INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS MONTERREY
DIVISION DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA

TECNOLÓGICO
DE MONTERREY®

"MODELO DE MANUFACTURA ESBELTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE UN TALLER DE MAQUINADOS"

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD
EN SISTEMAS DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD

POR:
LUIS MIGUEL MIJARES ELIZONDO

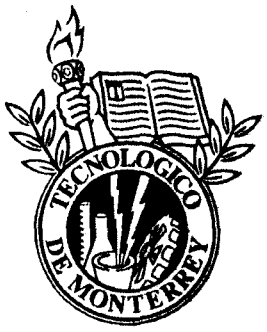
MONTERREY, N. L. DICIEMBRE DE 2008

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA



"MODELO DE MANUFACTURA ESBELTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE UN TALLER DE MAQUINADOS"

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD

POR:

LUIS MIGUEL MIJARES ELIZONDO

MONTERREY, N.L. DICIEMBRE DE 2008

AGRADECIMIENTOS

"Agradecedimientos." Las gracias. A Dios sobretodo, a los que hoy pongo en este escrito y también a los que por alguna razón no aparecen.

A Carlos y Ana, por el apoyo, por los ánimos y por estar siempre atentos a que esto se haya logrado. A mi abuelos Carlos (†) y Chela, y mis abuelos Oscar y Rebeca. A mis segundos padres y hermanos, los Chavira.

A mis amigos. Las virtudes que todos ustedes tienen me inspiran a ser mejor cada día y a lograr dar pasos como este. A Gerardo, Pato, Víctor, Chuy, Diego, Horacio y Jaime, que el simple hecho de ser su amigo, genera orgullo y confianza. Al Beno se la regreso y le doy las gracias por ponerme el ejemplo. Por supuesto a mi compadre Alonso y a Poly que al mismo tiempo que me hacían un cuento cuando no les seguía al fútbol y a la fiesta, yo siempre sentí su respaldo y aliento a que siguiera adelante con esto.

A mis compañeros de FRISA. A Macario, Mike, Luis, Martin y Willy por invitarme a ser parte de su equipo y darme la oportunidad de pertenecer a esta gran familia. A Toño, Raymundo, Chema, Servando, Alex por tenerme la confianza y permitirme seguir creciendo. Al Ing. Garza T. y a Héctor Martínez por su liderazgo que ha llevado a ésta empresa a que ser la mejor. En especial a Jesús Moreno por su retroalimentación y su gran aportación en este trabajo (sus ideas, sus conceptos y su perseverancia están plasmadas en este escrito).

A Luis V. Cabeza por aceptar ser mi asesor, orientarme y aconsejarme en este proyecto. A mis sinodales José Manuel Sánchez y Heriberto García por su tiempo, por su exigencia y retroalimentación en el trabajo hecho.

A Elvia Rivas que me ayudó un montón durante toda la Maestría.

Al duende de José, al sentimiento garrapatero y a El Bicho (las gracias) por darme ánimo e inspiración durante todo el trayecto.

Con quien más agradecido estoy es con mis papás. Este trabajo esta dedicado a ellos. A mi Mamá porque mis estados de animo, buenos y malos, los convertía en suyos y transformaba en motivación todo aquello que me frenaba a terminar esta maestría. Felicidades por tu cumpleaños Mamá. A mi Papá, por su tiempo, por su dedicación al ayudarme, por su retroalimentación siempre inmediata, por sus consejos y su asesoría en este proyecto, y porque simplemente es el mejor. Muchísimas gracias.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1 - INTRODUCCIÓN

1.1 PRÓLOGO..... 1

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 2

1.3 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN..... 2

1.3.1 OBJETIVO GENERAL..... 2

1.3.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS..... 2

1.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN..... 3

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... 3

1.6 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN..... 4

1.7 HIPÓTESIS..... 5

CAPÍTULO 2 – MARCO TEÓRICO

2.1 TORNOS CNC..... 6

2.2 SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA..... 6

2.3 PENSAMIENTO ESBELTO..... 11

2.4 KAIZEN..... 13

2.5 METODOLOGÍA DMAIC..... 15

2.6 MANUFACTURA ESBELTA..... 17

2.7 MAPEO DE LA CADENA DE VALOR..... 17

2.8 LAS 5S'S..... 21

2.9 CONTROL VISUAL..... 25

2.10 SMED..... 26

2.11 POKA-YOKE..... 28

2.12 MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO (TPM)..... 28

2.13 MANUFACTURA ESBELTA EN TALLERES DE MAQUINADO..... 31

CAPÍTULO 3 – MODELO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO..... 34

3.2 IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S'S..... 40

3.3 ESTANDARIZACIÓN..... 47

3.4 SISTEMA DE MEDICIÓN..... 53

3.5 CAMINO HACIA LA MANUFACTURA ESBELTA..... 60

3.6 CONTROL Y CIERRE DEL MODELO..... 66

CAPÍTULO 4 – CASO PRÁCTICO

4.1 INTRODUCCIÓN AL CASO PRÁCTICO..... 68

4.2 IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS DE LAS 5S'S..... 70

4.3 AVANCES EN LA ESTANDARIZACIÓN..... 77

4.4 ARRANQUE DEL SISTEMA DE MEDICIÓN A TRAVÉS DE UN EVENTO KAIZEN..... 83

4.5 EJEMPLO DE PROYECTO DMAIC..... 87

4.6 RESUMEN DE RESULTADOS..... 92

CAPÍTULO 5 – CONCLUSIONES..... 94

ANEXOS

ANEXO A - FORMATO DE AUDITORÍA 5S'S..... 97

ANEXO B - FORMATO PARA RECORRIDO..... 98

ANEXO C - FORMATO HOJA DE PROCESO ESTÁNDAR..... 99

ANEXO D - FORMATO HOJA DE INSTRUCCIÓN DE TRABAJO..... 100

ANEXO E - FORMATO REPORTE PRODUCTIVO..... 101

ANEXO F - AUDITORÍA 5S'S FRISA..... 102

ANEXO G - EXTRACTO CRITERIOS PARA AUDITORÍA 5S'S FRISA..... 103

ANEXO H - FORMATO RECORRIDO FRISA..... 104

ANEXO I - HOJA DE PROCESO ESTÁNDAR (EJEMPLO CASO PRÁCTICO)..... 105

ANEXO J - HOJA DE INSTRUCCIÓN DE TRABAJO (EJEMPLO CASO PRÁCTICO)..... 106

ANEXO K - EXTRACTO MATRIZ DE HABILIDADES (CASO PRÁCTICO)..... 107

ANEXO L - REPORTE PRODUCTIVO ANTIGUO..... 108

ANEXO M - CÓDIGOS DE MAQUINADO ANTIGUOS..... 109

ANEXO N - REPORTE PRODUCTIVO NUEVO..... 110

BIBLIOGRAFÍA..... 111

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 - Diagrama del ETE..... 31

Fig. 2 - Diagrama del Modelo Propuesto..... 36

Fig. 3 - Tabla Desperdicios vs. Herramientas LEAN (Cabeza, L. 2005)..... 38

Fig. 4 - Diagrama del Modelo Propuesto (5S's)..... 40

Fig. 5 - Diagrama del Modelo Propuesto (Estandarización)..... 47

Fig. 6 - Diagrama de Estandarización..... 48

Fig. 7 - Matriz de Habilidades..... 52

Fig. 8 - Diagrama del Modelo Propuesto (Sistema de Medición)..... 53

Fig. 9 - Esquema del Flujo de Información..... 54

Fig. 10 - Gráfico Diario de Producción..... 56

Fig. 11 - Sistema Visual para las Estaciones de Trabajo (*Tótem*)..... 57

Fig. 12 - Diagrama del Modelo Propuesto (Camino hacia la Manufactura Esbelta)..... 60

Fig. 13 - Diagrama del Modelo Propuesto (Control)..... 66

Fig.14 - Flujo en Talleres de Maquinados..... 68

Fig. 15 - Gráfico de Evolución en el Indicador de 5S's..... 71

Fig. 16 - Reconocimiento a las máquinas con la calificación más alta y más baja en las 5S's.... 72

Fig. 17 - Fotografías de los talleres antes de la implementación del sistema de 5S's..... 74

Fig. 18 - Fotografías de los talleres después de la implementación del sistema de 5S's..... 75

Fig. 19 - Diagrama de Estandarización..... 77

Fig. 20 - Fotografías de la Estandarización de las Estaciones de Trabajo..... 78

Fig. 21 - Fotografía y distribución del *Totem*..... 79

Fig. 22 - Módulo de Indicadores Maquinados..... 85

Fig. 23 - VSM Actual..... 88

Fig. 24 - Diagrama de Espagueti Actual..... 89

Fig. 25 - VSM Futuro..... 90

Fig. 26 - Diagrama de Espagueti Futuro..... 91

Fig. 27 – Tabla de Resumen de Resultados Cuantitativos..... 93

CAPÍTULO 1 - INTRODUCCIÓN

1.1 PRÓLOGO

Actualmente la globalización obliga a cualquier empresa manufacturera a mejorar sus procesos para poderse mantener en el mercado, incrementar su participación dentro del mismo o entrar a nuevos mercados. Se necesitan herramientas de clase mundial para situarse en un nivel de competencia alto y así lograr los niveles deseados de calidad y productividad, mejorándolos continuamente.

La empresa en donde se lleva a cabo este proyecto de investigación tiene competencia a nivel mundial. La competencia de la compañía se encuentra principalmente en Estados Unidos, Europa y Asia.

Uno de los procesos críticos que tiene la empresa es el proceso en el área de Maquinados, ya que le otorga al cliente un importante valor. El maquinado de las piezas es un proceso crítico y a la vez es un proceso complicado que requiere de personal con experiencia y conocimientos técnicos. Se cuenta con más de 60 máquinas CNC, operando 3 turnos por cada máquina. Por otro lado, la empresa está creciendo considerablemente y se tiene presupuestado tener un crecimiento importante durante los próximos 3 años (2009 – 2011). Un reto importante para toda la empresa y para la gerencia de maquinados es el poder lograr el crecimiento planeado y a la vez mejorar los procesos, la calidad y la productividad en los talleres. El poder cumplir con estos retos es complicado debido a lo numeroso del personal y por la diversidad de experiencia, conocimientos y aptitudes del mismo.

Como se mencionó, se necesitan herramientas de clase mundial para tener niveles competitivos de calidad y productividad. Este proyecto de investigación intenta desarrollar una metodología aplicable basada en el Pensamiento Esbelto y con la utilización de las herramientas de Manufactura Esbelta, que permita mejorar la productividad dentro de los talleres de maquinados, de tal manera que se pueda soportar el crecimiento y así mismo mantener y mejorar los indicadores de productividad y calidad.

1.2 Planteamiento del Problema

El problema se puede plantar en base a la siguiente pregunta: ¿Qué efecto tiene el uso e implementación de las distintas herramientas de manufactura esbelta en la productividad de un taller de maquinados?

Sabiendo que la aplicación de las herramientas de Manufactura Esbelta ha sido exitosa en muchas ocasiones, se llega al cuestionamiento del qué y cómo se debe hacer la implementación. Es importante definir un rumbo, establecer una estructura y definir las variables que se van a estar monitoreando para conocer el efecto de estas implementaciones.

1.3 Objetivos de Investigación

1.3.1 Objetivo General

- Mejorar la Calidad y Productividad en un taller de maquinados, a través un modelo basado en la Manufactura Esbelta.

1.3.2 Objetivos Secundarios

- Definir y generar un modelo aplicable en otros talleres de maquinados, que sea práctico.
- Identificar las variables dependientes del estudio y determinar la manera en que se van a medir.
- Analizar las distintas herramientas de manufactura esbelta que pueden ayudar a un incremento en la productividad en el taller de maquinados.
- A través del Pensamiento Esbelto, determinar cuáles herramientas de Manufactura Esbelta son claves para incrementar la productividad en el área de operación del taller.
- Implementar la(s) herramienta(s) de Manufactura Esbelta más adecuada(s) en el área de operación del taller.

1.4 Preguntas de Investigación

A través del desarrollo de la investigación, se propuso ir respondiendo varias preguntas que deben ir surgiendo a lo largo del proyecto. Las respuestas a estas preguntas nos van a servir para dar pie y guía al desarrollo del proyecto y así poder alcanzar los objetivos planteados y propuestos en la investigación. Las principales preguntas de investigación, son las siguientes:

- ¿Qué pasos debemos seguir para implementar efectivamente un Sistema de Manufactura Esbelta?
- ¿Qué indicadores y variables son las más adecuadas para medir la productividad en un taller de maquinados?

  ¿Cuál es la manera óptima de medir y obtener los datos de las variables que vamos a monitorear? Como punto de partida es importante determinar qué esquema o modelo se debe de tener como guía para la implementación de las herramientas de Manufactura Esbelta. De igual manera es importante tener claro qué variables se van a medir y cómo se van a obtener estos datos.
- ¿Cuáles herramientas de Manufactura Esbelta son las más adecuadas para resolverlos mayores impedimentos de una mejor productividad?
- ¿Qué factores se necesitan considerar para poder implementar las herramientas seleccionadas?

  Una vez que se han identificado los factores que se deben resolver, a través de una investigación bibliográfica es necesario determinar cuáles serían las herramientas de Manufactura Esbelta más adecuadas para eliminar estos problemas/desperdicios y de qué manera se van a implementar dentro del taller.

1.5 Justificación de la Investigación

La intención primordial del proyecto es elevar la productividad del taller de maquinados, sin olvidarnos de la calidad. La calidad no se puede desligar de la productividad porque en la actualidad un producto que no llegue al cliente en las

cantidades y en el tiempo que lo requiere, no es un producto de calidad, y para esto se requiere de una buena productividad.

Se pretende elevar la productividad dentro del taller de maquinados, permitiendo una mejora en los resultados de facturación y utilidad del mismo taller. Una mejora en estos resultados, consecuentemente se traduce en una mejora en los resultados de la empresa. La empresa es quien directamente se va a beneficiar de este proyecto.

