueba de errores o de detección de errores.

2.7.4.6. Condición propensa al error

Una condición propensa al error es aquella condición en el producto o proceso que contribuye o permite la ocurrencia de errores. Estos son ejemplos típicos de condiciones propensas al error.

- Ajustes.
- Carencia de especificaciones adecuadas.
- Complejidad.
- Programación esporádica.
- Procedimientos estándar de operación inadecuados.
- Simetría/Asimetría.
- Muy rápido/Muy lento.
- Medio ambiente.

Tipos de errores causados por el factor humano en las operaciones

1. Olvidar. El olvido del individuo.
2. Mal entendimiento. Un entendimiento incorrecto/inadecuado.
3. Identificación. Falta identificación o es inadecuada la que existe.
4. Principiante. Por falta de experiencia del individuo.
5. Errores a propósito por ignorar reglas o políticas. Por rebeldía o exceso de confianza.
6. Desapercibido. Debido al descuido pasa por desapercibida alguna situación.
7. Lentitud. Por lentitud del individuo o algo relacionado con la operación o sistema.

8. Falta de estándares. Falta de documentación en procedimientos o estándares de operación (es) o sistema.

9. Sorpresas. Por falta de análisis de todas las posibles situaciones que pueden suceder y se dé la sorpresa.

10. Intencionales. Por falta de conocimiento, capacitación y/o integración del individuo con la operación o sistema se dan causas intencionales.

2.7.4.7. Tipos de sistemas a prueba de errores¹⁵

Los sistemas a prueba de errores van a estar en un tipo de categoría reguladora de funciones dependiendo de su propósito, función, o de acuerdo a las técnicas que se utilicen. Estas funciones reguladoras son con el propósito de poder tomar acciones correctivas dependiendo del tipo de error que se cometa.

Existen dos funciones reguladoras para desarrollar sistemas a prueba de errores:

- Métodos de control.
- Métodos de advertencia.

Los Métodos de control existen cuando ocurren anomalías como: apagar las máquinas o bloquear los sistemas de operación previniendo que siga ocurriendo el mismo defecto. Estos tipos de métodos tienen una función reguladora mucho más fuerte, que los de tipo preventivo, y por lo tanto este tipo de sistemas de control ayudan a maximizar la eficiencia para alcanzar cero defectos.

No en todos los casos que se utilizan métodos de control es necesario apagar la máquina completamente, por ejemplo cuando son defectos aislados (no en serie) que se pueden corregir después, no es necesario apagar la maquinaria completamente, se puede diseñar un mecanismo que permita “marcar” la pieza defectuosa, para su fácil localización; y después corregirla, evitando así tener que detener por completo la máquina y continuar con el proceso.

Los Métodos de Advertencia. Este tipo de método advierte al operador de las anomalías ocurridas, llamando su atención, mediante la activación de una luz o sonido. Si el trabajador no se da cuenta de la señal de advertencia, los defectos seguirán ocurriendo, por lo que este tipo de método tiene una función reguladora menos poderosa que la de métodos de control.

En los casos donde la luz advierte al operador, una luz transparente puede atraer con mayor facilidad la atención del operador que una luz fija. Este método es efectivo sólo si el operador se da cuenta, por lo que en ocasiones es necesario colocar la luz en otro sitio, hacerla más intensa, cambiar de color, etc. Por otro lado, el sonido puede atraer con mayor facilidad

¹⁵ SHINGEO SHINGO. A study of the Toyota Production System from an industrial engineering viewpoint. Productivity Press, 1990.

la atención de la gente, pero no es efectivo si existe demasiado ruido en el ambiente que no permita escuchar la señal, por lo que en este caso es necesario regular el volumen, tono y secuencia.

En muchas ocasiones es más efectivo el cambiar las escalas musicales o timbres, que el subir el volumen del mismo. Luces y sonido se pueden combinar uno con el otro para obtener un buen método de advertencia.

En cualquier situación los métodos de control son por mucho más efectivos que los métodos de advertencia, por lo que los de tipo control deben ser usados tanto como sea posible. El uso de métodos de advertencia se debe considerar cuando el impacto de las anomalías sea mínimo o cuando factores técnicos y/o económicos hagan la implantación de un método de control, una tarea extremadamente difícil.

2.8. Señales (KANBAN)¹⁶

2.8.1. Concepto

KANBAN significa en japonés: “etiqueta de instrucción”. Su principal instrucción es ser una orden de trabajo, es decir, un propósito de dirección automático que nos da información acerca de qué se va a producir, en qué cantidad, mediante qué medios y cómo transportarlo. Sus dos funciones principales: control de la producción y mejora de procesos.

Kanban se enfoca en producción:

1. Poder empezar cualquier operación estándar en cualquier momento.
2. Dar instrucciones basados en las condiciones actuales del área de trabajo.
3. Prevenir que se agregue trabajo innecesario a aquellas órdenes ya empezadas y prevenir el exceso de papeleo innecesario.

Y en movimiento de materiales.

1. Eliminación de sobreproducción.
2. Prioridad en la producción, el *Kanban* con más importancia se pone primero que los demás.
3. Se facilita el control de material.

Kanban puede aplicarse en fábricas que impliquen producción repetitiva.

¹⁶ TAIICHI OHNO. Toyota Production System (Beyond large-Scale Production), editorial Productivity Press, Nueva York, 1988.

Antes de implementar *Kanban* es necesario desarrollar un “*level/mixed Production Schedule*” para suavizar el flujo de material (ésta deberá ser practicada en la línea de ensamble final). No funcionará si existe una fluctuación muy grande entre la integración de los procesos. Se creará desorden y se tendrán que implementar sistemas de reducción de *set-ups*, de lotes pequeños, así también ayudarse de herramientas de calidad para poder introducir *Kanban*.

2.8.2. Fases para implementación del *Kanban*

Fase 1: Entrenar a todo el personal en los principios de *Kanban* y los beneficios de usarlo.

Fase 2: Implementar *Kanban* en aquellos componentes con más problemas para facilitar su manufactura y para resaltar los problemas escondidos. El entrenamiento con el personal continúa en toda la línea de producción.

Fase 3: Implementar *Kanban* en el resto de los componentes, esto no debe ser problema ya que para esto los operadores ya han visto las ventajas de *Kanban*, se deben tomar en cuenta todas las opiniones de los operadores ya que ellos son los que mejor conocen el sistema. Es importante informarle cuándo se va a estar trabajando en su área.

Fase 4: Esta fase consiste de la revisión del sistema *Kanban*, los puntos y niveles de reorden, es importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para el funcionamiento correcto de *Kanban*:

- a) Ningún trabajo debe ser hecho fuera de secuencia.
- b) Si se encuentra algún problema notificar al supervisor inmediatamente.

Ventajas del uso del sistema *Kanban*

1. Reducción de los niveles de inventario.
2. Reducción del WIP (Work in Process: trabajo en proceso).
3. Reducción de tiempos muertos.
4. Flexibilidad en la calendarización de la producción y la producción en sí.
5. Trabajo en equipo, círculos de calidad y autonomía (decisión del trabajador de detener la línea).
6. Limpieza y mantenimiento.
7. Provee información rápida y precisa.
8. Evita sobreproducción.
9. Minimiza desperdicios.

2.9. Justo a Tiempo (Just in Time (JIT))¹⁷

Justo a Tiempo es un método racional de producción que elimina los elementos innecesarios con el fin primordial de aumentar el beneficio mediante la reducción de costos. Su idea básica radica en producir, en todas las fases del proceso de fabricación, lo que se necesita, en el momento adecuado y en la cantidad requerida para cada caso.

Se define como “*producción de la cantidad mínima posible en el último momento posible, utilizando un mínimo de recursos y eliminación del desperdicio en el proceso de producción*”.

Al ser JIT (Just in Time) un sistema basado en la demanda, ésta, al situarse en el extremo de canal logístico, tira de los productos hacia el mercado y la producción y los aprovisionamientos, las compras se generan de una manera concatenada a medida que el cliente consume. El *Just in Time* impulsa el agrupamiento de suministros en pocos proveedores, fomentando el mantenimiento de relaciones estables a largo plazo con el objetivo de que dichos proveedores sitúen sus fábricas cerca de la empresa cliente, lo que deriva en reducción de costos y facilita la coordinación entre vendedor y comprador.

Las ventajas competitivas se obtienen diferenciándose de los demás: consiguiendo productos y servicios a un costo más bajo o a una mejor calidad y plazo de entrega más reducido o una combinación de todo ello y mejorando la gestión de la cadena de suministros.

Se consiguen ventajas competitivas mediante estrategias de producción y comercialización que trabajen unidas para reducir costos; así como disponer de un sistema de producción que pueda dar cobertura a un marketing que proporcione al cliente un producto diferenciado.

Lean Manufacturing tiene cuatro objetivos esenciales, éstos son¹⁸:

- Atacar los problemas fundamentales.
- Eliminar desperdicios.
- Buscar la simplicidad.
- Diseñar sistemas para identificar problemas.

2.9.1. Atacar los problemas fundamentales

Una manera de verlo es a través de la analogía del río de las existencias. En nivel del río representa las existencias y las operaciones de la empresa se visualizan como un barco que navega por el mismo. Cuando una empresa intenta bajar el nivel del río (o sea reducir el nivel de sus existencias) descubre rocas, es decir, problemas. Hasta hace poco, cuando estos problemas surgían en las empresas tradicionales, la respuesta era aumentar las existencias

¹⁷ José M. Castan Farrero; Carlos Cabañero y Ana Núñez Carballosa, La logística en la empresa, fundamentos y tecnologías de la información y de la comunicación. Madrid, Ediciones Pirámide, 2003.

¹⁸ Yasuhiro Monden. Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time. Engineering & Management Press. 1997.

para tapar el problema. Un ejemplo típico de problemas sería el de una planta que tuviera una máquina poco fiable que suministrara piezas a otra, más fiable, y la respuesta típica de la dirección tradicional sería mantener un *stock* de seguridad grande entre las dos máquinas para asegurar que a la segunda máquina no le faltara trabajo.

En cambio, la filosofía del JIT indica que cuando aparecen problemas debemos enfrentarnos a ellos y resolverlos (las rocas deben eliminarse del lecho del río). El nivel de las existencias puede reducirse entonces gradualmente hasta descubrir otro problema; este problema también se resolvería y así sucesivamente. En el caso de la máquina poco fiable, la filosofía del JIT nos indicaría que había que resolver el problema ya fuera con un programa de mantenimiento preventivo que mejorara la fiabilidad de la máquina o si éste fallara, comprando una máquina más fiable.

Ventajas del JIT

El JIT trae muchas ventajas, que incluyen los siguientes:

- Limita la posibilidad de reducción de precios de compra si las compras son en bajas cantidades aunque, dependiendo de la relación con el proveedor, esta desventaja se puede mitigar.
- Minimiza pérdidas por causa de suministros obsoletos.
- Permite (exige) el desarrollo de una relación más cercana con los suministradores.
- Esta mejor relación facilita acordar compras aseguradas a lo largo del año, que permitirán a los suministradores planearse mejor y ofrecer mejores precios.
- El sistema es más flexible y permite cambios más rápidos.

Desventajas del JIT

Por otra parte, el JIT no es sólo ventajas, también trae sus inconvenientes, que incluyen los siguientes:

- El peligro de problemas, retrasos y de suspensiones por falta de suministros, que pueden causar retrasos y suspensiones de la línea productiva e impactar los gastos negativamente.
- Aumenta el switching cost, es el costo de cambiar de suministrador.

Objetivo: La metodología de producción Justo a tiempo (Just In Time) tiene como objetivo un procesamiento continuo, sin interrupciones de la producción. Conseguir este objetivo supone la minimización del tiempo total necesario desde el comienzo de la fabricación hasta la facturación del producto. Sistema ideal en un sistema de producción justo a tiempo, el tiempo total para un producto es igual al tiempo del proceso.

Just in Time o Justo a tiempo, implica producir sólo exactamente lo necesario para cumplir las metas pedidas por el cliente, es decir producir el mínimo número de unidades en las menores cantidades posibles y en el último momento posible, eliminando la necesidad de almacenaje, ya que las existencias mínimas y suficientes llegan justo a tiempo para reponer las que acaban de utilizarse y la eliminación de el inventario de producto terminado. Este concepto de inventario de "entra y sale" o en tránsito deja de lado al almacenaje estático y enfatiza un almacenaje dinámico.

2.10. 5's dentro del lugar de trabajo¹⁹

2.10.1. Concepto

Existen varias áreas de oportunidad en una planta que muchas veces son dejadas tal y como están, por miedo a la repercusión que pueden tener en las ganancias. Estas áreas de oportunidad son desperdicios de recursos humanos, dinero, tiempo, información, entre otros.

En tiempos de bonanza, se les deja como son, pero al entrar en temporada de recesión, las compañías rápidamente concentran sus esfuerzos en abordar esas áreas de oportunidad. Sin embargo, lo ideal es minimizar los desperdicios que se generan de una manera continua, sin importar el estado de la compañía.

La herramienta de 5's permite mantener la organización y limpieza del lugar de trabajo, logrando con esto disminuir los desperdicios en la planta, que están escondidos tras el desorden y la falta de limpieza.

Los objetivos que se alcanzan al implementar esta herramienta son:

- Un incremento de calidad.
- Un incremento en productividad.
- Un lugar de trabajo más limpio que provoca un lugar más seguro.
- Una reducción en el espacio requerido.

Para poder alcanzar los objetivos antes mencionados, 5's se enfoca en atacar los siguientes problemas:

1. Tiempo de reparación excesivo. Es el tiempo usado en buscar las herramientas necesarias para realizar una operación.
2. Productos/materiales defectuosos. Los defectos se volverán aparentes en una planta limpia.
3. Áreas de trabajo desordenadas. La limpieza y el orden en el lugar de trabajo incrementan la eficiencia de las operaciones.

¹⁹ Toyota Production System. An integrated approach to Just-In-Time. 3a. Edición. Yasuhiro Monden. Engineering & Management Press. 1998.

4. Retardo en el tiempo. Para entregar los productos justo a tiempo, las entradas del proceso de realización de producto. Deben fluir suavemente.

5. Condiciones inseguras. Cargas mal apiladas, aceite en el piso, etc. Pueden causar accidentes a los trabajadores y pueden llegar a dañar el inventario, lo que incrementará los costos y demorará la entrega.

El sistema 5's, se originó en Japón bajo el mando de W.E. Deming y se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras.

5's es un método para mejorar el lugar de trabajo y contribuye a la gestión de un área operativa, y al mismo tiempo la moral de los trabajadores y ahorra tiempo, además de crear un ambiente seguro y agradable, productivo, disciplinado, entre otros.

Además, en palabras de Hiroyuki Hirano, al promover 5's, una planta puede proveer los productos que los clientes quieren, con buena calidad, a un bajo costo, rápidamente y de manera segura, incrementando así los beneficios de la compañía.

En varias ocasiones 5's es el primer paso de la aplicación de las herramientas de *Lean Manufacturing* ya que ayuda a eliminar todos los materiales que no son necesarios para desarrollar el trabajo productivo, de esta manera se puede justificar la prioridad de la implementación que se le da a las 5's.

En la vida laboral dentro de México, se tiene un problema general, este es la mentalidad del trabajador y este se ha vuelto un pretexto en todas las organizaciones para no hacer el esfuerzo para llegar a la esbeltez como organización. Este es el caso de FYMTEX ya que cuenta con trabajadores que se encuentran laborando varios años y lo que hacen está bien hecho y no debe ser cambiado por nada y por nadie.

Si los objetivos de la organización deben coincidir con los objetivos laborales del trabajador, éste no durará en ponerse en sintonía con las prácticas de 5's. muchas veces, esta situación es común en las empresas. El problema surge cuando el trabajador no entiende la visión de su empresa o del área a la que pertenece, y aunque los objetivos tanto de la empresa como del trabajador son compatibles, esta relación nunca serán percibida por el trabajador, mostrando éste una renuencia al cambio al no ver un beneficio en modificar los hábitos que ha practicado durante toda su estancia en la empresa.

El otro obstáculo en muchos casos de implementación es el sindicato. A nivel mundial, los sindicatos están, hoy en día, en condiciones de saber y aceptar la necesidad de que sus miembros estén al corriente en cuanto a nuevas técnicas de producción y en la importancia de la implementación de *Lean Manufacturing* en las empresas interesadas en sus operadores. El caso de México es, desafortunadamente, diferente en la mayor parte de los casos al resto de los países con industrias altamente competitivas.

La implementación de la herramienta d 5´s es importante en diferentes áreas, por ejemplo, permite eliminar despilfarros además permite mejorar las condiciones de seguridad industrial, beneficiando a los empleados y por ende a la empresa. Algunos de los beneficios que genera la implementación de las 5´s son²⁰:

- Mayores niveles de seguridad.
- Aumenta el sentido de pertenencia por lo tanto la motivación de los empleados.
- Reducción en las pérdidas y mermas por producciones con defectos.
- Mayor calidad.
- Tiempos de respuesta más cortos.
- Aumenta la vida útil de los equipos.
- Genera una cultura organizacional.

2.10.2. Las 5´s son:

1. Organizar (Seiri): clasificar, ordenar, es decir, lo que no sirve, que no estorbe”
2. Orden (Seiton): “Un lugar para cada cosa, cada cosa en su lugar”
3. Limpieza (Seiso): “Poner la basura en su lugar”
4. Estandarizar (Seiketsu): “Sacar, ordenar y limpiar”
5. Disciplina (Shitsuke): “Automatización de la conducta”

2.10.2.1. Organizar (Seiri)²¹

Esta “ese”, se refiere a organizar una cantidad de objetos cualquiera por clases, tipo, tamaños, categorías o frecuencia de uso. Además lucha contra el hábito de guardar cosas porque “pudieran ser necesarias algún día”. Ayuda a mantener el área de trabajo limpia y ordenada. También es una excelente manera de ganar terreno útil y eliminar herramientas viejas o estropeadas.

Sus criterios de selección son los siguientes:

- ✓ Deteriorado.
- ✓ Poco funcional.
- ✓ Innecesario.
- ✓ Caduco.
- ✓ Descompuesto.
- ✓ Peligroso.

²⁰ Francisco González Correa. *Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing)*. Principales Herramientas. Revista Panorama Administrativo, año 1 No. 2 enero-junio 2007.

²¹ *Implementing World Class Manufacturing: A Bridge To Your Manufacturing Survival- Shop Floor Manual*. 1ª edición. Larry Rubrich & Madelyn Watson. Wcm Associates. 1998.

- ✓ Delicado.
- ✓ Otros.



Figura 2.16. Organizar.

2.10.2.2. Ordenar (Seiton)

Seiton u orden, significa más que apariencia. El orden empresarial dentro del concepto de las 5's se podría definir como: la organización de los elementos necesarios de modo que resulten de fácil uso y acceso, los cuales deberían estar, cada uno, etiquetados para que se encuentren, retiren y devuelvan a su posición, fácilmente por los empleados. El orden se aplica posterior a la clasificación y organización, si se clasifica y no se ordena difícilmente se verán resultados. Se deben usar reglas sencillas como: lo que más se usa debe estar más cerca, lo más pesado abajo, lo liviano arriba, etc²².

Consiste en organizar los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad. Aplicar Seiton en mantenimiento tiene que ver con la mejora de la visualización de los elementos de las máquinas e instalaciones industriales²³. Una vez eliminados los elementos innecesarios, se define el lugar donde se deben ubicar aquellos que se necesitan con frecuencia, identificándolos para eliminar el tiempo de búsqueda y facilitar su retorno al sitio una vez utilizados (es el caso de la herramienta manual).