Es muy factible que los resultados de la investigación y la metodología realizada y propuesta, se puedan aplicar en otras operaciones de la empresa para generar un mayor impacto. Tampoco se descarta que otros talleres de maquinados en México y en otros países, puedan utilizar de referencia el trabajo hecho y obtengan mejoras en calidad y productividad.

1.6 Alcance de la Investigación

El proyecto se lleva a cabo en cuatro talleres de maquinado de la empresa cada uno con aproximadamente 15 tornos CNC. Las máquinas manejan anillos de aproximadamente 15 hasta 200 pulgadas de diámetro.

No se considerará a nivel de detalle el proceso de maquinado (parámetros de corte, tipos y grados de las herramientas de corte, programación CNC, etc.). El enfoque del proyecto, es más hacia las actividades periféricas al proceso de maquinado y que están más relacionadas con la Manufactura Esbelta.

El tiempo es un factor importante. Sabemos que la aplicación de las herramientas de Manufactura Esbelta, implica capacitación y conocimiento por parte de todo el personal involucrado. Por lo tanto es necesario tener cuidado ya que puede requerirse algún tiempo para el arranque formal de la aplicación de las herramientas. En el desarrollo de la tesis, se mostrará en qué parte del proyecto *lean* se está, cuáles son los resultados al momento y hacia dónde va el mismo. Sabiendo que los conceptos de Pensamiento Esbelto implican una mejora continua es imposible dar por terminado el proyecto/investigación en un solo año.

1.7 HIPÓTESIS

La aplicación de un Sistema de Manufactura, basado en el Pensamiento Esbelto y las herramientas de Manufactura Esbelta, en un taller de maquinados, genera una mejora en indicadores de productividad del taller.

El modelo del Pensamiento Esbelto, así como las herramientas de Manufactura Esbelta, son instrumentos comprobados en muchas empresas manufactureras de la actualidad que les han permitido lograr importantes éxitos. Con el desarrollo del proyecto de investigación de esta tesis se pretende confirmar lo útil que pueden ser estas herramientas. El planteamiento de la hipótesis está establecido y dirigido exclusivamente al taller de maquinados en donde se esta realizando el proyecto, en el cual se tiene un sistema de producción *"job to order"*. El taller de maquinados tiene muchas áreas de oportunidad en cuestiones productivas que con la ayuda de las herramientas de Manufactura Esbelta se deben mejorar.

La variable independiente del proyecto sería la aplicación del Pensamiento Esbelto y las herramientas de Manufactura Esbelta. Esto es lo que se piensa manipular para provocar cambios en indicadores de calidad y productividad. El uso de las herramientas de Manufactura Esbelta más adecuadas, después de un hacer un análisis detallado (de acuerdo al modelo del Pensamiento Esbelto) permitirían una mejora en las variables dependientes.

Se pretende aumentar indicadores de productividad en el taller, que en este caso son las variables dependientes. ¿Cuáles son estos indicadores de productividad?

Durante el desarrollo de la metodología se pretende hacer una propuesta en donde se definan las variables a medir. Y la misma investigación está enfocada a aumentar estas métricas. Las herramientas de Manufactura Esbelta, permitirían a los talleres aumentar estas métricas reduciendo tiempos muertos y aumentando el porcentaje de tiempo en que realmente se le agrega valor al producto.

CAPÍTULO 2 – MARCO TEÓRICO

2.1 TORNOS CNC

En la industria existen muchos tipos distintos de maquinas, en su mayoría centros de maquinados y tornos. Un torno convencional es una máquina común en casi todos los talleres de maquinado. Un torno es utilizado para maquinar trabajos cónicos o cilíndricos, como por ejemplo flechas de motores, anillos, llantas, roscas, etc. (Smid, P. 2000)

Existen los tornos controlados a través de sistemas CNC (Control Numérico Computarizado), que a diferencia de los tornos convencionales, permiten a la máquina dar formas y figuras en el contorno de la pieza que se está maquinando. Las velocidades y parámetros de corte, las direcciones que lleva la herramienta de corte, y muchas otras funciones especiales, son establecidas en la máquina a través de un programa Este proyecto se va a realizar precisamente en Tornos CNC.

2.2 SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA

El Sistema de producción Toyota es el punto de referencia para toda empresa que quiera aplicar los conceptos de Manufactura Esbelta, porque en Toyota es donde se iniciaron y desarrollaron todos los sistemas y herramientas que se requieren para convertirse en una Empresa Esbelta. El Sistema de Producción Toyota fue desarrollado por Taiichi Ohno, quién dirigió a la compañía desde 1950 hasta 1960. El sistema está basado fundamentalmente en la eliminación absoluta del desperdicio, y los dos pilares que dan soporte al sistema son el "Justo A Tiempo" y el *jidoka.*

Justo a Tiempo

"Justo a Tiempo" significa que en un proceso de flujo, las partes y los materiales que se necesitan ensamblar alcancen la línea de ensamble en el momento en que se necesiten y solamente en la cantidad que se necesita. El "Justo a Tiempo" se basa en 3 elementos importantes: Sistema *Pull*, el *Takt Time,* y el Flujo Continuo.

1. Sistema *Pull*

En un Sistema *Pull* se establece un flujo en donde se toman los productos uno a la vez y no existen inventarios. Esto permite retroalimentación inmediata en caso de que haya algún error o problema de calidad, se minimizan los tiempos de entrega de los productos y se reduce el espacio de producción en las plantas. El sistema dicta cuándo los materiales, productos o artículos se deben de mover o procesar en el sistema de producción y quién (el cliente) determina que se mueva o se procese. El *Kanban* es una herramienta utilizada como parte del sistema *Pull.*

Kanban significa en japonés "etiqueta de instrucción". Esta etiqueta lleva una orden de trabajo que nos sirve para saber automáticamente qué se debe producir, cuánto se debe producir, cómo se debe producir y a dónde se debe llevar. Estas tarjetas o etiquetas permiten que la producción se convierta en sistema *Pull* en dónde el cliente o subproceso adelante en la cadena, pide lo que requiere al subproceso anterior en la cadena a través de estas tarjetas. La eliminación de la sobreproducción, el fácil control del material y una fácil señalización de las prioridades en la producción son algunos de los beneficios que otorga un sistema con *Kanbans.*

El sistema *Kanban* funciona bien estando en equilibrio las cantidades de producción en cada proceso. En este sistema la tarjeta adherida al contenedor es enviada al personal del proceso anterior por lo que se logra que todos los procesos estén conectados y comunicados. Esto permite tener un mejor control en las cantidades necesarias en cuanto a la producción y transporte.

El *Kanban* es un método de comunicación que podría ser una tarjeta, una etiqueta, un espacio libre, un control visual, o cualquier otra señal en la que se avise que el cliente está listo para recibir más producto.

El sistema *Pull* otorga distintas ventajas como: La reducción de tiempos muertos, flexibilidad en los procesos productivos, limpieza, evita sobre producción, provoca una motivación en la reducción de tiempos de *setup*, reducción de inventarios, entre otros.

2. *Takt Time*

El *Takt Time* se define como la demanda del cliente traducida en tiempo y es el indicador para surtir en cada estación de trabajo. Es el tiempo que te dice cada cuando se debe surtir una parte o producto basado en la demanda existente del cliente. El *Takt Time* se calcula dividiendo la demanda del cliente por día (en unidades) entre el tiempo disponible diario (sin contar descansos, juntas y horas de comida). Por ejemplo, si en un taller de maquinados se trabaja 480 minutos por día y el cliente requiere 15 piezas por día, el *takt time* es de 32 minutos. Esto significa que cada 32 minutos debe salir terminada una pieza, ni antes ni después. En base a este tiempo se ajustan los recursos de personal y equipo. Si el *takt time* aumenta o disminuye se debe de tener la flexibilidad de reorganizar las estaciones de trabajo reasignando operadores y máquinas para cumplir con este tiempo.

De esta manera el *takt time* marca el ritmo de lo que el cliente está demandando, al cual la planta debe producir el producto y así satisfacer al cliente. Claro se tiene que el cliente es quien debe marcar el ritmo de producción, y la utilización de esta fácil herramienta permite sincronizar el ritmo de producción con el ritmo de ventas.

3. Flujo Continuo

El Flujo Continuo consiste en que los productos se muevan continuamente a través de los procesos con tiempos de espera mínimos entre los procesos y con la mínima distancia recorrida. La producción y movimiento de un producto o lote debe ser continuo y uno a la vez en forma consistente y controlada. De esta manera se produce con la mayor eficiencia. Que el flujo sea continuo reduce el tiempo de ciclo, ayudando a reducir los costos y mejorar la calidad.

El Flujo Continuo se puede alcanzar de diferentes formas, desde líneas de ensamble hasta celdas de manufactura. Las Celdas de Manufactura se componen de estaciones de trabajo acomodadas muy cerca de tal forma que la secuencia de pasos del proceso permita un flujo continuo. Las celdas requieren trabajadores multihábiles que puedan operar los distintos equipos de la celda y quienes son responsables de la calidad del producto y de los indicadores de la celda para alcanzar las metas establecidas.

Jidoka

El segundo pilar del Sistema de Producción Toyota es el *Jidoka. Jidoka* significa autonomización o darle un toque humano a las máquinas. La idea la originó Sakichi Toyoda, fundador de Toyota, quién incorporó un dispositivo automático que detenía a una máquina cuando se rompía un hilo de los telares. De esta manera la máquina detectaba una situación anormal y se detenía, por lo tanto no se producían productos defectuosos. "*Jidoka* provee a las máquinas y operadores la habilidad para detectar cuando una condición anormal está ocurriendo e inmediatamente se para el trabajo hasta que esa condición se corrija."(Gresham, R. Abril 2006). De esta manera, tenemos máquinas autónomas que son capaces de parar cuando los problemas ocurran.

Un ejemplo sería en el caso de un torno de maquinado. La mayoría de los tornos sujetan a las piezas mediante sistemas hidráulicos. Una falla en el sistema hidráulico que provoque una baja presión en la sujeción, resultaría en un accidente que puede llegar a ser fatal, porque las piezas salen disparadas de la máquina. Los tornos más recientes tienen sistemas *Jidoka* que detectan cualquier anormalidad en la presión del sistema hidráulico e inmediatamente se alarma y se para la máquina.

Si la máquina es capaz de detectar anormalidades y detenerse para que se corrijan las fallas, le permite a los operadores realizar otras, de mejora continua por ejemplo. El operador sólo tendría que atender la máquina cuando ésta envía una señal de que detectó algo malo y tuvo que detenerse.

Desperdicios

El primer paso para la aplicación del Sistema de Producción Toyota es la completa identificación de los desperdicios. Existen distintos tipos de desperdicio. Taiichi Ohno identificó siete tipos de desperdicios:

1. **Sobreproducción**. Producir partes en mayores cantidades o antes de que las necesite el cliente. Esto genera desperdicios tales como los costos de administración de almacenes, personal que atienda estos almacenes, el espacio y el movimiento (transportación) debido al exceso de inventario.

2. **Tiempos de espera.** Trabajadores/operadores que se utilizan para vigilar máquinas automáticas, o que tienen que estar esperando el siguiente paso del proceso, la siguiente parte a procesar, etc. Un equipo parado por falla también es un desperdicio (tiempo de espera).
3. **Transporte**. Movimiento de productos, siendo esto un tiempo y una actividad que no le agrega valor aún cuando la distancia sea corta. El hecho de tener que mover materiales, partes o productos terminados a un almacén o fuera de un almacén no agrega valor, por lo tanto es un desperdicio.
4. **Sobreprocesamiento.** Realizar pasos innecesarios para procesar los productos. Procesar ineficientemente debido a malos herramentales o diseños de producto, provocando movimientos innecesarios y produciendo partes defectuosas. También se genera un desperdicio cuando se procesan los productos más de lo que pide el cliente sin estarlo pagando.
5. **Inventarios.** Excesos de materia prima, productos en proceso, o productos terminados ocasionando que los tiempos de entrega sean muy largos, que los productos se vuelvan obsoletos, que se dañen los productos, que gaste en transporte, movimiento y almacenaje de materiales. Además, el exceso de inventario esconde problemas como el desbalance en las líneas de producción, defectos, tiempos de *setup* muy largos, etc.
6. **Movimientos innecesarios.** Cualquier movimiento que los empleados tengan que hacer durante su trabajo que no estén agregando valor, como el alcanzar una herramienta, buscar una herramienta, apilar productos, etc. El hecho de caminar es un desperdicio.
7. **Defectos.** La producción de partes defectuosas o el retrabajo. Los retrabajos, los rechazos, las reposiciones y la inspección significan desperdicios de manejos, tiempo y esfuerzo.

Diversos autores han mencionado otros tipos de desperdicios además de los que identificó Ohno. Por ejemplo:

- Subutilización de los empleados sin aprovechar el tiempo que disponen para generar otras tareas que puedan mejorar los procesos, ideas que puedan agregar valor al producto, habilidades que no son utilizadas, mejoras y oportunidades de aprendizaje por no escuchar a los empleados (Liker, J., Meier, D. 2006)

- Uso inapropiado de sistemas computacionales. Darle mal uso a las computadoras (ej. Navegar en Internet en cuestiones no laborales) o no utilizar los recursos computacionales que se tiene por falta de capacitación. (Cabeza, L. 2005)
- Trabajar con las métricas equivocadas, utilizando excesivamente recursos para mejorar indicadores que no son clave para mejorar. (Cabeza, L. 2005)

2.3 Pensamiento Esbelto

El Pensamiento Esbelto se enfoca a la eliminación de los desperdicios. *Muda* significa desperdicio en japonés, refiriéndose a cualquier actividad humana que absorbe recursos pero que no crea valor. El antídoto contra los desperdicios (establecidos en la sección anterior) es el Pensamiento Esbelto. Es *esbelto* porque provee un camino para hacer más y más con menos. Menos esfuerzo humano, menos equipos, menos tiempo, menos espacio, mientras se va llegando cada vez más a dar al cliente exactamente lo que requiere. (Womack,J., Jones,D. 2003)

El modelo del Pensamiento Esbelto se centra en 5 conceptos principales. Especificar el valor desde el punto de vista del cliente, identificar la cadena de valor del producto/servicio, definir el flujo del producto, jalar el producto (el cliente es quien debe hacerlo), y buscar la perfección.