²² Francisco González Correa. *Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing)*. Principales Herramientas. Revista Panorama Administrativo, año 1 No. 2 enero-junio 2007.

²³ <https://zenempresarial.wordpress.com/2009/12/21/las-5-s%C2%B4s-%E2%80%93-la-segunda-seiton-u-organizacion-ordenamiento/>



Figura 2.17. Ordenar.

Además de facilitar el regreso a su lugar los objetos que se han utilizado, también ayuda a identificar cuando un elemento no se encuentra en su lugar.

Algunos de los métodos utilizados para implementar orden (Seiton) consisten en²⁴:

- 1.- Definir un nombre, código o color para cada clase de artículo.
- 2.- Determinar la cantidad exacta que debe haber de cada artículo.
- 3.- Decidir donde guardar las cosas tomando en cuenta la frecuencia de su uso.
- 4.- Crear los medios para asegurar que cada artículo regrese a su lugar.
- 5.- Colocar las cosas útiles por orden según criterios de: Seguridad / Calidad / Eficacia.
Seguridad: Que no se puedan caer, que no se puedan mover, que no estorben. Calidad: Que no se oxiden, que no se golpeen, que no se puedan mezclar, que no se deterioren. Eficacia: Minimizar el tiempo perdido.



Figura 2.18. Ordenar.

²⁴ <https://zenempresarial.wordpress.com/2009/12/21/las-5-s%C2%B4s-%E2%80%93-la-segunda-seiton-u-organizacion-ordenamiento/>

2.10.2.3. Limpiar (Seiso)²⁵

Significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos del lugar de trabajo. Implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza. Exige realizar trabajo creativo de identificación de las fuentes de suciedad y contaminación para tomar acciones de raíz para su eliminación, de lo contrario, sería imposible mantener limpio y en buen estado el área de trabajo. Se trata de evitar la suciedad, el polvo y todo agente que dañe los materiales, equipo, etc.

Algunos de sus beneficios son el alargamiento de la vida útil de los equipos e instalaciones, menor riesgo de contraer enfermedades profesionales, disminución de los accidentes, entre otros.



Figura 2.19. Limpiar.

Limpiar (Seiso) implica retirar y eliminar profundamente la suciedad, desechos, polvo, óxido, limaduras de corte, arena, pintura y otras materias extrañas de todas las superficies.

Durante la limpieza es necesario tomar información sobre las áreas de acceso difícil, ya que en un futuro será necesario realizar acciones Kaizen o de mejora continua para su eliminación, facilitando las futuras limpiezas de rutina.

Debemos insistir que la limpieza es un evento importante para aprender del equipo e identificar a través de la inspección las posibles mejoras que requiere el mismo. La información debe guardarse en fichas o listas para su posterior análisis y planificación de las acciones correctivas.

²⁵ María del Rosario Álvarez Hernández, Miguel Corona González, Manuel Alejandro Rodríguez Valenzuela, Saavedra Moreno Iván. Propuesta de Implementación de *Lean Manufacturing* en el Departamento de Embarques y taller 21 de compañía Mexicana de Aviación S.A. de C.V. (Tesis de Licenciatura). Instituto Politécnico Nacional, México D.F. 2010.



Figura 2.20. Limpiar.

2.10.2.4. Estandarizar (Seiketsu)²⁶

Es la metodología que nos permite que una vez que se han implementado las primeras 3 eses, debería convertirse en una norma mantener estas buenas prácticas en el área de trabajo. Se debe tener normas fáciles de seguir, desarrollar y permitir a los empleados participar en su desarrollo.

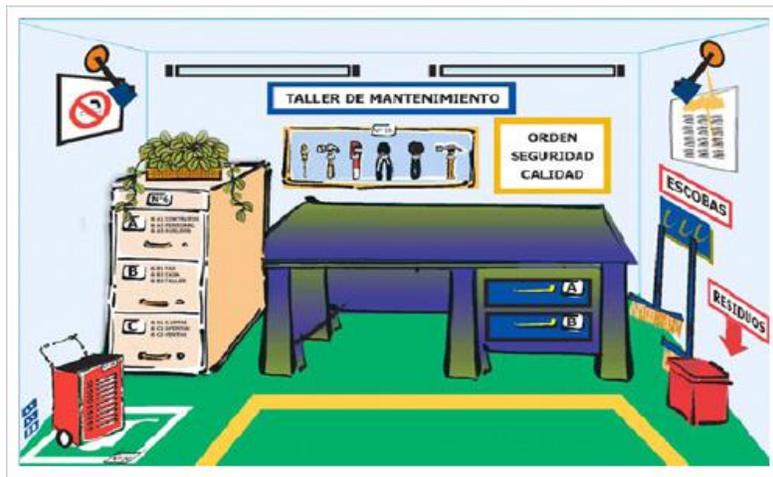


Figura 2.21. Estandarizar.

(Fuente: las5herramientasdemejoradecalidad.mex.tl)

En esta etapa o frase de aplicación (que debe ser permanente), son los trabajadores quienes diseñan mecanismos que les permitan beneficiarse a sí mismos. Para generar esta cultura se

²⁶ María del Rosario Álvarez Hernández, Miguel Corona González, Manuel Alejandro Rodríguez Valenzuela, Saavedra Moreno Iván. Propuesta de Implementación de Lean Manufacturing en el Departamento de Embarques y taller 21 de compañía Mexicana de Aviación S.A. de C.V. (Tesis de Licenciatura). Instituto Politécnico Nacional, México D.F. 2010.

pueden utilizar diferentes herramientas como son: fotografías para así recordar el estado que debería permanecer, otra es el desarrollo de normas en las cuales se especifique lo que debe hacer cada empleado con respecto a su área de trabajo.

Algunos de los beneficios de estandarizar (Seiketsu) es que se guarda el conocimiento producido durante años de trabajo, se mejoran los hábitos de los trabajadores al conservar su lugar de trabajo limpio, se incrementa la productividad, entre otros.



Figura 2.22. Estandarizar.

(Fuente: las5herramientasdemejoradecalidad.mex.tl)

2.10.2.5. Disciplina (Shitsuke)²⁷

Esta “ese” consiste en la disciplina, es decir, convertir en hábito el empleo y utilización de los métodos establecidos y estandarizados para la limpieza del lugar de trabajo. Implica un desarrollo de la cultura del autocontrol dentro de la empresa. Si la dirección de la empresa estimula que cada uno de los integrantes aplique el Ciclo Deming en cada una de las actividades diarias, es muy seguro que la práctica de la Disciplina (Shitsuke) no tendría ninguna dificultad. Es esta “ese” el puente entre las 5’s y el concepto Kaizen o de mejora continua.

²⁷ María del Rosario Álvarez Hernández, Miguel Corona González, Manuel Alejandro Rodríguez Valenzuela, Saavedra Moreno Iván. Propuesta de Implementación de *Lean Manufacturing* en el Departamento de Embarques y taller 21 de compañía Mexicana de Aviación S.A. de C.V. (Tesis de Licenciatura). Instituto Politécnico Nacional, México D.F. 2010.



Figura 2.23. Disciplina.

(Fuente: shitsukegroup5.blogspot.com)

Por lo tanto, esta “ese” debe permitir el respeto a las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo limpio y libre de cualquier agente extraño; promover el hábito de auto controlar o reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecidas; comprender la importancia del respeto de los demás, etc.

Para que la disciplina (Shitsuke) sea implementada de manera eficaz es necesaria la visión compartida, esto es que exista una convergencia entre la visión de una organización y la de sus empleados. Por lo tanto, es necesario que la dirección de la empresa considere la necesidad de liderar esta convergencia hacia el logro de metas comunes de prosperidad de las personas, clientes y organización.

Además es indispensable la formación, educar mediante el entrenamiento de “aprender haciendo” cada una de las 5’s. No se trata de construir “espectaculares” con frases, eslóganes y caricaturas divertidas como medio para sensibilizar al trabajador. Estas técnicas de *marketing* interno servirán puntualmente pero se agotan rápidamente.

También es muy importante contar con el tiempo para aplicar las 5’s, ya que el trabajador requiere de tiempo para practicarlas. Es frecuente que no se le asigne el tiempo por las presiones de producción y se dejen de realizar acciones. Este tipo de comportamientos hacen perder credibilidad. Se necesita tener el apoyo de la dirección para sus esfuerzos en lo que se refiere a recursos, tiempo, apoyo y reconocimiento de logros.

Basado en las visitas técnicas, los problemas observados en FYMTEX y después de estudiar las herramientas mencionadas con anterioridad, se ha elegido aplicar esta herramienta de las 5’s en el proceso de simulación y siendo la más adecuada para implementar en FYMTEX, ya que es la herramienta que más se acomoda al problema de desorden general en el área de trabajo. Con esta implementación, se solucionará una parte importante del problema y que genera más problemas en FYMTEX. A continuación se describen las 5’s dentro de FYMTEX. Esto para pasar de la teoría de cada una de las “eses” a los problemas existentes en la empresa que caben dentro de casa “ese”.

5's	Acciones deseables en FYMTEX
Organizar (Seiri) Orden (Seiton)	-Organizar materia prima, moldes, modelos y herramientas. -Eliminar cualquier tipo de obstrucción de los pasillos.
Limpieza (Seiso)	-Mantener libre de basura las áreas de trabajo, pasillos, herramientas e indumentaria.
Estandarizar (Seiketsu)	-El proceso de moldeo. Una grúa para esta área. -Realizar el proceso de vaciado del metal caliente a los moldes bajo estrictas normas de seguridad para los operadores que se involucran en esta actividad. -El proceso de vaciado deberá de hacerse mediante dispositivos mecánicos para así, reducir el riesgo de quemadura. -Acercar el área de corte, soldadura y esmeril al área de granallado y enfriamiento. Eliminando recorridos innecesarios. - Crear un lugar adecuado con la seguridad y ventilación adecuada en las áreas de corte y soldadura. -Tiempos estrictos de enfriamiento dependiendo el volumen de material. -Cada área deberá contar con herramienta especializada, en buenas condiciones y exclusiva del área. -Horario de comida de 1 pm a 2 pm.
Disciplina (Seiketsu)	-El personal debe de seguir manteniendo las áreas de trabajo siempre limpias y ordenadas todos los días en los que se labore. Son responsables de la limpieza de su lugar de trabajo y de la empresa.

Tabla 5. Tabla resumen.

(Fuente: Elaboración propia)

Dentro de FYMTEX, la organización de la materia prima, moldes y modelos, es una actividad indispensable para la empresa. Los pasillos están obstruidos principalmente por moldes en espera, seguido de modelos de madera, piezas de acero fallidas y por último por múltiples tambos con diferentes objetos dentro de éste.

Para aminorar este problema, las dos primeras eses, Organizar (Seiri) y Orden (Seiton) marcarán una gran diferencia ya que con esto, los moldes, los modelos y la materia prima

tendrán un lugar adecuado y estratégicamente ubicado dentro de FYMTEX. Eliminando objetos que no estén en uso, no sirvan para el proceso y/o que no sirvan para algo productivo dentro de la empresa, con esta acción, se libera espacio donde se pondrán los moldes que están en espera para ser vaciados.

La limpieza crucial para tener un área de trabajo segura. Los pasillos de la empresa están sucios con arena proveniente de los moldes, esto es un evento normal ya que es inevitable que los moldes desprendan granos con la manipulación. Aun así, tener personal que mantenga los pasillos libres de arena ya que se puede correr el riesgo de caída por parte de alguno de los operadores de FYMTEX.

Mantener limpios los pasillos ayudará a prevenir accidentes y al mismo tiempo la empresa dará un mejor aspecto a los clientes y al público en general. Eliminar las piezas fallidas mediante algún proceso adecuando de reciclado dentro de la empresa, así como dejar los pasillos libres de cualquier obstrucción a los operadores, esto con el fin de tener un libre paso a través de ellos y así reducir los tiempos que se tienen actualmente de traslado de moldes principalmente.

De acuerdo a los datos proporcionados por la Dirección de FYMTEX, la productividad por Jornada laboral es aproximadamente del 55%. Los costos de Mano Obra Semanal son de \$25,000 con una producción actual de 4.5 Toneladas por día lo que se traduce en 22.5 Toneladas semanales ya que se labora de Lunes a Viernes de 8 a.m. a 6 p.m. y el Sábado solamente se labora para concluir las actividades pendientes de la semana. La producción mensual aproximada es de 90 Toneladas por mes con un costo de venta promedio de \$3,300.00 por Ton lo que da un ingreso mensual de \$300,000.00.

CAPÍTULO 3. Diseño y desarrollo de una propuesta de mejora para el proceso de fundición de acero de FYMTEX

3.1. Aplicación de 5's en la propuesta de diseño

Una vez analizado el problema de FYMTEX, las condiciones actuales y las diferentes herramientas de *Lean Manufacturing*, se ha elegido utilizar 5's para reducir los problemas de espacio en los pasillos en el área de fundición. Esta decisión se tomo ya que es la más rápida en la aplicación en el diseño y practica en el momento de implementar en la empresa en dado caso de que el director de la empresa decida hacerlo. Para desarrollar la herramienta de 5's de *Lean Manufacturing* se va a proceder a utilizar un software de simulación llamado "Simio LLC". Este software tiene como propósito el de simular las operaciones dentro de un lugar de trabajo antes de que se lleve a cabo el proyecto y así ayudar a la dirección de la empresa para realizar un cambio.

Con éste software es posible visualizar la operación del estado actual y el estado deseado del área de fundición de FYMTEX, dado que el modelo de simulación se ajustó con base en los datos reales proporcionados por la empresa, como los tiempos en cada una de las áreas. Estos tiempos son: 10 minutos en los moldeos, 2 horas en un lote de corazones, 1.5 horas en el horno de fundición, vaciado con 20 minutos, enfriamiento con 12 horas, grallanado 20 minutos, esmeril 5 minutos, corte 30 minutos, maquinado con 30 minutos y tratamiento térmico con 30 minutos, estos datos se pueden apreciar en el diagrama de proceso (Figura 3.5.), de esta forma al concluir el proceso de programación y de simulación, se obtiene una propuesta de mejora para el proceso de fundición de aceropara incrementar la productividad de FYMTEX reduciendo los 7 desperdicios.

Por otro lado, la elección del software Simio, está basada en la baja complejidad para generar un *lay-out* y en la interfaz amigable para el análisis de resultados. No es comparable el tiempo que se lleva en programar y tener resultados con el tiempo que se llevaría en implementar en la empresa las 5's. El objetivo de usar el software es el de tener resultados para la empresa y para este trabajo de investigación de forma rápida y que sean confiables para que se consideren en FYMTEX para una futura implementación.

Simio es un marco de modelos de simulación basado en Objetos inteligentes. Los objetos inteligentes son construidos por los modeladores (usuario) y luego pueden ser reutilizados en múltiples proyectos de modelado. Los objetos pueden ser almacenados en las bibliotecas y se pueden compartir fácilmente. Un modelador al comenzar, puede preferir utilizar los objetos pre-construidos a partir de las bibliotecas; sin embargo, el sistema está diseñado para que sea fácil, incluso para modeladores principiantes. Pueden construir sus propios objetos inteligentes para su uso en la construcción de modelos jerárquicos. Un objeto puede ser una máquina, robot, avión, cliente, doctor, tanque, autobús, barco o cualquier otra cosa que usted encuentre en su sistema. Un modelo está construido mediante la combinación

de objetos que representan los componentes físicos del sistema. Un modelo Simio se acerca a un sistema real. La lógica del modelo y la animación se construye como un solo paso. Un objeto puede ser animado para reflejar la evolución del objeto.

3.2. Simio LLC²⁸

LLC es una compañía privada con sede en Pittsburgh Pennsylvania dedicada a ofrecer soluciones de vanguardia para el diseño, la emulación, y la programación de los sistemas complejos.

Simio® fue fundada por un equipo altamente experimentado. C. Dennis Pegden, Ph.D., fundador y CEO de Simio LLC, tiene más de 30 años de experiencia en la simulación y la programación y ha sido ampliamente reconocido como un líder en la industria. Lideró en el desarrollo de SLAM (comercializado por Pritsker y Asociados) y luego fundó Modelado de Sistemas Corporation, ahora parte de Rockwell Automation. Dennis dirigió la creación de SIMAN® y Arena®, así como el producto de programación de capacidad finita Tempo (más tarde rebautizado RS Scheduler).

En la pantalla principal que se muestra en la Figura 3.1, se puede apreciar las diferentes barras y herramientas que tiene Simio para poder realizar una simulación. En la parte superior se muestran las diferentes opciones que el programa ofrece para iniciar una simulación. Del lado izquierdo de la pantalla se localizan los comandos para iniciar una simulación y son los principales actores en este *software*.

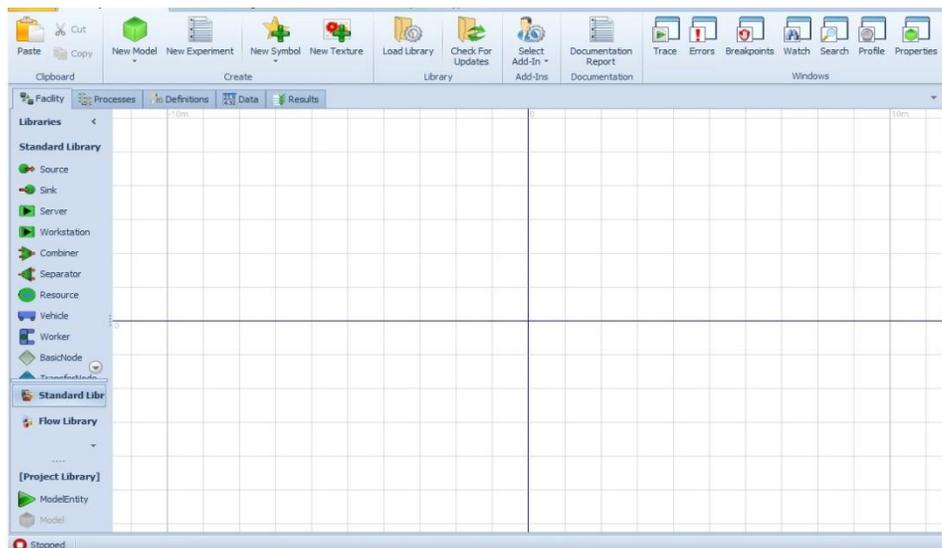


Figura 3.1. Pantalla principal de Simio.

(Fuente: Elaboración propia, 2015)

²⁸ <http://www.simio.com/about-simio/> (2015).

En la Figura 3.2, se muestra la pestaña *Facility*, esta pestaña tiene diferentes opciones como son *Source*, *Sink*, *Server*, *Workstation*, *Combiner*, *Separator*, *Resource*, *Vehicle*, etc. Todas estas opciones hacen las veces de materia prima, alguna maquina, un trabajador, un proceso, un medio de transporte y un trabajador. Estos elementos pueden ser modificadas por objetos (mesas, sillas), máquinas, personas o materia prima (arena, resina, metal), esto es para que la simulación sea lo más cercano a la realidad.



Figura 3.2. Pestaña Facility.

(Fuente: Elaboración propia, 2015)

Simio *software*, tiene dos vistas para generar y ver la simulación, estas son en 2D y en 3D. En las figuras 3.3 y 3.4, se pueden observar dichas vistas así como los elementos mencionados con anterioridad.

En el momento de ambientar una simulación, en Simio *Software* se pueden ambientar los pisos, paredes, puertas, personas, etc. Esto con el fin de que sea una ambientación y por consiguiente una simulación más cercana a la operación del sistema real.