Valor

El valor sólo puede ser definido por el cliente final (Womack, J., Jones D. 2003). En departamentos como producción, ingeniería, diseño, se tiende a pensar o decir que se están haciendo las cosas porque así lo quiere el cliente, pero realmente es porque suponen que es lo que quiere cliente y no necesariamente es lo que realmente da valor al cliente. Se termina trabajando, haciendo y ofreciendo bienes y servicios al cliente que no quieren, convirtiéndose automáticamente en desperdicios. Existen herramientas y metodologías para poder traducir los requerimientos del cliente en acciones dentro de la producción y así poder otorgar al cliente el producto/servicio que quiere. Es cierto, que el proveedor crea el valor en el producto o servicio, pero la definición de este valor siempre debe estar dada por el cliente.

Este primer concepto es de suma importancia, porque comúnmente las empresas comienzan el viaje a la Manufactura Esbelta con el enfoque a la eliminación de desperdicios sin antes cuestionarse si en los puntos de creación de valor realmente se le esta dando valor al cliente. Todas las iniciativas "lean" deben de centrarse en la eliminación de desperdicios pero siempre con el objetivo de crear valor. Podríamos estar, trabajando y produciendo algo de una manera muy esbelta, sin tiempos muertos, pocos movimientos y transportes, y aun así no garantizamos la satisfacción del cliente, porque podríamos estar produciendo algo que no le da valor. Tenemos que entregar al cliente lo que quiere y necesita y que además exista un retorno tangible para los inversionistas.

Cadena de Valor

La Cadena de Valor es el conjunto de acciones específicas requeridas para traer un producto específico a través de los tres procesos críticos de cualquier negocio: el *proceso de solución de problemas* que va desde el concepto hasta el diseño e ingeniería detallada para el lanzamiento del producto, el *proceso de la administración de la información* que va desde el recibo de pedidos y ordenes de producción hasta la programación de producción y embarques, y el *proceso de la transformación física* que va desde la materia prima hasta el producto final en las manos del cliente (Womack, J., Jones, D. 2003). Este principio es de suma importancia, ya que se identifican cada una de las actividades que actualmente se realizan en el negocio para poder entregarle al cliente lo que quiere. Al momento de identificar esta cadena de valor, se ve cómo muchas de las actividades no agregan valor al cliente, por lo tanto son desperdicios. Quizás algunas de estas actividades que no agregan valor al cliente, en ese momento son necesarias y no se pueden eliminar de un día para otro. La idea del pensamiento esbelto, es eliminar lo más rápido que se pueda las actividades que no dan valor al cliente, o bien reducirlas al máximo, porque siendo actividades que no agregan valor nunca dejan de ser desperdicios.

Flujo

Después de haber definido claramente el valor desde el punto de vista del cliente, haber identificado la cadena de valor para entregarle al cliente el producto o servicio que requiere y haber eliminado las actividades que claramente son desperdicios y se pueden remover sin ningún problema, se debe buscar que los tres procesos básicos vistos

previamente fluyan sin ninguna interrupción para poder darle al cliente el producto que quiere al momento que lo quiere. No es fácil tener un flujo sin interrupciones en estos procesos, principalmente en la parte de la transformación del producto (sin menospreciar los primeros dos procesos que también tienden a ser lentos), pero se cuentan con herramientas de Manufactura Esbelta que permiten tener un mejor flujo a las actividades identificadas en la cadena de valor. Estas técnicas y herramientas de manufactura esbelta las veremos más adelante.

Jalar

Una vez que se realizan los tres pasos anteriores, el tiempo de los tres procesos críticos se reduce considerablemente. Esto permite que el cliente jale la producción, se produzca sólo lo que el cliente pide y que el tiempo de respuesta sea muy pequeño. De esta manera se va produciendo sólo lo que el cliente pide y no se produce en base a pronósticos de ventas a largo plazo, que normalmente provocan sobreproducción e inventarios que finalmente son desperdicios.

Perfección

Los principios anteriores permiten al negocio la reducción de muchos desperdicios. Por otro lado, se le dan más beneficios al cliente reduciendo los tiempos de entrega y así darle al cliente lo que quiere, como lo quiere y cuando lo quiere. Estas mejoras no deben terminar ahí. Siempre va haber algún desperdicio, algún tiempo, algún inventario que se pueda reducir y se debe buscar hacerlo. Debe haber una constante mejora en los procesos y en los productos, siempre teniendo el primer principio en mente; el *valor* que define el cliente. Se debe competir y comparar contra la perfección, buscándola en todo momento.

2.4 KAIZEN

Kaizen significa mejora continua, involucrando a los más altos niveles, a los gerentes, jefes de departamento, y trabajadores/operadores. La filosofía *Kaizen* asume que nuestra forma de vida, ya sea la vida laboral, la vida social o la vida en casa, merece una constante mejora (Imai, M.. 1986). Este pensamiento esta muy dentro de la mentalidad de los japoneses. Más aún, después de la Segunda Guerra Mundial, los negocios/empresas japonesas tuvieron que empezar de cero, y si querían sobrevivir

necesitaban de un progreso constante. Esta filosofía se convirtió en la forma de vida de los japoneses, la cual ha dejado muchos frutos y un nivel de competencia bastante fuerte en todo el mundo en la actualidad.

Imai señala que además de la importancia del significado de la palabra, Kaizen involucra muchas otras técnicas que se desarrollaron en Japón. Conceptos como Control de Calidad Total, Círculos de Calidad, Orientación al Cliente, Mantenimiento Total Productivo, Just in Time, Kanban, entre otros, son algunas de las prácticas que están dentro del concepto de la mejora continua propuesta por Imai. En general, la metodología incluye hacer cambios, monitorear los resultados y posteriormente ajustar. Esto, a través de pequeños cambios pero de forma continua y mediante una estandarización de las nuevas prácticas. Por eso mismo cuando se habla de Kaizen se habla de la "mejora continua", y muchas veces así se traduce la palabra.

La base de la filosofía *Kaizen* es la orientación al cliente, porque es él quien define lo que le da valor o no. Todas las actividades dentro de una empresa que no agreguen valor desde esta perspectiva, son desperdicios. Asimismo, todas las actividades de mejora que se realicen en cualquier área deben de agregar valor al cliente. Existen dos tipos de *Kaizen. Kaizen de Flujo*, que consiste en mejorar el flujo de producción e información por el simple reacomodo de las estaciones de trabajo, o por la nivelación de la producción, etc. El Kaizen de Flujo es más administrativo y el cual se enfoca en todo el proceso de la planta. El segundo tipo es el Kaizen de Procesos, que es más de operación y consiste en mejorar cada uno de los procesos de manufactura a través de la eliminación de desperdicios con el apoyo de las herramientas de Manufactura Esbelta.

El *Kaizen* debe ser una actividad diaria y su propósito va más allá de la mejora en la productividad. El *Kaizen* involucra la humanización de las estaciones de trabajo, busca la eliminación de los trabajos mentalmente difíciles o físicamente difíciles y elimina cualquier tipo de desperdicio.

La cultura japonesa es distinta a otras culturas en el mundo, y quizás el hecho de quedar devastados después de la Segunda Guerra Mundial, favoreció a la cultura japonesa a tener esa mentalidad. Intentos de aplicar las mismas herramientas utilizadas en Japón en otros países (culturas) han fracasado por el hecho de que la cultura de la gente es

diferente. En México, igualmente la cultura es distinta a la de Japón, y por eso hay que adaptar esta mentalidad de mejora continua a los rasgos culturales que existen en México para poder tener éxito en este proceso *Kaizen.*

Es de suma importancia que si una empresa quiere convertirse esbelta entienda claramente este concepto y el por qué de la mejora continua. Todos los niveles de la organización deben estar involucrados y deben vivir en carne propia la mejora continua para que sea sostenible. No se puede ir directamente a la utilización de Herramientas de Manufactura Esbelta sin antes entender y vivir con esta filosofía *Kaizen.* Si no se entiende el fondo de esos cambios hechos para mejorar, sin duda se fracasaría, no habría sostenimiento y los esfuerzos serían inútiles.

2.5 METODOLOGÍA DMAIC

La metodología DMAIC busca, a través de proyectos, capitalizar áreas de oportunidad detectadas en una empresa o negocio e incluye cinco pasos: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

Definir

Es la etapa en donde se confirma la oportunidad y se definen los objetivos y alcance del proyecto. Se debe describir claramente el problema que se va a atacar y el impacto que tiene en el cliente, en los socios, en los empleados o en el negocio. Es importante tener la evidencia necesaria para confirmar que la oportunidad es valiosa para la empresa para poder lograr que se otorguen los recursos necesarios. También se debe de establecer el plan que se va a tomar para la siguiente etapa.

Medir

Es la etapa en donde se recopila información y se establece el estado actual, en donde se determina que es lo que está pasando el día de hoy en las áreas de trabajo y los procesos. El objetivo de esta etapa es medir el desempeño actual del proceso que se busca mejorar. Algunas de las herramientas que comúnmente se utilizan en esta etapa son las lluvias de ideas, mapeos de procesos, gráficas de pareto, AMEF's, gráficos de control, etc. Es importante explicar cómo se obtuvo la información y demostrar que es

confiable con las distintas herramientas que existen para validar los Sistemas de Medición.

Analizar

En esta etapa se interpreta la información recolectada en la etapa previa para establecer relaciones de causa y efecto. El enfoque de esta etapa es encontrar la causa raíz del problema, basado en la recolección de información. Algunas de las herramientas que comúnmente se utilizan en esta etapa son los análisis de capacidades de proceso, los diagramas de causa-efecto (Ishikawa), ANOVAS (Análisis de Variancia), Análisis de Regresión, etc. Es importante que se expliquen cuáles causas se piensan mejorar y porqué se seleccionaron esas y no otras.

Mejorar

En esta etapa se desarrollan soluciones efectivas para atacar las causas previamente comprobadas. Se busca la solución óptima que sea efectiva, robusta y sostenible. Algunas de las herramientas que comúnmente se utilizan en esta etapa son las lluvias de ideas, SMED, *Poka-Yokes, Benchmarking*, Sistemas *Pull*, etc. Es importante explicar las contramedidas que se seleccionaron y los motivos de la selección. Se deben analizar diversas posibilidades y comprobar que la contramedida que se seleccionó es la mejor.

Controlar

En esta última etapa se desarrollan procedimientos, los cuales aseguran que las mejoras y ganancias obtenidas se mantengan a través del tiempo. Una vez hecha la mejora, el objetivo es controlar y sostener el proceso que se mejoró. Algunas de las herramientas que comúnmente se utilizan en esta etapa son los gráficos de Control, Poka-Yokes, Histogramas, *Checklists*, etc. Esta etapa es la de mayor reto y en la que más se tiende a fallar. Comúnmente se cree que una vez hecha la mejora, el proyecto llega a su terminación, lo que provoca una falta de seguimiento y comúnmente las mejoras se caen. Es importante asegurar el control de las mejoras y hacer un plan de seguimiento a los indicadores que se manipularon.

2.6 Manufactura Esbelta

La Manufactura Esbelta consiste en un conjunto de herramientas que permiten llegar a los objetivos del Pensamiento Esbelto, poder seguir los 5 conceptos establecidos en el modelo de Pensamiento Esbelto, eliminar los desperdicios y tener una mejora continua (*Kaizen*). En su mayoría se desarrollaron en Toyota por personas como Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, entre otros. Por eso el Sistema de Producción Toyota es la referencia para la aplicación de la Manufactura Esbelta. No todos los negocios o giros de negocios van a ser iguales, pero la idea es acoplar las mejores prácticas de Toyota (que sean aplicables) al sistema de producción en el que uno trabaja. A continuación vemos algunas de las herramientas y técnicas de Manufactura Esbelta que pueden ser útiles para mejorar la calidad y productividad dentro de un taller de maquinados.

2.7 Mapeo de la Cadena de Valor

La Cadena de Valor son todas las actividades que agregan o no valor requeridas para llevar un producto o familia de productos a través de los flujos esenciales de todo producto: el flujo de producción (desde la materia prima hasta las manos del cliente), y el flujo del diseño (desde el concepto hasta el lanzamiento).

El Mapeo de la Cadena de Valor es una herramienta que ayuda a visualizar y entender el flujo del material y la información mientras un producto va en camino a través de la Cadena de Valor. Se debe de seguir el camino de producción desde nuestro cliente hasta nuestro proveedor(es), dibujando e identificando cada proceso en el flujo de materiales e información.

Algunas de las ventajas que ofrece el Mapeo de la Cadena de Valor son las siguientes:

- Permite visualizar más de un solo proceso en la producción. Se puede ver el flujo.
- Permite ver los desperdicios dentro de la cadena, dónde se generan y la causa raíz de su generación.
- Permite ver la liga entre el flujo de información y el flujo de material

- Sirve además como una herramienta de comunicación y de planeación estratégica, para dirigir y administrar cambios.

Normalmente se tiende a pensar en el flujo de producción (el movimiento de material a través de la planta). Hay otro flujo de suma importancia que comunica a cada proceso qué debe hacer a continuación. Es muy importante mapear ambos flujos, el de producción (material) y el de información.

Uno se debe enfocar en una sola familia de productos que sea representativa. En la mayoría de las plantas de producción hay mucha variedad de productos y sería complicado mapear el flujo de cada uno de los productos. Se debe seleccionar el producto o familia de productos que sea más representativa en cantidad y en dinero. Una vez seleccionada la familia de productos, se debe dibujar el flujo del producto a través de la planta.