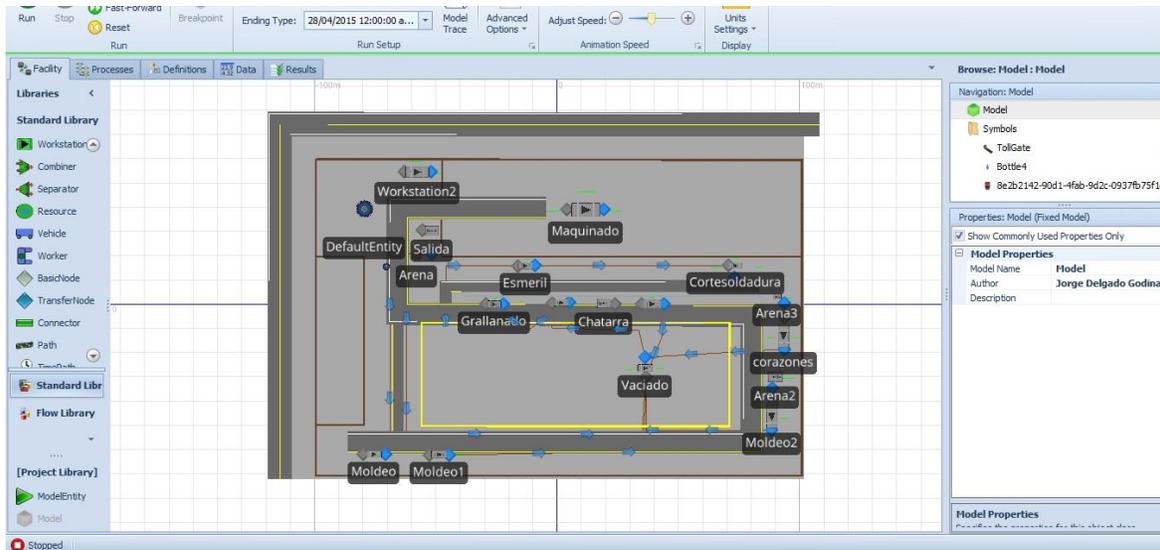


Figura 3.3. Vista 2D.

(Fuente: Elaboración propia, 2015)



Figura 3.4. Vista 3D.

(Fuente: Elaboración propia, 2015)

3.3. Inicio de la simulación

La palabra simulación, se deriva de dos léxicos del latín “similis” que puede traducirse como similar y “ion” equivalente a acción o efecto, por lo que una simulación es una acción similar. El proceso de simulación comprende varios pasos:

1. Identificación del objetivo. Esto es, definir el problema que el sistema posee, en este caso es la empresa FYMTEX con su problema de obstrucciones que son generadas por un mal inventario y una falta de orden, teniendo como variables externas la cantidad de

modelos, así como de materia prima para el horno ya que muchas veces no se puede controlar en número de modelos que entran ya que son clientes potenciales y siempre son bienvenidos. Como factor dependiente del sistema se encuentra la dirección de la empresa, así como de los mismos operadores que no hacen por mantener un lugar de trabajo armonioso, esto simplemente con tener sus áreas de trabajo en un perfecto estado así como en general toda la empresa. El objetivo del sistema o de FYMTEX es brindar un buen servicio reflejado en piezas de buena calidad que cumplan con las expectativas del cliente.

2. Recolectar datos. En este paso, se llevaron a cabo visitas técnicas a la empresa para observar la operación de fabricación por molde, en el caso del área de moldeo. También se observó la operación del área de fundición así como del vaciado, enfriamiento, etc.

3. Diseño del modelo de simulación. En este paso, se diseñó el flujo de los procesos en su situación actual y en su situación deseada. Los diagramas se pueden observar en las figuras 3.5 y 3.8.

4. Construcción del modelo de simulación. Para este paso, se programó en SIMIO el flujo de procesos diseñado en el paso 3 teniendo en cuenta los datos obtenidos en el paso 2.

5. Validación y verificación. La verificación se llevó a cabo con la herramienta interna del software SIMIO corroborando la inexistencia de errores lógicos. La validación se llevó a cabo en FYMTEX, es decir, el modelo le fue presentado a la dirección de la empresa para que hiciera constar que los datos así como los movimientos de la simulación son lo más parecido a lo que se tiene en la empresa.

6. Simulación. Ya que se tienen el modelo validado se ejecutó por varios días, horas o meses, este tiempo no es necesariamente en tiempo real. Una facilidad que ofrece el software es dar velocidad para obtener los resultados de una semana de trabajo en unas horas.

7. Análisis de la simulación. Se analizan los datos obtenidos con la ejecución del modelo.

Para iniciar la simulación de FYMTEX se va a hacer un antes y después de la aplicación de las 5'S. En el primer panorama de FYMTEX, se va a simular el proceso de producción de piezas de fundición con la planta en su estado actual. Para el segundo panorama se va a aplicar las 5'S y se simulará el después de la aplicación de la herramienta. Con estas dos simulaciones se tendrá un estado actual y un deseado de la planta.

3.4. Simulación del estado actual

En esta etapa de la simulación se procedió a programar en Simio software las condiciones actuales o el estado actual de la empresa FYMTEX. En la figura 3.5. se muestra el diagrama de proceso de FYMTEX. Iniciando con dos entradas de Materia prima básica que es la arena para los moldes y el acero reciclado que son sobrantes de material de otras empresas. Por el lado de la arena, esta se divide en 3, correspondientes a 3 áreas de moldeo como son moldeo 1 y moldeo 2, el área restante es el área de corazones que se encarga de

realizar las pequeñas piezas de arena que serán un hueco una vez que el acero se vierte. Al mismo tiempo se llena el horno con el acero sólido y con forme pasa el tiempo, este va bajando de volumen ya que se va tornando líquido y se puede agregar más metal hasta llegar al volumen a ocupar.

Cuando estos dos procesos están listos, ambas partes se encuentran en el área de vaciado tardando 20 minutos aproximadamente. Después de un pequeño lapso de tiempo se pueden retirar ya en un estado más sólido, al moverlos se extrae la pieza de entre la arena y se retira a un lugar ya destinado para almacenar la arena quemada y pueda pasar la empresa encargada a recogerla. La arena solo sirve una vez.

En la zona de enfriamiento las piezas permanecen 12 horas antes de seguir manipulándolas y poderlas meter a las maquinas granalladoras por 20 minutos, en estas máquinas se pueden introducir alrededor de 10 piezas, dependiendo del tamaño de las piezas a introducir. Al concluir la máquina, se extraen las piezas limpias de arena y listas para que pasen al área de esmeril para que el operador retire alguna imperfección.

Algunas piezas pasan al área de corte para que se retiren sobrantes más grandes y posteriormente pasan al esmeril para pulir el corte. Después de que se completan estos dos procesos, se pasan al área de maquinado y luego al tratamiento térmico o solo pasan al tratamiento térmico o solo al maquinado, esto depende de la función que la pieza en cuestión vaya a tener.

Al concluir estos procesos, todas las piezas llegan al área de salida, en este lugar se embala para el cliente y se entregan las piezas.

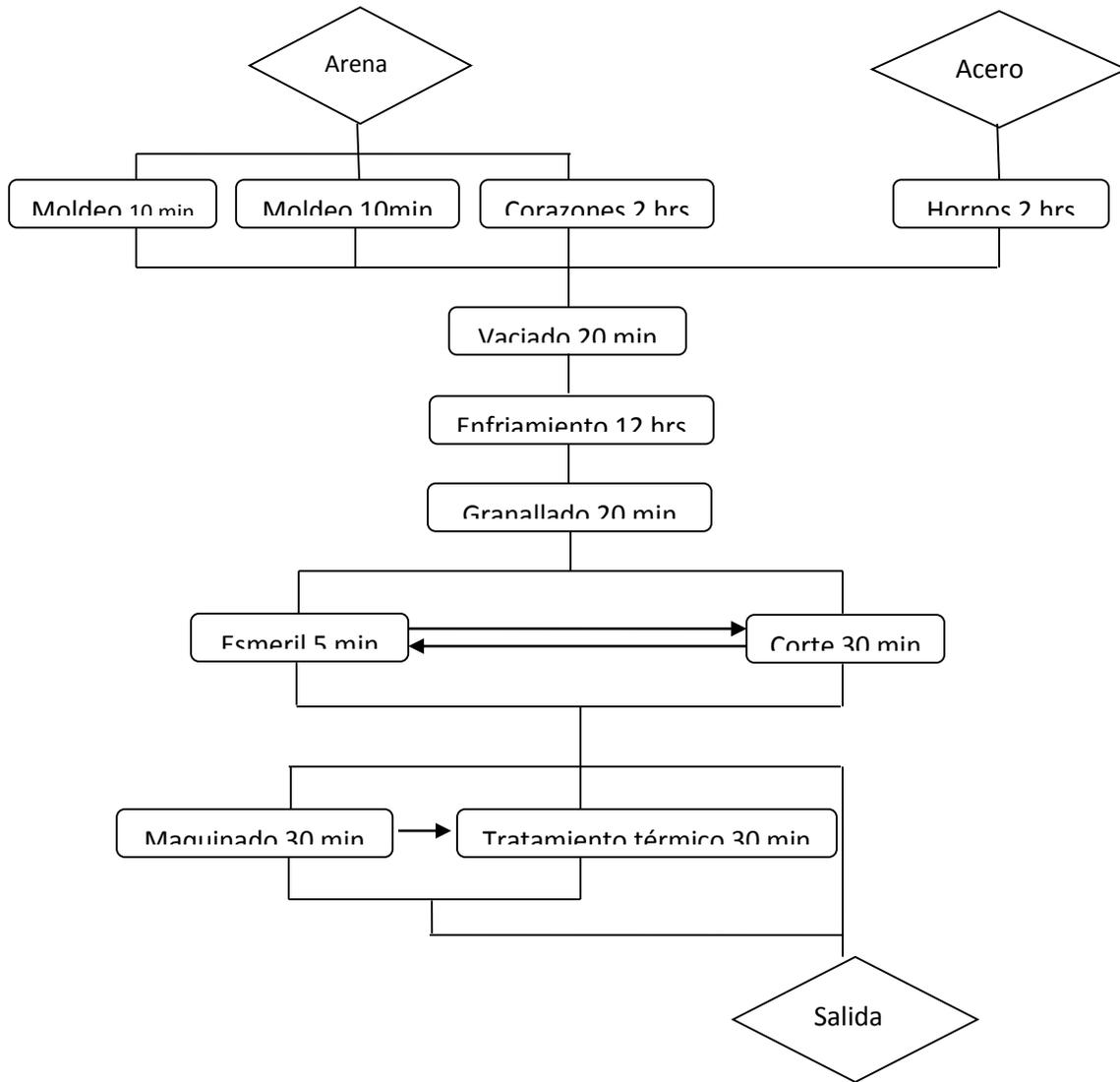


Figura 3.5. Diagrama de proceso de FYMTEX
(Fuente: Elaboración propia, 2015)