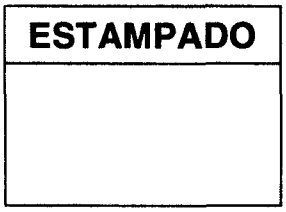
El Mapeo de la Cadena de Valor consiste en 4 pasos:

1. Selección de la Familia de Productos
2. Mapeo de la Situación Actual: el flujo que se sigue actualmente con todos sus desperdicios, tomando información de piso.
3. Mapeo de la Situación Futura: condición a la que se busca llegar a través de la creación del valor en el flujo y la eliminación de desperdicios. Es el objetivo.
4. Plan de trabajo e Implementación: Es el plan que describe cómo se va alcanzar la Situación Futura.

(Rother,M., Shook,J. 2003)

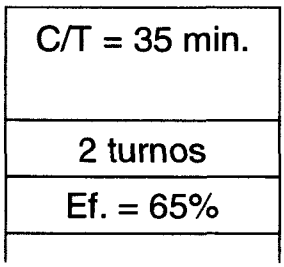
Comúnmente se utiliza una simbología que representa los distintos procesos dentro de la cadena de valor. Se puede usar cualquier tipo de simbología mientras sea consistente y estándar dentro de la compañía para que todos sepan qué se está representando en cada icono. Estos iconos representan procesos, movimientos, inventarios, información, flujos (de material o información), entre otros. Algunos de los más comunes e importantes son los siguientes:

- **PROCESO DE MANUFACTURA**

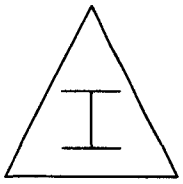


- **COMPAÑÍAS EXTERNAS (CLIENTES, PROVEEDORES, ETC.)**

- **ICONO DE DATOS (INFORMACIÓN DE UN PROCESO DE MANUFACTURA O DEPARTAMENTO)**

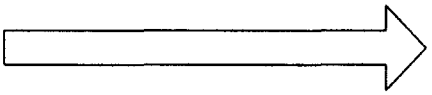


- **INVENTARIO**



- **OPERADOR**

- **MOVIMIENTO DE MATERIALES**



La intención de mapear la cadena es llegar a tener una cadena de valor esbelta de tal manera que un proceso haga solamente lo que el siguiente proceso necesita, en la cantidad que lo necesita y en el momento en el que lo necesita. Aquí es donde entran los conceptos y herramientas del Sistema de Producción Toyota, obteniendo el "Takt Time", utilizando *Kanbans*, buscando un flujo continuo, implementando el sistema "Pull", etc. De esta manera se va ajustando el Mapa de la Situación Futura, mostrando igualmente, a través de iconos la utilización de *Kanbans*, Supermercados, etc.

El Mapeo de la Cadena de Valor es solamente una herramienta la cual no sirve de nada si no se alcanza la Situación Futura. Se debe generar un plan de implementación para llegar a esa Futuro que se representó a través de símbolos, con pasos, proyectos, actividades y objetivos específicos para que poco a poco se alcance la meta.

Es importante recordar que existen dos tipos de *Kaizen*: *Kaizen* de Flujo (mejorar el flujo en la cadena de valor) y *Kaizen* de Procesos (mejorar los procesos y eliminar los desperdicios en los procesos). A través del Mapeo de la Cadena de Valor se logra un *Kaizen* de Flujo mejorando la fluidez de los productos dentro de la planta por el simple reacomodo de las estaciones de trabajo, o por la nivelación de la producción, etc. El *Kaizen* de Procesos se logra a través de la eliminación de desperdicios en los procesos que existen dentro de la cadena. Esta segunda clase de

Kaizen se logra mediante distintas herramientas de Manufactura Esbelta que se describirán el las siguientes secciones.

2.8 Las 5S's

Tener en orden el lugar de trabajo es el punto de partida para convertirse en una Empresa Esbelta, y así asegurar la supervivencia de la misma. El concepto de las 5S's refiere a un proceso y método para crear y mantener un lugar de trabajo organizado, limpio y de alto desempeño. Es una disciplina condicionante y fundamental para lograr actividades de mejora. Los beneficios de la aplicación de las 5S's son:

- Se establecen procesos estandarizados
- Fomenta la satisfacción del empleado
- Incrementa y promueve la seguridad en el área de trabajo
- Fomenta una Calidad perfecta
- Permite la fácil identificación de desperdicios y ayuda a reducirlos
- Facilita el Control Visual

A continuación se describen las 5'S:

1. *Seiri*, Selección.

Significa distinguir lo que es necesario y lo que es innecesario en una estación de trabajo para las operaciones de producción actual. Se debe deshacerse de todo lo que no sea necesario en la estación de trabajo. En ocasiones se vuelve difícil identificar lo que es innecesario y esto a su vez complica deshacerse de las cosas innecesarias. Se sugiere aplicar la estrategia "Red Tag" que significa etiquetar todo lo que es potencialmente innecesario. Una vez etiquetado se coloca en un área temporal en donde se evalúa su utilidad y se decide la disposición del articulo/material. Los criterios de evaluación son los siguientes:

- *La utilidad del artículo*: Si no se utiliza en la estación de trabajo no debe estar allí.
- *La frecuencia de uso*: Si casi nunca se utiliza, no debe estar en la estación sino en otro lugar de almacén.

- *La cantidad del artículo*: No debe haber excesos en cantidades del artículo, solo lo necesario.

Algunos de los desperdicios que se generan en un lugar de trabajo en el cual no existe una *selección* adecuada son los siguientes:

- Inventario innecesario crea costos extra relacionados con el inventario, como áreas (espacios) de almacén y la administración del mismo.
- Tiempo es desperdiciado para buscar artículos o herramientas entre cosas que ni se utilizan
- Artículos y equipos innecesarios dificultan el flujo de los procesos.

Si se implementa esta primer "S" se crea un ambiente de trabajo en el cual el es más efectivo el espacio, tiempo, dinero y energía. Los problemas en el flujo de trabajo se reducen, se mejora la comunicación entre los operadores, se mejora la calidad y productividad y se mejora la seguridad en el área de trabajo.

2. *Seiton*, Orden.

Una vez que se selecciona lo necesario y se deshace de lo innecesario es preciso dar un orden a todo lo que se va a utilizar. La segunda "S" se refiere al orden. Esto significa arreglar los artículos necesarios de tal manera que su uso sea fácil e identificar cada artículo y el lugar donde deben de ir para facilitar la búsqueda de los mismos y su colocación una vez que se terminan de usar.

Este orden es importante ya que elimina desperdicios en la producción. Un desperdicio bastante común en cualquier planta de producción es el hecho de estar buscando una parte, una herramienta, un equipo etc. Si el lugar de trabajo esta ordenado e identificado mucho tiempo de búsqueda sería eliminado. De igual manera sin un orden hay mucho desperdicio por problemas en regresar los artículos a su lugar. Debe haber un lugar para cada cosa y cada cosa debe estar en su lugar. Estos desperdicios a su vez provocan el desperdicio de la energía del operador que se frustra por no encontrar el artículo que quiere.

Hay distintas formas para lograr este orden. Una forma muy común que se utiliza es a través de Controles Visuales. Un Control Visual es cualquier dispositivo de comunicación utilizado en el ambiente de trabajo que nos dice como el trabajo debe hacerse. Por ejemplo, el uso de siluetas de herramientas ("Shadow Box") en una pared o mesa de trabajo para colocar las herramientas. Otro ejemplo sería la delimitación de áreas con colores y líneas, y la identificación de las mismas (ej, Entrada de partes, salida de partes, etc.). Otro ejemplo son las etiquetas de identificación que muestran qué artículo debe estar en cierto lugar y en que cantidades. Se hablará más detalladamente del Control Visual en secciones posteriores.

En esta "S" se debe incluir el acomodo del área de trabajo. El lugar de los equipos, de las herramientas de las distintas estaciones de trabajo. Los controles visuales deben mostrar una fácil visualización del flujo de los productos a través del área de trabajo.
Es importante que este orden e identificación se haga pensando siempre en la seguridad del trabajador, la fácil colocación de los artículos en los lugares asignados (que haya espacio suficiente y que se puedan acomodar fácilmente) que se evite la mayor cantidad de movimientos (desperdicios) y que sea ergonómico para el trabajador.

3. *Seiso*, Limpieza.
Una vez que se seleccionen los artículos, partes y herramientas y se les de un orden se debe de buscar que la estación de trabajo esté limpia. La tercer "S" significa mantener todo limpio. El propósito de tener el área limpia es convertir el lugar de trabajo en un lugar en el cual cualquier persona disfrute su trabajo. La limpieza debe ser parte del trabajo de cada operador/empleado de tal manera que las herramientas, equipo y las áreas de trabajo estén siempre listas para ser utilizadas. Esto involucra también la inspección constante de los equipos, máquinas y herramientas, la lubricación y mantenimientos preventivos.

Algunos de los problemas que se evitan al tener un planta limpia son los siguientes:

- Los defectos y problemas de calidad son menos obvios en los lugares sucios
- Derrames de aceites provocan accidentes
- Se baja la moral de la gente en lugares sucios
- Las máquinas que no se revisan constantemente tienden a fallar frecuentemente.

Es importante que la limpieza sea parte de la rutina diaria. Debe ser parte del trabajo asignado a cada operador. El plan de implementación de esta "S" debe conformar estos puntos incluyendo calendarios de revisiones y mantenimientos, programas diarios de limpieza. De esta manera no permitimos que el lugar de trabajo se ensucie sin quitar mucho tiempo. El mejor lugar de trabajo no es aquel que se limpia constantemente, sino aquel que no se ensucia. No sirve de nada tener jornadas de limpieza si al día siguiente se vuelve a ensuciar todo y nadie está dispuesto a limpiar. Pero claro está que el éxito de la limpieza de una empresa depende de la actitud del personal que la integra, por eso es importantísimo el liderazgo y buen ejemplo en este punto.

4. *Seiketsu*, Estandarizar.

Esta cuarta "S" se logra cuando las tres primeras se mantienen apropiadamente. Una vez hechos los cambios hay que estandarizar los artículos, herramientas, equipos que se seleccionaron necesarios y definirlos como parte de la estación de trabajo, hay que estandarizar el orden que le dimos a la estación de trabajo y que la limpieza del lugar de trabajo sea parte de la operación estándar del trabajador, convirtiéndose en un hábito. De esta manera se evitan retrocesos en los cambios y mejoras logradas con las tres primeras "S´s".

Para lograr la estandarización es importante declarar responsables del mantenimiento de las 3S's y deben de tener claro qué deben de hacer, cuándo lo deben de hacer y cómo lo deben hacer. Esto se puede lograr con auditorias diarias, check-lists, etc.

La estandarización nos lleva a otro nivel, que es la prevención. De esta manera la selección, el orden y la limpieza se vuelven irrompibles. Si por ejemplo tenemos la operación estándar de limpiar el piso de aceite diariamente antes de retirarnos de la estación de trabajo, es fácil llegar a soluciones que no permitan que el piso se llene de aceite llegando a la fuente. Se genera un cambio (mejora) y a la vez se estandariza la operación. Igualmente con la selección, se pueden diseñar dispositivos que permitan tener en la estación de trabajo únicamente con lo que se había declarado necesario (y se estandarizó). De esta manera se previene que cualquier otro artículo entre en la estación de trabajo, porque no tendría cabida.

Debe permitirse que los trabajadores participen en el desarrollo de estos estándares o normas. Ellos son fuentes muy valiosas de información en lo que se refiere a su trabajo porque son los que están en contacto con la estación de trabajo, pero con frecuencia no se les toma en cuenta.

5. *Shitsuke*, Mantener.

La quita "S" refiere al compromiso de Mantener los beneficios alcanzados con las 5S's. Si no existe este compromiso es fácil que la implementación de las 4 primeras "S´s" se caiga de un día para otro.

Para esto se deben crear las condiciones para que las 5S's se mantengan. Debe haber un claro entendimiento de qué son las 5S's, el porqué de su implementación y sus beneficios. Se debe otorgar tiempo suficiente para las actividades de 5S's. Debe haber una estructura de cuándo las actividades de 5S's se deben de realizar. El apoyo de la dirección debe ser incondicional para las actividades. Se deben mostrar los resultados y beneficios obtenidos por la aplicación, ayudas visuales del "Antes" y "Después". Debe haber premios y reconocimientos por los esfuerzos hechos por la gente.

Quizás esta sea la "S" más difícil de implementar. Sabemos que en la industria hay mucho movimiento de personal, hay mucho crecimiento, y esto provoca que se caigan las actividades realizadas. Es importantísimo tener la estructura para que no se caiga esto. Todo el personal (de cualquier área) debe estar comprometido con las 5S's y la gente nueva debe recibir una capacitación acerca de esto al momento de ingresar.

2.9 Control Visual

El Control Visual consiste en ayudas visuales que permiten la explicación, regulación y control del trabajo diario sea más sencillo. Permite administrar la variación en los procesos en cuanto a productividad, estado de las máquinas, materiales, métodos, calidad, costos, etc. La idea es desplegar en distintos sitios el estatus de las variables que debemos medir, para poder tomar acciones más rápido y más enfocadas en los objetivos que busca el negocio.

Este tipo de controles puede servir en muchos ámbitos. Por ejemplo, al momento de aplicar las 5´s se pueden generar controles visuales que marquen el lugar exacto de cada herramienta que utiliza alguna estación de trabajo y así lograr la segunda S (*Seiton)*. Lo controles visuales pueden utilizarse en aplicaciones como: Identificación de tuberías (Agua, Aire, Gas, etc.), Producción diaria que debe tener una estación de trabajo, Estado de las máquinas (Paro, Funcionando, Alarmada, etc.) Tableros que indiquen la medición de las variables críticas del departamento, ente otros.

2.10 SMED

El objetivo fundamental del Cambio Rápido del Proceso (SMED, Single Minute Exchange of Die), es acortar los tiempos de *setup*. El SMED es una teoría y conjunto de técnicas para realizar las operaciones de preparación de máquinas en minutos.

El SMED es considerado como el corazón del sistema de producción Justo a Tiempo debido a que: reduce el tiempo de producción de horas a minutos y reduce el tiempo de ciclo de meses a días (Hirano, 1991).

El primer paso en la aplicación del SMED es hacer una distinción en las operaciones de preparación de máquinas. Éstas se dividen fundamentalmente en dos tipos diferentes:

- *Preparación interna.* Son operaciones que se pueden realizar sólo cuando la máquina está parada.
- *Preparación externa.* Son operaciones que se pueden realizar cuando la máquina está funcionando.

Todos los beneficios del SMED pueden ser alcanzados solamente después de un profundo análisis de las operaciones de *setup* y la identificación de las cuatro etapas conceptuales. A continuación se presentan las etapas de aplicación del SMED (Shingo, 1983):

Etapa Preliminar: No están diferenciadas las preparaciones internas y externas.
En las operaciones de *setup* tradicionales, se confunde la preparación interna con la externa y lo que puede realizarse externamente se hace internamente, por lo tanto las máquinas permanecen paradas durante grandes periodos de tiempo. Se deben hacer

estudios de tiempos, hacer entrevistas con los operadores, tomar casos o grabar en video las operaciones que se realizan durante el *setup*. De esta manera se puede analizar detenidamente cada una de las operaciones y actividades que se llevan acabo durante el *setup*.

Primera Etapa: Separar la preparación interna y externa.

Es el paso más importante del SMED, distinguir entre las preparaciones internas y externas. Tanto la preparación de las piezas (del *setup*) y el mantenimiento de las herramientas no se deben hacer mientras la máquina está parada. Sin embargo, esto ocurre con mucha frecuencia.

Si se hace la distinción y se hace un esfuerzo para realizar externamente muchas de las actividades que normalmente se hacen con la máquina parada, los tiempos de preparación se pueden reducir entre un 30 y un 50 por ciento.

Una recomendación inicial para esta etapa, es el uso de un *checklist*. Un *checklist* permite tener listas todas las partes, herramentales y herramientas necesarias para la realización del *setup*. El listado puede tener, nombres, números de parte y especificaciones de los herramentales y herramientas, especificaciones y condiciones de la máquina, instrumentos de medición, etc. Esto nos obliga a estar preparados con anticipación para la realización del *setup*.

Segunda Etapa: Convertir la preparación interna en externa.

Esta etapa comprende dos conceptos importantes:

- Reevaluación de operaciones para ver si algunos pasos están erróneamente considerados como internos
- Búsqueda de formas para convertir esos pasos en externos.

El primer paso para convertir operaciones de *setup* es la preparación de condiciones operativas con anticipación. De esta manera hay operaciones que se actualmente son internas y que podrían convertirse en externas. Es muy importante adoptar nuevos puntos de vista que no estén influenciados por viejas costumbres.

Tercera Etapa: Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación.
Aunque el nivel de un *setup* en tan solo minutos se puede alcanzar algunas veces simplemente convirtiendo la preparación interna en externa, no es así en la mayoría de los casos. Esta es la razón por la cual se deben centrar esfuerzos para perfeccionar, mejorar y reducir el tiempo de todas y cada una de las operaciones elementales que constituyen las preparaciones internas y externas. Esta tercera etapa necesita un análisis detallado de cada operación elemental, y enfocarse primero en las actividades que permanecen internas, porque son las que se hacen mientras las máquinas están paradas.

2.11 POKA-YOKE

Un *Poka-Yoke* es un dispositivo o procedimiento a prueba de errores con el fin de prevenir algún defecto durante la manufactura de cierto producto. Estos dispositivos por un lado permiten detectar errores, y por otro previenen errores antes de que se cometan.

Si no se permiten errores aumenta la calidad del sistema y los retrabajos disminuyen considerablemente, porque si hay alguna anormalidad, se detecta inmediatamente y se hacen los ajustes necesarios para que no vuelva a suceder el error. Esto aumenta la satisfacción del cliente y disminuye los costos de producción gracias a que se evitan costos y tiempo de retrabajos.

Con esta técnica se busca llegar a tener cero defectos y cero errores. Cada vez que se detecte un error, se debe hacer un análisis para detectar la causa raíz y diseñar o crear un dispositivo *Poka-Yoke* que no permita caer en el mismo error.

2.12 MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO (TPM)

Sabemos de antemano que para lograr la productividad y calidad requerida en un sistema esbelto hay una dependencia, directa y sumamente importante, de los equipos (máquinas) con las que trabajamos. Es muy importante que los equipos tengan la mínima cantidad de fallas y/o paros. El Mantenimiento Productivo Total (TPM) tiene el objetivo de que no existan fallas que provoquen paros o defectos. Es fundamental saber que las actividades de TPM deben ser llevadas acabo por todos los empleados. Los

departamentos de producción, mantenimiento, ingeniería, calidad, etc. deben estar involucrados y ser dueños de pequeños grupos de actividades.

El TPM tiene tres grandes características:

1. Efectividad Total, buscando siempre una eficiencia económica y rentabilidad para el negocio.
2. Sistema de Mantenimiento Total, que involucra la mejora en el sistema de mantenimiento principalmente a través del mantenimiento preventivo.
3. Participación Total de Todos los Empleados, que incluye la participación de los operadores con mantenimientos autónomos.

Estas características van dando una idea del significado del TPM, pero es importante definir el TPM con los cinco elementos que lo constituyen:

1. El TPM busca la Efectividad Total de los equipos. No solamente refiriéndose a los paros por fallas, si no la Efectividad Total incluyendo la eficiencia operativa, calidad del producto, etc.
2. El TPM establece un Mantenimiento Preventivo detallado para todo el tiempo de vida del equipo
3. El TPM debe ser implementado por distintos departamentos incluyendo áreas de producción, manufactura, ingeniería, etc.
4. El TPM involucra a cada uno de los empleados, desde directores y gerentes, hasta cada uno de los operadores de equipo.
5. EL TPM está basado en que se logre la motivación del personal operativo a la realización del mantenimiento autónomo con pequeñas actividades.

El primer elemento habla de la Efectividad Total del Equipo. Este concepto es muy importante porque establece el Sistema de Medición (siempre importante) para este programa de Mantenimiento. La Efectividad Total del Equipo involucra tres subconceptos:

1. **Disponibilidad**. Es la tasa de operación, en donde se compara el tiempo operativo y el tiempo programado. El tiempo Programado es el tiempo que la administración del negocio define para operar, quitando los tiempos de mantenimientos planeados, juntas planeadas o las horas de comida, etc. El

Tiempo Operativo es el Tiempo Programado menos las demoras operativas, como por ejemplo un setup, una falla de equipo, o cualquier otro tipo de demora que no estaba planeada y/o programada.

$$\textbf{Disponibilidad} = D = \frac{\textbf{Tiempo Operativo}}{\textbf{Tiempo Programado}}$$

$$\textbf{Tiempo Operativo} = \textbf{Tiempo Programado - Demoras Operativas}$$

2. **Eficiencia Operativa**. Es la tasa a la que se esta produciendo el material. Compara un tiempo ideal (estándar) contra el tiempo real que se esta operando (tiempo operativo).

$$\textbf{Eficiencia Operativa} = E = \frac{\textbf{\# Piezas x Tiempo STD}}{\textbf{Tiempo Operativo}}$$

3. **Tasa de Calidad**. Es directamente la tasa de calidad que se tiene en la línea u equipo. Compara las piezas producidas totales contra las piezas producidas buenas.

$$\textbf{Calidad} = C = \frac{\textbf{Piezas producidas bien a la primera}}{\textbf{Piezas totales producidas (buenas + malas+ reprocesadas)}}$$

La Efectividad Total del Equipo (ETE) es igual al producto de estas tres tasas.
En el siguiente diagrama se presenta la relación entre los distintos tiempos.

ETE = D x E x C

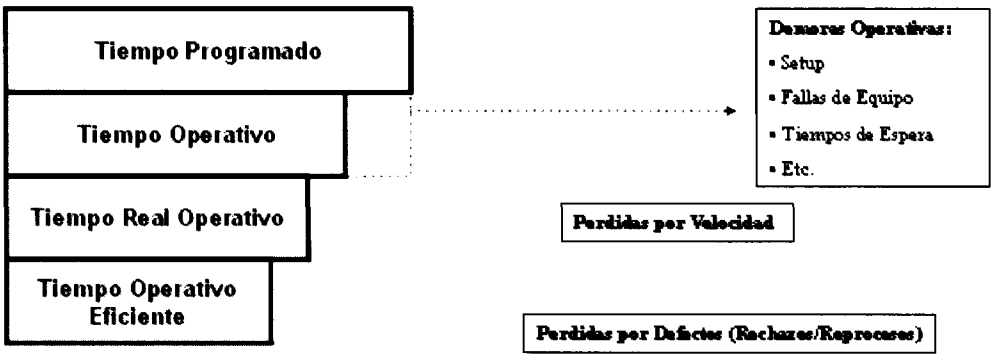


Fig. 1 – Diagrama del ETE

2.13 Manufactura Esbelta en Talleres de Maquinado

Cada negocio o cada giro de negocio tiene su propia forma de trabajar, sus propios procesos, y sus propias características. Los talleres de maquinados tienes ciertas características que las distinguen de otro tipo de negocios. Se realizó una investigación para ver si los conceptos de Pensamiento Esbelto o técnicas de Manufactura Esbelta se han aplicado en talleres de maquinado.

En Crane Cams, quienes producen y maquinan componentes de motores, principalmente flechas de motores, aplicaron herramientas de Manufactura Esbelta. En esta empresa identificaron los siguientes puntos importantes que se deben de considerar si se quiere adaptar el Pensamiento Esbelto en un negocio como un taller de maquinados:

- Una transformación al Pensamiento Esbelto requiere que todos los empleados compren la idea. Para que los principios tengan éxitos y puedan ser sostenibles, toda la fuerza productiva debe tener la responsabilidad de deshacerse de todo tipo de desperdicios. Esto es posible con la mezcla correcta de gente.
- La ayuda de Consultores acelera la implementación del Pensamiento Esbelto.

- Crane implementó un programa de TPM para resolver asuntos de reparación rápidamente. Cuando los paros por fallas de máquinas se vuelven demasiado excesivos, la compra de una maquina nueva o reconstruida lógicamente se convierte en el siguiente paso.
- La reducción en tiempos de *setup* es un punto clave en el Pensamiento Esbelto. En Crane se implementaron sistemas de herramentales de cambio rápido que permitió una reducción considerable en el tiempo de *setup*, facilitando la producción en lotes más pequeños.

(Korn,D. Sep 2004)

En otro taller de maquinados se identificó como clave en la implementación del Pensamiento Esbelto los siguientes puntos:

- Inversión en *pallets* de cambio rápido y otras soluciones de herramentales flexibles ayudan en la reducción de tiempos de *setup.*
- Buenas prácticas de programación de producción son importantes.
- De todos los desperdicios, el más importante es la subutilización de los empleados.
- Si en primera instancia el tiempo de espera de los operadores no se puede evitar, ellos pueden hacer actividades de 5's o de mantenimiento preventivo. Esto no soluciona nada si no se tiene a los empleados calificados y motivados. Un buen reclutamiento puede ayudar a este punto.

(Heston, T. Sep 2006)

En otro caso se identificaron las siguientes barreras contra las que un taller de maquinados se puede enfrentar al aplicar herramientas como SMED y *Poka-Yokes*:

- No tener los recursos financieros que apoyen las ideas que surjan en la aplicación de SMED y la creación de Poka-Yokes
- Resistencia al cambio de Niveles Intermedios y Operadores.
- Falta de una estrategia para aplicar SMED y *Poka-Yokes*
- Falta de conocimiento y capacitación en estas dos técnicas.

(Patel, Shaw & Dale, 2001)

En un último caso se menciona que la herramienta más importante para ellos fue la del Mapeo de la Cadena de Valor. "Una de las más importantes herramientas de Manufactura Esbelta utilizada en este caso fue la del Mapeo de la Cadena de Valor. El Mapeo de la Cadena de Valor es una técnica gráfica para encontrar el camino hacia una producción con menos desperdicios. El primero paso es capturar el "estado actual" para tener una clara fotografía de los puntos en que se agrega valor y los puntos donde no se agrega valor de los procedimientos existentes. En este caso, el mapa del estado actual ayudó a la compañía a identificar los puntos específicos en donde se debieron de centrar y atacar." (Albert, M. Nov 2004)

CAPÍTULO 3 - MODELO PROPUESTO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El modelo que se propone en este proyecto tiene un enfoque particular, debido a que el manejo y flujo de producción no es el que comúnmente vemos en ejemplos de un Sistema de Manufactura Esbelta. Hay que aclarar que el taller de maquinados en cuestión, no es una línea de producción en donde se van viendo pasos o procesos de distinta naturaleza. Todos los equipos en cuestión son máquinas paralelas que realizan un torneado, por lo tanto, el flujo del producto es relativamente sencillo. Se recibe el producto en un área, en la cual espera a ser procesado, posteriormente se mueve a la estación de trabajo para que se lleve acabo el maquinado, se termina el proceso y se lleva al área de embarques. No se puede decir que no existe un flujo y tampoco se descarta el análisis del mismo porque definitivamente existen desperdicios, y dependiendo de los productos, también existen casos de secuencias de maquinados en distintas máquinas en donde se podrían generar aún más desperdicios; pero sí es importante tener en mente la naturaleza de este sistema de producción a lo largo de la lectura de este modelo que, como ya se mencionó, es distinto a lo que comúnmente se observa, por ejemplo, en la industria automotriz. Visto de otra manera, el sistema de producción en cuestión es especializado, en donde los equipos son flexibles para procesar cualquier tipo de producto que solicite el cliente, siempre y cuando esté dentro de las capacidades de los mismos.