Utilizando el proceso general de la empresa antes descrito, se continuó a programar con los datos obtenidos por la empresa así como algunas de las actividades que se describen en el capítulo 1, estos datos son los tiempos que cada área consume para realizar su tarea. Por otro lado las áreas que se utilizaron en esta programación y que no sufrieron modificación en el desarrollo del modelo de simulación fueron: fundición, maquinado, vaciado, horno de tratamiento térmico, corazones, salida y entrada. Estas áreas permanecieron en el lugar original.

Las áreas que si sufrieron cambio de posición dentro de la empresa fueron: esmeril, corte, moldeo 1, moldeo 2 y granallado. Este movimiento se realizó para disminuir el tiempo de traslado entre estas áreas y que a su vez estén más cerca del área de vaciado. Al realizar estas operaciones, se despejó el área de los pasillos permitiendo un libre tránsito dentro de la empresa y así se eliminaron las obstrucciones que se mostraron en la figura 1.3. del capítulo 1. Todo esto dentro de las reglas que la metodología 5's describe.

Como se puede observar en la Figura 3.5. Se tienen dos entradas de materia prima, estas son: arena y chatarra de acero, recortes de lámina, etc. Se tienen tres áreas de moldeo con 10 minutos por molde por área aproximadamente y a su vez, un área de moldeo de corazones (pequeñas piezas de arena) con dos horas pero con lotes más grandes, estos lotes llegan a 50 piezas por cada hora de moldeo. Estas son las áreas que comprende el moldeo basado en un modelo físico que será idéntico a las piezas a fabricar.

Al mismo tiempo que esta el proceso de moldeo, se vierte el acero al horno y se deja por 1.5 horas aproximadamente para que se logre un material líquido con las propiedades adecuadas como se describe en el capítulo 1, así como el proceso general de fabricación del molde.

Todos estos procesos se programaron en SIMIO *software* mediante las herramientas que el programa tiene, apegado siempre a las características que tiene la empresa, sus procesos y tiempos, así como de la herramienta 5's. Ajustando tiempos de traslado de aproximadamente 2 minutos por molde, se ajustó las trayectorias que se tienen actualmente y que en gran medida son modificadas y trazadas por el inventario acumulado como se hizo mención en el *lay-out* de la figura 1.3. de el capítulo 1, es decir, el operador se abre camino entre los pasillos siempre teniendo cuidado de no dañar su integridad física y al molde en el caso de que este transportando alguno.

Como se mencionó anteriormente, FYMTEX tiene un *lay-out* con diferentes zonas o áreas: 3 áreas de moldeo, un área de fundición, una de corte y soldadura, esmerilado, granallado, maquinado, enfriamiento, corazones y el área de maquinado. En la siguiente figura se puede apreciar la distribución de dichas áreas.

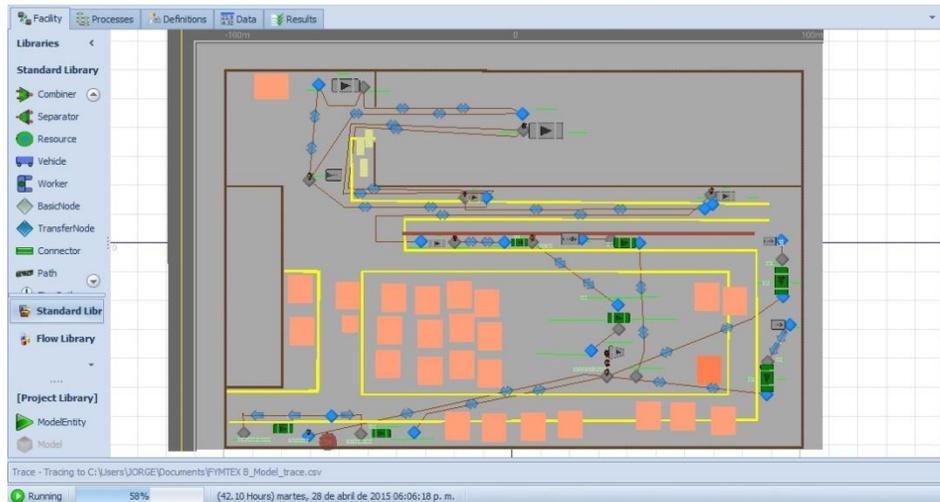


Figura 3.6. Simulación del estado actual.

(Fuente: Elaboración propia, 2015)

Como se puede observar en la Figura 3.6, se tiene un gran problema en el manejo del inventario de moldes terminados (cuadros en color melón), estos moldes son de diferentes tamaños que por distintas razones se han acumulado creando una fila de espera. Este problema ya ha invadido otras zonas de la empresa que ya están utilizadas por otros objetos y equipo lo que ocasiona que se apilen en los pasillos, obstruyendo el libre tránsito de los operarios.

Al problema anterior se suma el traslado que se debe de hacer hacia las áreas de corte, soldadura y esmeril. Las dos de las áreas de moldeo se encuentran muy retiradas de las demás estaciones de moldeo y vaciado de moldes.

La falta de orden, limpieza y estandarización de actividades, trae un único problema que es la productividad, esta no es la máxima debido a que se pierde mucho tiempo en los traslados, en esquivar los obstáculos y en los retrasos debido a la falta de orden en las herramientas.

3.5. Simulación del estado deseado

A continuación se muestra el diagrama de procesos (Figura 3.7. y 3.8.) con la modificación de tiempos en el área de moldeo pasando a 8 minutos en lugar de los 10 minutos anteriores. También se redujo de 12 horas a 10 horas el tiempo de enfriamiento del lote de piezas.

En esta etapa de la simulación, se programó la simulación de las 5's de *Lean* aplicado a FYMTEX, esto es, las condiciones en las que debería de operar FYMTEX con las mejoras propuestas por las 5's, así como una distribución diferente del *lay-out* para aprovechar el espacio y optimizar el traslado de las piezas terminadas.

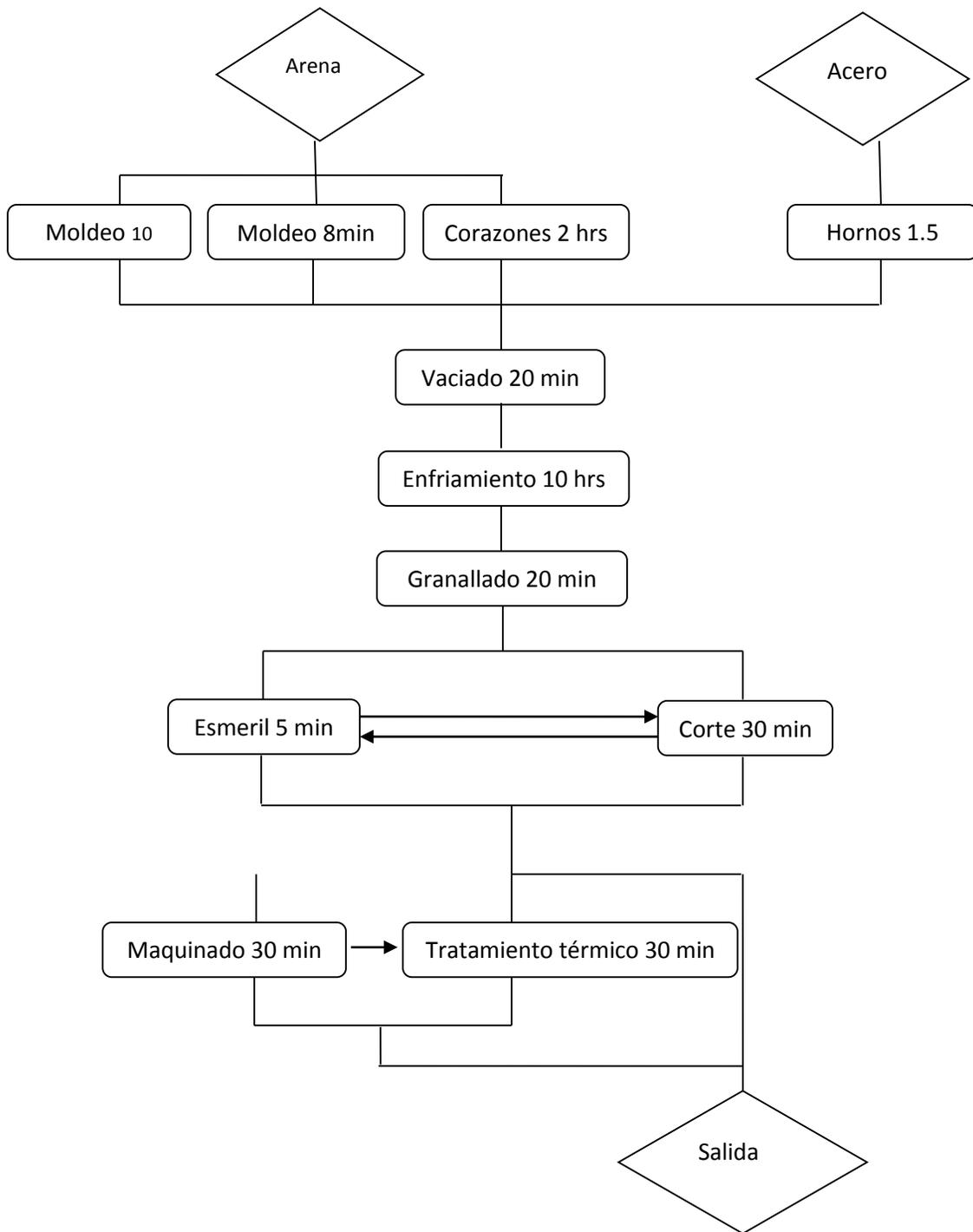


Figura 3.7. Diagrama de proceso del estado deseado.