El modelo propuesto se centra en la implementación de un sistema de Manufactura Esbelta el cual se va a desarrollar a detalle, pero que necesita el respaldo de diversas bases que son primordiales para que la implementación se pueda llevar a cabo, de las cuales vamos a estar haciendo referencia pero no se va a entrar en el detalle. En breve, estas bases son las siguientes:

1. **Cultura Organizacional:** El sustento de toda empresa o negocio es su cultura organizacional, constituida por su razón de ser, su visión, sus valores y sus prácticas. Por supuesto, la cultura organizacional debe incluir aspectos como la integridad de las personas, el respeto a las leyes, el cumplimiento de las responsabilidades fiscales, compromiso con la sociedad, etc. De esta manera los miembros de la organización, tienen los mismos ideales y buscan el bien de la organización.

2. **Liderazgo:** El comienzo y éxito de cualquier iniciativa para implementar un nuevo sistema de trabajo depende altamente del liderazgo. Al líder lo siguen y no así al jefe. Las iniciativas nunca van a funcionar si se imponen. Se deben llevar a cabo y demostrar mediante, un buen ejemplo, el respeto a sus semejantes, una buena capacidad de comunicación respaldada por la visión del líder, con tenacidad, integridad, y humildad. De acuerdo a Roberto Servitje, todas estas, son características de un buen líder.
3. **Desarrollo:** La actitud de los miembros de la organización debe ser siempre positiva. Para esto se necesita que el personal tenga el desarrollo necesario, que se mantenga activo y positivo ofreciendo siempre oportunidades de mejora en puestos o en conocimientos. Es importante que el personal se encuentre siempre creciendo en lo personal, en lo profesional y en lo económico.
4. **Capacitación:** El empleado debe estar en constante capacitación para cubrir sus responsabilidades con un alto desempeño. Una iniciativa de manufactura esbelta implica entender muy bien todos los conceptos de la misma, y para eso se necesita un buen plan de capacitación que todos deben llevar.
5. **Reconocimiento:** Se tiene el punto de vista que una parte fundamental de un buen sistema de trabajo es la motivación y satisfacción del empleado. Una buena forma, es a través de reconocimientos, bonos y compensaciones por el cumplimiento de las metas y cumplimiento de los objetivos que se planteen en el sistema de trabajo, que en este caso sería enfocado a la Manufactura Esbelta.

El modelo propuesto se basa en un modelo de Manufactura Esbelta que busca constantemente la eliminación de desperdicios a la vez que se busca alternativas de creación de valor para al cliente. Es un modelo piramidal en donde se plasman distintos conceptos y se propone un flujo ascendente en la implementación de cada uno de los conceptos debido a que los que se encuentran abajo en la pirámide sirven como soporte para los que se encuentran en la parte alta. El orden en que se proponen (de abajo hacia arriba) cada uno de los conceptos se basa principalmente a la experiencia que se ha vivido en el taller de maquinados en donde se realiza este trabajo. Por otro lado, este es un modelo propio que como se mencionó esta basando en experiencias previas, investigación bibliográfica y asesoría académica. El modelo está representado en la siguiente figura:

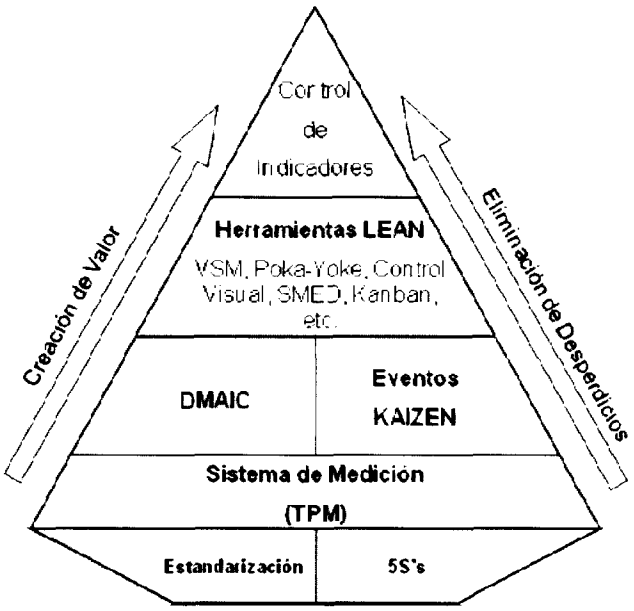


Fig. 2 - Diagrama del Modelo Propuesto

La idea básica del modelo es que el punto de partida sea el aseguramiento de las condiciones de trabajo con la implementación de 5S's y la estabilización en el sistema de producción que sirven como soporte para los siguientes pasos. Posteriormente se busca el establecimiento de un sistema de medición confiable que permita monitorear las variables críticas y otorgue áreas de oportunidad para definir proyectos, que deben ser resueltos y generados a través de Proyectos DMAIC y Eventos Kaizen con el uso de las distintas herramientas de Manufactura Esbelta. Todo esto debe estar alineado con los indicadores y estrategias del negocio, buscando siempre un control y mejores resultados en los indicadores. A lo largo de toda la pirámide y en cada uno de los rubros, se debe de tener presente la idea principal del pensamiento esbelto que es la búsqueda de la eliminación de desperdicios y la creación de valor para el cliente. Enseguida se describen brevemente cada uno de los conceptos incluidos en la figura.

5S's: Junto con la estandarización, es la plataforma del Modelo. La selección, el orden y la limpieza, de una forma organizada (estandarizada) y con la disciplina necesaria dentro de todas las estaciones de trabajo, generan un ambiente propicio para trabajar de una manera sana y segura. Las 5S's eliminan los primeros desperdicios y a la vez facilitan la aplicación e implementación de muchas de las herramientas de Manufactura Esbelta como es el SMED, Poka-Yokes, Controles Visuales, etc. El Liderazgo a través del ejemplo es fundamental para la implementación de las 5S's. No se puede exigirle al

operador algo que no se realiza en la oficina por los líderes. El primero que se debe comprometer con las 5S's es la dirección, la gerencia, la jefatura. La capacitación y el reconocimiento también son indispensables para el sustento de las 5S's.

Estandarización: Las 5S's van de la mano con la estandarización y sirven como plataforma en el modelo, porque se debe de laborar en una forma organizada (estandarización del área de trabajo) en todo el negocio. Si una celda de trabajo aplica las 5S's a su manera, y la celda de enfrente con las mismas características y distintos operadores las aplican de otra manera, los resultados seguramente serán distintos. Debe haber acuerdos, que garanticen que la aplicación de las 5S's, así como cualquier otra herramienta de Manufactura Esbelta, se haga en forma sistemática en todo el negocio y con documentos y procedimientos estandarizados.

Sistema de Medición: La idea central del modelo es la eliminación de desperdicios a través del uso y aplicación de las distintas herramientas de Manufactura Esbelta. Para hacer un análisis de qué herramientas debemos utilizar, se necesitan los datos generados en el sistema de producción. ¿Cómo se va a decidir en que trabajar si no se mide? ¿Cómo se va a controlar o mejorar si no se mide? ¿Cómo se va a detectar áreas de oportunidad si no se mide? Antes de aplicar cualquier herramienta de Manufactura Esbelta se necesita estar midiendo a través de un Sistema de Medición confiable que entregue indicadores de calidad y productividad. La implementación del Sistema de Medición es de suma importancia porque muestra todas las áreas de oportunidad que se tienen. La propuesta del Sistema de Medición que se va a proponer se centra en los principios del TPM, en donde se tiene el objetivo de mejorar la productividad y reducir los costos con un enfoque hacia la eficiencia de los equipos.

Proyectos DMAIC y Eventos KAIZEN: Con el respaldo del orden en el trabajo de una forma organizada y estandarizada, y una vez que se tiene un sistema de medición confiable, se puede comenzar a utilizar diversas metodologías que buscan la mejora. Los Proyectos DMAIC y Eventos Kaizen son buenas metodologías que se pueden aprovechar para fortalecer y asegurar la implementación. En el modelo se propone la realización de Proyectos DMAIC y Eventos Kaizen como las fuentes generadoras de actividades que buscan la eliminación de desperdicios y la mejora del flujo y procesos. Un Proyecto DMAIC, busca alinear esfuerzos de mejora después de un análisis

profundo de una problemática del negocio a través de una metodología comprobada. Los Eventos Kaizen implican un detenimiento en la operación para analizar los flujos y desperdicios dentro del negocio, involucrando a todos los departamentos relacionados con el producto, buscando modificar en menos de una semana todo lo que sea necesario para que se dé esa eliminación de esos desperdicios.

Herramientas LEAN: Principalmente a través de estos proyectos y eventos se comienzan a utilizar las Herramientas de Manufactura Esbelta. Por un lado se utilizan herramientas de análisis como es el Value Stream Map, en donde se pueden detectar fácilmente los desperdicios y áreas de oportunidad en el flujo del producto; y por otro lado se pueden utilizar herramientas de aplicación para la eliminación de desperdicios como es el SMED para eliminar demoras en el *Setup*, o los *Poka-Yoke* para eliminar errores de operación, rechazos y/o reprocesos. La implementación de estas herramientas en muchos casos no es sencilla, y se debe realizar en una forma estructurada y sistematizada. Más adelante se verán algunas propuestas para la implementación de estas herramientas. A continuación se ve una tabla en donde se pueden observar las herramientas LEAN comúnmente utilizadas para atacar los desperdicios comunes:

	Kanban	SMED	Celdas de Man.	Poka-Yoke	Takt Time	Jidoka	5's	TPM	Kaizen
Sobreproducción	■	■	■		■				
Defectos				■		■	■		■
Inventarios	■		■		■		■	■	
Sobreprocesamiento				■		■		■	
Transporte			■						■
Tiempos de Espera	■	■	■						
Movimientos innecesario							■		■

Fig. 3 - Tabla Desperdicios vs. Herramientas LEAN (Cabeza, L. 2005)

Eliminación de Desperdicios y Creación de Valor: este modelo o iniciativa LEAN se centra en la eliminación de desperdicios pero siempre con el objetivo de crear valor. Antes de definir proyectos, tomar la decisión de aplicar una herramienta Lean y a lo largo de todo el sistema se debe cuestionar si se están eliminando desperdicios y si esta eliminación de desperdicios llevan a generar valor al cliente. Hay que recordar que el

proveedor crea el valor en el producto, pero la definición de este valor siempre debe estar dada por el cliente.

Por último, en la parte alta del Modelo, está el Control de los Indicadores del Negocio. A través de la planeación y estrategias del negocio deben existir indicadores que aseguren que los esfuerzos realizados estén alineados con el negocio. Los indicadores pueden ser de productividad, calidad, seguridad, ambiente de trabajo, venta o utilidad. Porcentaje de rechazos, quejas de cliente, disponibilidad, eficiencia, # de accidentes, o porcentaje de gastos variables. Estos son algunos ejemplos de indicadores que pueden buscar la alineación hacia las estrategias del negocio.

3.2 IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S´S

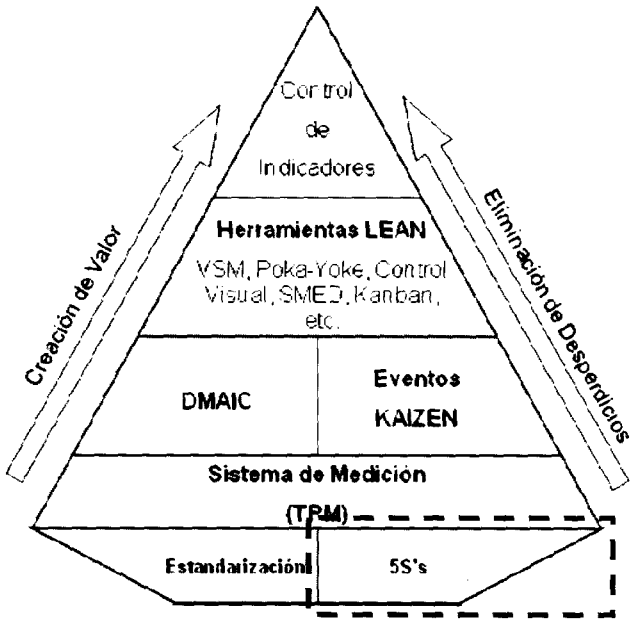


Fig. 4 – Diagrama del Modelo Propuesto (5S's)

El primer paso hacia la Manufactura Esbelta, es la implementación de las 5S's. El orden y la limpieza siempre van a ser necesarios para introducir cualquier otro tipo de herramienta o iniciativa de Manufactura Esbelta. El comienzo se da con el convencimiento de la dirección y los líderes de los beneficios que otorgan las 5S's. En resumen estos son algunos de los beneficios:

- Convierte el área de trabajo en un lugar más placentero para trabajar.
- Transforma la labor en un trabajo más satisfactorio.
- Se remueven muchos obstáculos y frustraciones en el trabajo.
- Se vuelve mucho más fácil la comunicación entre toda la organización.
- Ayuda a que los preparaciones (*Setups*) puedan ser mucho más veloces porque evita tiempos de búsqueda de herramientas o herramentales.
- Ayuda a mejorar la calidad evitando que se utilicen los artículos, componentes, herramientas o herramentales incorrectos.
- Ayuda a aprovechar y ahorrar espacios para almacenamiento.
- Ayuda a evitar desperdicios en movimientos en la búsqueda de materiales.
- Ayuda a evitar accidentes en el trabajo debido al orden que otorgan las 5S's.
- Ayuda evitar fallas de equipo ya que al tener la estación de trabajo limpia, hace más visibles las fugas o anormalidades en los equipos.

Igualmente la dirección debe estar consiente de que seguramente existirá una resistencia al cambio y que no es sencilla esta implementación. Es fundamental la perseverancia en esta implementación, para que llegue a ser parte de la cultura de trabajo en toda la organización. A continuación se presentan algunos de los motivos por los cuales existe resistencia al cambio y es necesario saber cómo manejar estas situaciones explicando claramente los beneficios que previamente se vieron. Por supuesto la resistencia al cambio puede variar dependiendo de la cultura trabajo que exista en el negocio, pero es seguro que siempre va haber resistencia en un nivel u otro. Los principales motivos de la resistencia al cambio son los siguientes:

- No entender los beneficios del orden y la limpieza.
- El cuestionar el porqué se va a limpiar y ordenar un área de trabajo si pronto volverá a ensuciarse y ordenarse.
- No creer que el orden y la limpieza provocan una mejora en la productividad.
- No creer que vaya a funcionar porque en ocasiones se ha intentado y no se ha mantenido
- El considerar que no hay tiempo para hacer actividades de 5S's.

Una vez que se está consciente de las resistencias al cambio que puede haber y los beneficios que otorgan las 5S's, se debe capacitar a todo el personal. En la capacitación se debe incluir una breve explicación de cada una de las 5S's, qué es, cómo se puede implementar y los beneficios que otorga dicha S. Es importante mostrar ejemplos con fotografías para cada una de las 5S's que en la medida de lo posible sean muy apagados a la realidad que se vive en el negocio. En ocasiones se utilizan ejemplos de otras empresas en las que el giro o los trabajos que se realizan son muy distintos a los de la empresa, y eso dificulta el entendimiento para el personal operativo. Los ejemplos deben de ser de estaciones de trabajo muy parecidas o iguales a las que se tienen en la empresa y se recomienda mostrar fotografías, y explicar claramente los beneficios de los cambios.

Después de llevar a cabo la capacitación se debe comenzar la implementación de las 5S's en las distintas estaciones de trabajo. Una persona de manufactura debe de liderar la implementación haciéndose cargo de dar el apoyo necesario para que las modificaciones y ajustes se vayan haciendo de acuerdo a las necesidades de operación.

Es muy importante que las implementaciones sean estandarizadas, debido a que entre personas u operadores puede haber ideas distintas de sortear, acomodar o ajustar su área de trabajo. Dos estaciones de trabajo con equipos y procesos similares o iguales, deben de tener las mismas características. Esto es parte del concepto de estandarización de las estaciones de trabajo, que se verá más adelante, y que el Ingeniero de Manufactura debe asegurar que se dé.

La implementación de las 5S's debe tener una estructura sistemática que asegure la permanencia y la efectividad. Se proponen dos esquemas para asegurar esta permanencia:

1. **Auditoría de las Estaciones de Trabajo**

   Esta auditoría se enfoca a las estaciones de trabajo individuales, por equipo, por celda de trabajo, etc. La propuesta consiste en hacer una auditoría periódicamente (se sugiere cada 2 semanas), en donde se evalúen distintos aspectos de cada una de las 5S's en cada una de las estaciones de trabajo. Un ejemplo de formato de auditoría para un taller de maquinados se encuentra en el Anexo A.

   La auditoría debe ser previamente definida con los puntos de evaluación y los criterios de evaluación para cada punto. Cada S tiene un 20% de la calificación final y se saca la proporción del número de puntos evaluados en cada S para que el puntaje máximo por S sea de 20 puntos y la sumatoria de 100 puntos. La recomendación para la meta base total es de 75 y se recomienda ir aumentando periódicamente la meta (por ejemplo cada tres meses) conforme se vaya alcanzando y mejorando. Una muy buena calificación sería de 85 puntos.

   Algunos puntos en la auditoría pueden o no ser utilizados, podrían variar de acuerdo a la forma de trabajar del negocio así como las estrategias que se tengan, incluso se podrían agregar algunos puntos los cuales conviene que estén acuerdo a las necesidades y la forma de trabajar de cada negocio, pero es importante ser congruentes y que los puntos tengan un sentido y una exigencia para que se pueda mejorar. En este sentido, es de suma importancia definir y aclarar los criterios de evaluación para cada uno de los puntos avaluar, la gente debe tener

muy claro para cada punto establecido en la auditoría que condiciones otorgan 0, 10 o 20 puntos, para evitar confusiones y polémicas entre evaluadores y evaluados. En el caso práctico se verá un ejemplo de auditoría y los criterios para cada uno de los puntos.

Hay algunos aspectos que probablemente no se pueden corregir rápido, pero que no se deben de evitar en la auditoría aunque afecten la calificación, ya que son aspectos o mejoras a las que en un futuro se quieren llegar. La calificación siempre va a ser relativa. Es importante trazar metas alcanzables, pero que se haga el esfuerzo y a simple vista se note la diferencia. Lo importante es ir evolucionando bajo los mismos criterios de evaluación.

Un punto muy importante es la objetividad de la auditoría. La persona o las personas que evalúen deben de ser totalmente objetivos en la evaluación, no dejarse llevar por amistades, posibles enojos, o algún otro motivo. Si el evaluador se deja llevar por estos motivos, las calificaciones pierden confiabilidad, no se tiene un criterio fijo y las posibles mejoras quedarían en duda.

Conforme va pasando el tiempo, se debe ir monitoreando la evolución de esta calificación para las distintas áreas y las distintas estaciones de trabajo. La idea es que siempre se vaya mejorando y si no es así, se deben de tomar acciones al respecto. Más adelante se presentarán algunas sugerencias de cómo reconocer y compensar a la gente para que exista una motivación hacia la mejora de la calificación.

2. **Recorrido en Áreas de Trabajo para Identificar y Eliminar el Desperdicio**

   Se recomienda realizar un recorrido periódicamente en las áreas de trabajo (Ej. Plantas, Naves, etc.) en donde se identifiquen y señalen los distintos desperdicios con un enfoque hacia las 5S's, documentar las observaciones y posteriormente tomar acciones para eliminarlos. El recorrido debe realizarse por las personas que tengan relación con la planta que se visita y liderados por el área de Mejora Continua. Es importante que miembros de Mantenimiento, Seguridad, Producción, Ingeniería, etc. participen en el recorrido.

En estos recorridos se busca evaluar la condición de las áreas de trabajo en general, y no tanto individualmente a cada una de las estaciones de trabajo como es en la Auditoría de 5S's. No obstante, se pueden hacer observaciones sobre algún detalle que se haya encontrado en una estación de trabajo en específico. Los objetivos del recorrido son los siguientes:

- Que los participantes puedan observar físicamente las condiciones del piso con sus "Propios Ojos"
- Que con la participación de personas indirectas al área se logren detectar diversas áreas de oportunidad y evitar la "ceguera de taller".
- Aprovechar los conocimientos de los diversos miembros del equipo y que cada participante pueda mejorar su capacidad de detección de anormalidades para la toma de acciones correctivas.

Cada participante, en forma individual, debe llenar un formato de las observaciones detectadas durante su visita al área. El recorrido debe durar entre 20 y 30 minutos. El formato propuesto para anotar las observaciones se encuentra en el Anexo B.

Al finalizar el recorrido se realiza una junta de cierre en piso, en donde cada participante comenta los puntos principales de las áreas de oportunidad detectadas. El área de Mejora Continua va concentrando toda la información resultante, para posteriormente evaluarla con el encargado o jefe del área y tomar las acciones que permitan eliminar estos desperdicios.

El seguimiento a las acciones correctivas identificadas en el último recorrido, se recomienda que se lleve a cabo al inicio de la junta del próximo recorrido del área en cuestión. Se sugiere solamente tomar acciones de los puntos más importantes e ir cerrando poco a poco todo lo que se va observando. La idea es ir mejorando poco a poco y continuamente, y no intentar cerrar todo de un estirón y llenar al responsable del área de actividades que seguramente no tendrá tiempo para realizar. Conforme transcurre el tiempo, y las acciones correctivas se van realizando y cerrando, las observaciones y detecciones en los siguientes recorridos van a ir más al detalle y el nivel de exigencia va a ser mayor. Esto

sería indicativo de que se está mejorando, pero es importante tener en mente que siempre hay oportunidades de mejora por más mínimas que sean.

Reconocimiento y Compensación

En ocasiones es muy complicado mantener la motivación de los operadores para que sigan realizando actividades de 5S's y mantengan las mejoras obtenidas. No solo basta con mostrar los beneficios de las 5S's, es fundamental que el trabajador tenga un incentivo que lo aliente a seguir cuidando y mejorando su estación de trabajo, y manteniendo los estándares establecidos. Se proponen dos estrategias para promover esta motivación en el trabajador:

1. *Reconocimiento a la Mejor Estación y a la Peor Estación*

   Consiste en otorgar un reconocimiento a la mejor estación de trabajo de la planta. Puede ser un diploma, un banderín, o un anuncio (ej. Color verde) que se coloque en la estación de trabajo y que muestre que esa fue la mejor estación del mes. Es importante aclarar que el reconocimiento es positivo para quien obtiene el mejor resultado y negativo a quienes obtienen el resultado más bajo. La evaluación estaría de acuerdo a la Auditoría de 5S's previamente propuesta. Asimismo, un anuncio de otro color (ej. Rojo) a la estación que obtenga la más baja calificación en la auditoría, y que indique que es la estación de trabajo con más área de oportunidad. Esto motiva, por un lado a tener el reconocimiento de la gerencia/jefatura de tener la estación de trabajo en mejores condiciones, y por otro lado se les motiva a no quedar en último lugar. A nadie le gusta estar señalado como la peor estación, y a quien le toque haría el esfuerzo para que en el próximo mes no se tenga ese reconocimiento negativo. La intención del reconocimiento negativo es buscar la mejora. Al personal a quien se le otorga este reconocimiento se le retroalimenta y se le apoya para que mejore la eficacia de su trabajo. En el caso práctico se presentará un ejemplo de estos reconocimientos.

2. *Bono Monetario*

   La segunda propuesta consiste en otorgarles un bono periódicamente si se cumple con la calificación objetivo, establecida para un cierto período de tiempo. Podría ser por bimestre, trimestre o tetramestre. De esta manera, el trabajador tendría la motivación extra de que si se cumple con la meta también

recibiría un beneficio económico. Una vez más, esta evaluación y meta estaría dada a través de la Auditoría de 5S's previamente propuesta.

3.3 ESTANDARIZACIÓN

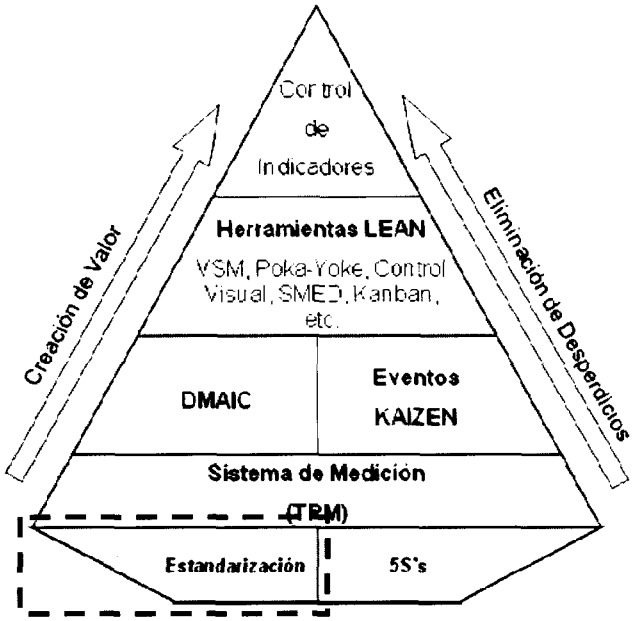


Fig. 5 – Diagrama del Modelo Propuesto (Estandarización)

La estabilización del sistema de trabajo que se está buscando mejorar, es fundamental para el arranque y realización de cualquier iniciativa. La estandarización genera esta estabilización del sistema de trabajo, en donde se busca una igual forma de trabajo en distintos rubros como son la administración, las áreas de trabajo, el control de los equipos, las operaciones, el control de calidad (para la reducción de la variación), la capacitación, etc. El enfoque de la estandarización en este proyecto es hacia los procedimientos operativos a nivel de piso. Es fácil caer en la variedad de formas de trabajar, por ejemplo, un Ingeniero de Procesos podría generar un documento para el maquinado de una pieza y hacerlo con un formato que él haya diseñado, mientras que otro ingeniero podría pensar de la misma manera para maquinar la pieza, pero generando un documento con un formato distinto. Esto provocaría una confusión en el piso, porque un operador podría entender uno y el otro no, o quizás ninguno de los dos. Si esto lo multiplicamos por el número de ingenieros y luego por el número de operadores se generaría un caos en la variedad de documentos y en la cantidad de interpretaciones que cada uno le daría a esos documentos. Se pretende, mediante un mismo método, llegar a una sola forma de hacer las cosas y una sola forma de interpretarlas, para posteriormente irlas mejorando. Las hojas de proceso o instrucciones de trabajo que tienen los operadores, la organización de las estaciones de trabajo, y los procedimientos para realizar las distintas operaciones, en la medida de lo posible deben

ser iguales. Esto se logra a través de una estructura y un sistema de estandarización que lo soporte.

La estandarización, involucra distintos elementos como son el sistema de calidad, la operación, la administración, la capacitación, entre otros. El enfoque que se le da a la estandarización en este proyecto es hacia la operación en piso. A continuación se muestra la estructura de la Estandarización que se propone en este Modelo y posteriormente se explicarán los conceptos presentes en el diagrama.