Fuente: (Elaboración propia, 2015)

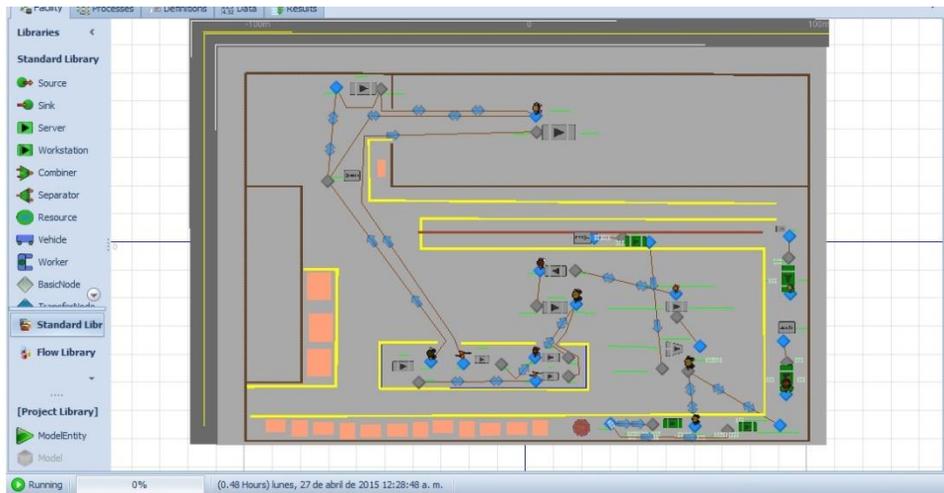


Figura 3.8. Diagrama de proceso del estado deseado.

(Fuente: Elaboración propia, 2015)

En esta etapa, se hizo una limpieza y reubicación de los moldes en espera, se desechó lo que no se necesita, esto creó un mayor espacio para colocar moldes en lugares donde no obstruya el paso de los operarios.

Las áreas de moldeo que estaban alejadas se acercaron a las demás áreas, dichas áreas ocupan el lugar que se estaba desperdiciando, en este lugar se almacenaban diferentes objetos y diversas partes de máquinas. Ahora se puede apreciar en la figura que las áreas relacionadas con el moldeo se encuentran del lado derecho y muy cerca una de otras, así como del área de vaciado.

También se acercaron las áreas de corte, soldadura y esmeril. Ahora se encuentran en el lugar que antes estaba siendo ocupado por los moldes en espera (al centro de la empresa). Estas nuevas áreas de corte, soldadura y esmeril, se instalaron con las condiciones adecuadas para proteger al personal de la luz que se genera del proceso de soldadura y corte. Ahora se encuentran en un cuarto con paredes de lámina color negro.

Con estos cambios, ahora se tienen las áreas muy cerca una de la otra y en completo orden, evitando traslados largos de las piezas, ahorrando tiempo, evitando traslados de los operadores y teniendo la principal materia prima (arena) en una zona de la empresa.

CAPITULO 4. Análisis de los resultados obtenidos

En esta última etapa de la simulación, se fijaron los tiempos de simulación y se dejó ejecutando el programa en ambos estados de FYMTEX (actual y el deseado) por 3 días para generar los suficientes datos de varios días de trabajo, teniendo como resultado lo siguiente:

Views < Drop Filter Fields Here								
Average						Drop Column Fields Here		
Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Average Total		
Path	Path9	[Travelers]	FlowTime	TimeOnLink	Average (Ho...	0.0186		
				TimeOnLink	Maximum (H...	0.0186		
			Throughput	NumberEntered	Total	69.0000		
				NumberExited	Total	69.0000		
Sink	Salida	[DestroyedObjects]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Ho...	40.1052		
				TimeInSystem	Maximum (H...	64.9323		
			InputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	5.0000	
					NumberExited	Total	5.0000	
		Source	Arena	OutputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	17,529.0000
						NumberExited	Total	17,529.0000
Source1	Chatarra	OutputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	100.0000		
				NumberExited	Total	100.0000		
Source2	Source1	OutputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	17,238.0000		
				NumberExited	Total	17,238.0000		
Source2	Source2	OutputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	17,625.0000		
				NumberExited	Total	17,625.0000		

Trace - Tracing to C:\Users\JORGE\Documents\FYMTEX B Model trace.csv

Figura 4.1. Resultados del estado actual.

(Fuente: Elaboración propia, 2015)

En esta imagen se puede observar los tiempos que se tienen de proceso en cada una de las etapas, pero se puso especial interés en la última etapa que es la de salida (Sink), ya que ésta es el último lugar donde una pieza llega, equivale a la salida y entrega al cliente dentro de la empresa. Como se puede observar, tiene un valor de 40 horas de trabajo en el sistema. Con lo que se acerca a los datos que se generan en la empresa. Estos datos son generados a partir del estado actual con el que cuenta la empresa, es decir, las obstrucciones en los pasillos, tiempos muertos de los trabajadores causados por los factores antes descritos.

Views < Drop Filter Fields Here							Drop Column Fields
Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Average Total	
Path	Path8	[Travelers]	Throughput	NumberExited	Total	100.0000	
			Content	NumberOnLink	Average	0.9993	
	Path9	[Travelers]	FlowTime	TimeOnLink	Maximum	7.0000	
					Average (Hours)	0.0082	
					Maximum (Hours)	0.0082	
	Throughput	NumberEntered	Total	NumberExited	Total	8,757.0000	
						8,756.0000	
Sink	Salida	[DestroyedObjects]	FlowTime	TimeInSystem	Average (Hours)	39.8406	
					Maximum (Hours)	70.5832	
					Minimum (Hours)	9.2070	
					Observations	11.0000	
	InputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	NumberExited	Total	11.0000
11.0000							
Source	Arena	OutputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	17,458.0000	
						NumberExited	Total
	Arena2	OutputBuffer	Throughput	NumberEntered	Total	17,300.0000	

Figura 4.2. Resultados del estado deseado.

(Fuente: Elaboración propia, 2015)

En esta segunda imagen, figura 4.2, se muestran los resultados de salida de la segunda simulación, la herramienta de *Lean manufacturing* (5's) aplicado a FYMTEX con un *lay-out* diferente, recortando los tiempos de traslado entre las principales áreas de trabajo, se redujo el tiempo de enfriamiento a la mitad, ordenando herramientas, limpiando lugares de trabajo, con estos cambios, los resultados fueron muy notorios en el mismo valor en la etapa de salida, arrojando 39.84 horas en los mismos tres días de simulación. Es evidente el aumento de piezas en el mismo lapso de tiempo con solo modificar puntos clave que deben de estar siempre en cualquier empresa

Con estos dos datos, se puede obtener un valor de 120% de mejora en producción con los cambios básicos y de distribución de las máquinas. Esto es, se produjeron más piezas en el mismo lapso de tiempo. Estos tiempos de producción son en un plazo de 3 días (72 horas) equivalente a 9 días laborales en FYMTEX equivalente a 3.4 semanas para llegar al mes de producción (9 días x 3.4 semanas= 30.6 días o un mes). Estos tiempos de simulación fueron elegidos al azar pero teniendo en cuenta que entre más tiempo este en simulación, más evidente será el alza de los números como mejora en la producción.

Con los datos proporcionados por FYMTEX, se tienen ingresos de \$300,000.00 pesos al mes actualmente, equivalente al 100%, \$360,000.00, es el 120% (mejora de productividad) por cada 9 días de trabajo. Si se multiplican \$360,000.00 por 3.4 semanas para obtener el mes de producción, se tiene como resultado: \$1,224,000.00 de ingresos, sumado a los ingresos existentes actualmente, tenemos que FYMTEX tendría ingresos de \$1,524,000.00 mensuales, de \$18,288,000.00 anuales si se implementaran los cambios propuestos en el nuevo *lay out*.

Con base en el análisis de productividad obtenida del modelo de simulación se observa una mejora de productividad puesto que los tiempos de producción se reducen debido al orden de la empresa, lo que se traduce en una mejora económica equivalente a \$60,000.00 pesos al mes.

Con la ayuda de un programa de cómputo adecuado que permite reproducir adecuadamente las condiciones en el proceso de producción de una empresa y en este caso FYMTEX, se logró realizar el proceso de simulación de forma satisfactoria atacando la problemática descrita en el capítulo 1. Es importante destacar que con los resultados que arrojó el programa, la dirección de la empresa ahora tiene una base fuerte para tomar una decisión. Esta decisión consiste en realizar los cambios o no. Si los realizan, la empresa aumentara sus ganancias la cantidad mostrada anteriormente.

Es importante este proyecto es para apoyar la toma de decisiones en FYMTEX demostrando que la productividad aumento un porcentaje considerable con respecto a lo que actualmente se tiene en la empresa. El proceso de simulación del estado actual y del estado deseado está finalizado en el programa y se obtienen los resultados de esta simulación en una opción dentro de la ventana del programa. La empresa tiene maquinaria que fue de punta hace ya varios años pero que hoy en día es obsoleta y retrasa la producción.

Los resultados arrojados fueron basados únicamente con el equipo que actualmente cuenta FYMTEX, es decir, que se obtuvo el máximo provecho de las instalaciones, remodelando el *lay-out* y la distribución de las máquinas, todo esto basándose en 5's y con el objetivo de reducir desperdicios para aumentar la productividad de la empresa. Es claro que si estos cambios se hacen con una actualización de una maquinaria más eficiente y especializada en todas las áreas la productividad aumentará drásticamente.

CONCLUSIONES

En esta tesis, se desarrolló una propuesta de mejora, tomando los principios de *Lean Manufacturing*, los objetivos de la metodología y sus herramientas para lograr los objetivos. Todo esto en conjunto se aplicó a FYMTEX, aplicando 5's para ayudar a la empresa a resolver su problema más notorio que es la falta de orden dentro de ésta y que genera baja productividad. Todo esto con ayuda de Simio software como herramienta de simulación. El software Simio, es una herramienta muy confiable para poder tener un panorama de un lugar de trabajo en diferentes situaciones y *lay-out* distintos.

La herramienta cuya implementación se propone en este trabajo, es la adecuada para atacar a fondo los problemas mayores que afectan la correcta operación del área de fundición, por lo que su posterior implementación, repercutirá en un aumento en el nivel de desempeño de ésta área, de todos los procesos que se llevan a cabo e incluso elevando el nivel del área de maquinado y otras áreas que interactúan de forma indirecta con el área de fundición.

Como conclusión de esta tesis, se toma la metodología *Lean Manufacturing* y un programa de simulación especializado que en conjunto nos dan los datos para poder tener una toma de decisiones rápida y segura. Con los números arrojados en mejora y traducidos a valor monetario la empresa se volverá aun más rentable y tendrá más ingresos que los actuales.

ANEXOS

Anexo 1: Política de Calidad de FYMTEX.



Anexo 2: Objetivos de Calidad de FYMTEX.



FUNDICIONES Y MAQUINARIA DE TEXCOCO S.A. DE C.V.

Objetivos de Calidad

FYMTEX S.A. de C.V. tiene como Objetivos:

- 1.- Implementar el Sistema de Gestión de la Calidad en piso, en el 2013, con base en la norma ISO-9001:2008.
- 2.- Cumplimiento mensual a los indicadores de planta.
- 3.- Mantener los niveles de satisfacción del cliente en un 80% en el Año 2013.


Ángel Vega Saucedo
Gerente General

FUNDICIONES Y MAQUINARIA TEXCOCO S.A. de C.V.
Octubre 08, 2013.
Nivel 02.

Glosario

- 1) **Acero Nodular:** El hierro nodular se obtiene mediante la introducción controlada de magnesio en el hierro fundido, y bajas proporciones de azufre y fósforo. Se obtiene de este modo una extraordinaria modificación en la micro-estructura del metal, ya que el carbono se deposita en la matriz ferrítica en forma de esferas al contrario de lo que ocurre en el hierro gris, en el que el carbono toma la forma de láminas. El resultado de este importantísimo cambio de estructura, es un hierro mucho más fuerte, resistente y elástico.
- 2) **Adobera:** Molde para hacer adobes. En el caso de FYMTEX, la adobera es el recipiente en el que se deposita la arena y el modelo.
- 3) **Alúmina:** Es el óxido de aluminio (Al_2O_3). Junto con la sílice, es el componente más importante en la constitución de las arcillas y los esmaltes, confiriéndoles resistencia y aumentando su temperatura de maduración. Tiene la particularidad de ser más duro que el aluminio y el punto de fusión de la alúmina son $2072\text{ }^{\circ}C$, frente a los $660\text{ }^{\circ}C$ del aluminio, por lo que su soldadura debe hacerse a corriente alterna.
- 4) **Análisis de Pareto**(Correa, 2007): También llamado curva cerrada o Distribución A-B-C, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite, pues, asignar un orden de prioridades.
- 5) **Carcasas:** Son un conjunto de piezas duras y resistentes, que dan soporte (internas) o protegen (externas) a otras partes de un equipo, construcción o ser vivo.
- 6) **Chumacera:** Pieza de metal o madera con una muesca en que descansa y gira un eje de una maquinaria.
- 7) **Desbaste:** Quitar las partes más duras o ásperas de un material que se va a trabajar.
- 8) **Desperdicios:** En Lean Manufacturing, es todo aquello en el proceso productivo que no genera valor alguno.
- 9) **Fresadora:** Máquina herramienta con un porta herramientas en posición vertical cuyo movimiento es ascendente y descendente. la máquina cuenta con una mesa que tiene movimiento en dos ejes, en combinación se tienen 3 ejes de movimiento.
- 10) **Granallado:** Es la operación de propulsar a alta presión un fluido, que puede ser agua o aire, o una Fuerza centrífuga con fuerza abrasiva, contra una superficie a alta presión para alisar la superficie o la rugosidad de la superficie o eliminar materiales contaminantes de la superficie.

- 11) **Granalladora:** Es la máquina encargada de impulsar el material abrasivo hacia el objeto a trabajar.
- 12) **Lay-out:** Es un esquema de distribución de elementos dentro de una empresa.
- 13) **Lean Manufacturing:** En español, Manufactura esbelta, es un modelo de gestión enfocado a la creación de flujo para poder entregar el máximo valor para los clientes, utilizando para ello los mínimos recursos necesarios: es decir *ajustados*.
- 14) **Lejías:** Cloro. La lejía es una disolución acuosa oxidante, frecuentemente utilizada como desinfectante, como decolorante y en general como solvente de materia orgánica.
- 15) **Marketing:** Una filosofía de la dirección que sostiene que la clave para alcanzar los objetivos de la organización reside en identificar las necesidades y deseos del mercado objetivo y adaptarse para ofrecer las satisfacciones deseadas por el mercado de forma más eficiente que la competencia.
- 16) **Mura:** Al igual que Muri, son sinónimos de MUDA (desperdicio de Lean Manufacturing).
- 17) **Piezoelectricidad:** Es un fenómeno que ocurre en determinados cristales que, al ser sometidos a tensiones mecánicas, en su masa adquiere una polarización eléctrica y aparece una diferencia de potencial y cargas eléctricas en su superficie.
- 18) **Piroelectricidad:** Es la propiedad que presentan ciertos materiales de tal manera que sometidos a cambios de temperatura experimentan cambios en la polarización eléctrica, por lo que dichos cambios de temperatura inducen un campo eléctrico en el interior del material, causado por movimiento de cargas positivas y negativas en los extremos opuestos de la superficie. Esto tiene numerosas aplicaciones prácticas como por ejemplo la construcción de termómetros electrónicos.
- 19) **Sílice:** Combinación de silicio con oxígeno (SiO₂) que entra en la composición de ciertos minerales.
- 20) **Simio Software:** Es un programa de computo especializado en generar distribuciones de planta o *lay-out* de un área de trabajo, posterior a la programación, se puede visualizar el funcionamiento de la empresa.
- 21) **Torno:** Máquina herramienta cuyo funcionamiento se basa en el giro de un eje principal en el cual se instala el material de trabajo, para generar la forma deseada, se utiliza una herramienta fija llamada buril.

Bibliografía

- (s.f.). Recuperado el 2015, de <https://zenempresarial.wordpress.com/2009/12/21/las-5-s%C2%B4s-%E2%80%93-la-segunda-seiton-u-organizacion-ordenamiento/>
- (Agosto de 2015). Obtenido de <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4100002/lecciones/instrumentos/sigma.htm>
- (Agosto de 2015). Obtenido de <http://www.fymtex.com/spa/clientes.html>
- Coriat, B. (1992). *Pensar al revés. Trabajo y Organización de la Empresa Japonesa*. Siglo XXI.
- Correa, F. G. (2007). Manufactura esbelta (Lean Manufacturing). Principales herramientas. *Revista Panorama Administrativo* .
- Farrero, J. M., & Carballosa, C. C. (2003). *La Logística en la empresa, fundamentos y tecnologías de la información y de la comunicación*. Madrid: Pirámide.
- Hirano, H. (2000). *Poka-Yoke*. . México: Productivity Press.
- Imai, M. (1992). *Kaizen. La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa*. Continental.
- Jeffrey, K. L. (2004). *The Toyota way*. New York: Mc Graww hill.
- Juan Carlos Hernández Matías, A. V. (2013). *Lean Manufacturing, conceptos, Técnicas e Implantación*. Escuela de Organización Industrial.
- Marco, L. S. (2004). *El proceso de las 5's en acción*. Grupo Norma.
- María del Rosario Álvarez Hernández, M. C. (2010). *Propuesta de Implementación de Lean Manufacturing en el Departamento de Embarques y taller 21 de compañía Mexicana de Aviación S.A. de C.V.* México DF: Instituto Politécnico Nacional.
- Michael L. George, D. R. (2004). *Lean Six sigma pocket*. Mc Graw Hill.
- Monden, Y. (1997). *Toyota Production System. An Integrated Approach to Just-In-Time*. Engineering & Management Press.
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System. An Integrated approach to Just-In-Time*. Engineering & Management Press.
- ohno, T. (1998). *Toyota Production System (Beyond large- scale Production)*. Nueva York: Productivity.
- ohno, T. (1988). *Toyota Production System (Beyond large-scale Production)*. New York: Productivity Press.

Shingo, S. (1990). *A Study of the Toyota Production System from an industrial engineering viewpoint*. Productivity Press.

Shingo, S. (1987). *The Poka-Yoke System*. Productivity Press.

Socconini, L. (2008). *Lean Manufacturing paso a paso*. Norma.

Watson, L. R. (1998). *Implementing World Class Manufacturing: A Bridge to Your Manufacturing Survival-Shop Floor Manual*. Wcm Associates.