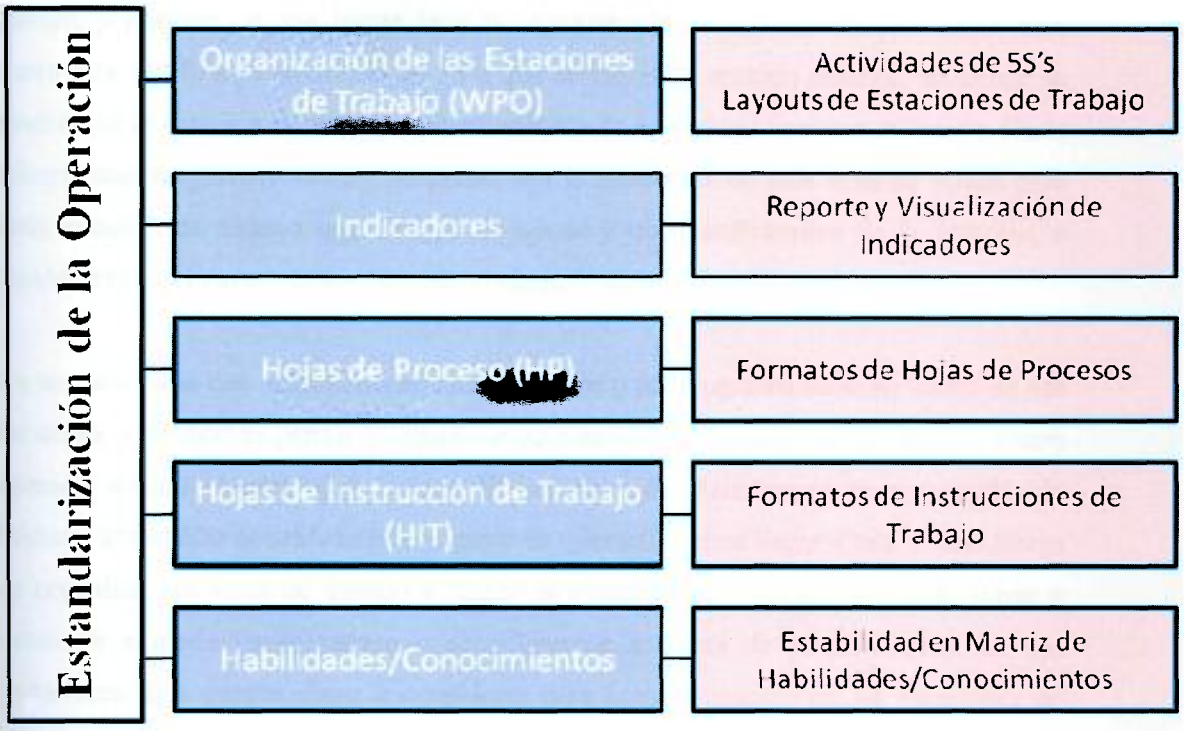


Fig. 6 - Diagrama de Estandarización

El objetivo de este diagrama es lograr (en el orden presentado) la estandarización de cada uno de los conceptos establecidos en el diagrama, con el fin de que se perciba en toda el área productiva una misma forma de organizar las estaciones de trabajo, una misma forma de trabajar y operar, y una misma forma de medir los distintos indicadores.

Organización de las Estaciones de Trabajo: Comúnmente conocido como el *Work Place Organization,* este punto es la liga de la Estandarización con las 5S's en las áreas de trabajo en piso. La intención de este rubro es la de buscar que la organización en

cada una de las áreas de trabajo sea igual o muy semejante en la medida de lo posible. Por ejemplo, si un taller de maquinados tiene 5 equipos de la misma marca, las mismas características y el mismo tamaño, se buscaría que las herramientas de trabajo estén ubicadas en la misma parte en todas las máquinas, así mismo con las mesas de trabajo, el área de producto de entrada, producto de salida, etc. Esto además debe de visualizarse a través de un andón o pizarrón, en donde se muestre a escala el *layout* de la estación de trabajo y así poder detectar anormalidades y asegurar el cumplimiento de esta organización. Este *layout* debe de estar en un lugar visible para todos en la estación de trabajo, y muestre en una forma fácil la organización de la estación de trabajo. Este punto está ligado a la Auditoría de 5S's que se vio en la sección anterior, en donde se evalúa que la estación de trabajo esté organizada de acuerdo al *layout* establecido. De la misma manera, posteriormente se presentará la propuesta de este sistema visual para cada estación de trabajo que incluye el *layout* y otros indicadores de la estación, e igualmente en el caso práctico se verá un ejemplo del mismo.

Ya se mencionó, que normalmente cada operador o cada persona tiene su forma de ver las cosas. Uno podría pensar y organizar su estación de trabajo de una forma, y otro operador de una manera muy distinta. El Ingeniero de Manufactura es responsable de liderar y consolidar acuerdos entre la gente de operación, para llegar a una misma forma de organizar las áreas de trabajo y lograr la estandarización. Esto se puede lograr a través de equipos Participativos o sencillamente a través de juntas breves con los operadores. Los puntos clave a considerar para la organización de las estaciones de trabajo son el flujo del material, orden y ahorro de los espacios, ergonomía y seguridad.

Hojas de Proceso: En un taller de maquinados, es fundamental que el operador sepa cómo debe de trabajar la pieza que se va a maquinar. La secuencia de las distintas operaciones que se le dan durante el maquinado, las herramientas que se utilizan (Insertos y PortaInsertos), los parámetros de corte y los puntos críticos en el maquinado son aspectos que se deben establecer en la Hoja de Proceso. En algunos talleres, estos aspectos se dejan a criterio de operador. El operador decide la secuencia a tomar para realizar el maquinado y él determina los parámetros de corte. Por diversos motivos, en ocasiones no se cuenta con el personal que tenga la suficiente experiencia y/o habilidad para tomar estas decisiones y es necesario el apoyo del área o departamento de

Ingeniería de Procesos, en donde lo más fácil es entregar un documento en donde por escrito y con dibujos se establezcan todos estos aspectos.

De igual manera, en este caso cada ingeniero, cada operador, cada individuo tendría su forma de generar este documento. Es importante llegar a un acuerdo entre Ingeniería y Operación para generar un documento estándar en donde se especifiquen los puntos, formato y tipo de visualización deben llevar el documento. Este documento se convertiría en la Hoja de Proceso Estándar (HPE). El formato de la HPE debe ser igual en todas las estaciones de trabajo y que la HPE todos la interpreten de la misma manera.

Hay algunos puntos clave en la generación de las HPE's. Es muy importante que el documento sea útil para el operador. Esto implica que la interpretación sea muy sencilla para el operador y que realmente le haga sentido y le facilite el trabajo. Otro punto importante es que Ingeniería debe establecer un Tiempo Estándar para el maquinado que se realiza en esa HPE. Este tiempo estándar es la referencia para el operador de tal forma que le permite saber cuánto tiempo debe de tardarse en maquinar esa pieza o esa operación. Este tiempo es también la base para medir la eficiencia operativa y el ETE.

El formato de la HPE podría variar según el negocio en el que se esté, de acuerdo a las necesidades, requerimientos y capacidades como por ejemplo el tipo de máquinas que se tengan, el tipo de maquinado que se maneje, etc. Se podrían utilizar distintos aspectos técnicos, cuestiones de seguridad, dibujos o fotografías, etc. En el Anexo C se muestra un ejemplo de formato para una HPE y posteriormente en el caso práctico se verá un ejemplo para el maquinado de una operación en específico.

Hojas de Instrucción de Trabajo: A diferencia de las Hojas de Proceso que están enfocadas a cómo se debe realizar el maquinado de las piezas, las Hojas de Instrucción de Trabajo están enfocadas a la operación de los equipos (máquinas) y al manejo y uso de los instrumentos de medición.

El objetivo que tienen las HIT's es estandarizar actividades operativas que son críticas que pueden variar de acuerdo a las distintas formas de trabajar de los operadores. Se buscaría definir la mejor práctica y posteriormente establecerla y estandarizarla con el apoyo de estas HIT's. Es importante definir cuáles son estas actividades críticas

tomando en cuenta principalmente cuestiones de productividad, calidad y seguridad. No deben de ser muchas las HIT's para tampoco llenarse de documentos, porque luego se volvería difícil que realmente le sean útiles (por ser tanta información). La idea es que haya HIT's solamente para las cuestiones importantes.

El concepto básico es el mismo que las HPE's. Se busca estandarizar el documento en donde se establecen estos procedimientos y que sean de fácil interpretación y mucha utilidad para el operador. Ejemplos de HIT's podrían ser los siguientes:

- **Medición con Micrómetros de Interiores**
- **Medición con Vernier de Escala**
- **Referenciar Herramienta del Tipo X en el Maquina Y**
- **Compensar Herramientas por desgaste de Insertos**

Es importante que para las HIT's así como las HPE's se tenga un control de estos documentos, que exista un registro, un método de generación, actualización, autorización, etc. Este control debe estar de acuerdo al Sistema de Calidad que se tenga en el negocio. El responsable de generar este sistema de control de documentos debe ser del personal de Calidad.

En el Anexo D se muestra un ejemplo para formato de una HIT y posteriormente en el caso práctico se verá un ejemplo de una HIT para una operación específica.

Indicadores: La idea de este rubro es estandarizar la forma de medir cada una de las estaciones de trabajo. Más adelante se verá una propuesta para un sistema visual, en donde se busca identificar, de una forma sencilla y rápida, la condición de la estación de trabajo en cuestiones de calidad, productividad, seguridad y 5S's. Cada uno de estos rubros se puede visualizar de una forma distinta de acuerdo a las muchas formas de ver los indicadores por parte de los distintos operadores, ingenieros, jefes, etc.

De igual manera, se buscaría la forma de llegar a un consenso de cómo se quieren mostrar estos indicadores de tal manera que en todas las estaciones de trabajo manejen la misma forma de medir, reportar, publicar y visualizar (con un mismo formato) cada uno de los indicadores.

Habilidades/Conocimientos: Por último se buscaría la estandarización del conocimiento de la gente operativa de las Hojas de Instrucción de Trabajo de acuerdo a las necesidades de cada una de las estaciones de trabajo, de tal forma que el operador que se encuentre en cierta estación de trabajo tenga los conocimientos y habilidades requeridos para esa estación.

Esto se logra con el aseguramiento de una matriz de habilidades y conocimientos. Cada estación de trabajo debe tener definida las HIT's necesarias para poder operar en esa estación de trabajo. Cada operador podrá o no tener el conocimiento y la habilidad para desarrollar las instrucciones que vienen en las HIT's para cada una de las estaciones de trabajo, y así saber qué movimientos en el área productiva se pueden realizar en cuanto a movimientos de personal. De esta manera aseguramos una correcta operación de los equipos y ayudamos al control de la calidad y productividad.

A continuación se presenta un ejemplo de un formato de la matriz de habilidades y conocimientos para un taller de maquinados. Igualmente, en el caso práctico veremos un ejemplo real de esta matriz.

Matriz de Habilidades Taller de Maquinados X				HIT'S Específicas									HIT'S Genéricas						
				Equipo A					Equipo B										
	N° de nómina	Nombre	Puesto	1.-Como referenciar en "X" la herramienta de ROMBO	2.-Como referenciar en "Z" la herramienta de ROMBO	3.-Como maquinar mordazas	4.-Como hacer montaje para el producto ####	5.-Como compensar herramientas por desgaste	1.-Como referenciar en "X" la herramiento de ROMBO	2.-Como referenciar en "Z" la herramiento de ROMBO	3.-Como maquinar mordazas	4.-Como compensar herramientas por desgaste	1.- Uso de Micrómetro de Interiores	2.- Uso de Micrometro de Exteriores	3.- Uso de Vernier	4.- Uso de Reloj Indicador	5.- Identificación y Marcaje	6.- Uso de eslingas y cadenas	7.-Como encender y apagar la máquina
1	576	Juan Perez	Facilitador																
2	879	Francisco González	Tornero																
3	"	"	Tornero																
"	"	"	Tornero																
n	"	"	Tornero																

Fig. 7 - Matriz de Habilidades

3.4 SISTEMA DE MEDICIÓN

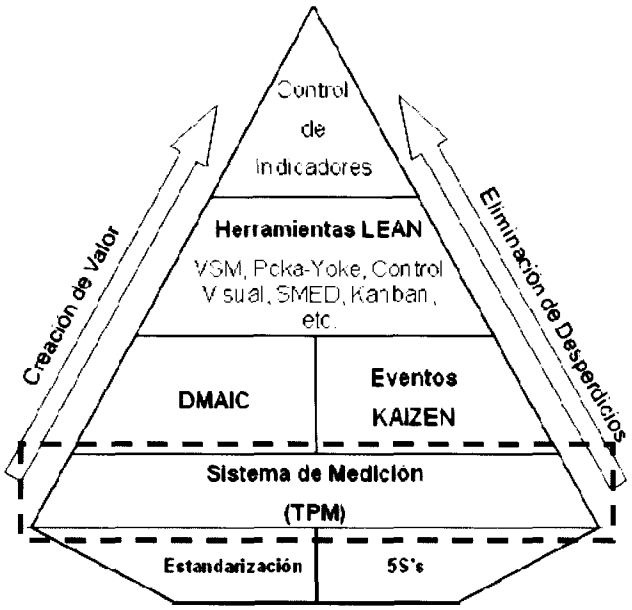


Fig. 8 – Diagrama del Modelo Propuesto (Sistema de Medición)

La estandarización, junto con las 5S's son el soporte del modelo que se propone. Esto permite estabilizar la operación y otorga facilidad para la implementación de muchas iniciativas de mejora. Esta base, de entrada genera una mejora porque se estandariza hacia las mejores prácticas y permite trabajar de una manera más cómoda. Es importante que, antes de comenzar con el camino hacia la mejora, tengamos un sistema de medición confiable. Un sistema de medición confiable genera muchas ventajas, primero el simple hecho de medir a la gente provoca ponerse el reto e ir mejorando, segundo permite analizar información para detectar áreas de oportunidad y determinar proyectos y acciones de mejora, y por último permite evaluar el desempeño de los indicadores clave, así como evidenciar (con números) las mejoras propuestas y realizadas.

Un sistema de medición debe abarcar cada uno de los indicadores importantes para el cliente, el negocio y el personal. Se deben incluir aspectos de calidad, financieros (facturación/utilidad), productividad, cumplimiento, seguridad orden y limpieza. Esto, claro, puede variar de acuerdo a las estrategias del negocio. El enfoque que se le dará al Sistema de Medición en este modelo es principalmente en la parte de la productividad sin dejar de contemplar el ámbito de la calidad. El Sistema de Medición propuesto está basado en los conceptos del TPM con algunas variantes. Igualmente, se podría variar o

ajustar el modelo propuesto de acuerdo a las necesidades de cada negocio y las estrategias del mismo.

El Sistema se divide principalmente en tres fases importantes, que se deben de realizar y generar simultáneamente:

1. Generación de la Información
2. Sistematización y Procesamiento de la Información
3. Visualización de la Información

Un esquema del flujo de esta información se muestra a continuación y posteriormente se revisará a detalle cada una de las fases mencionadas.

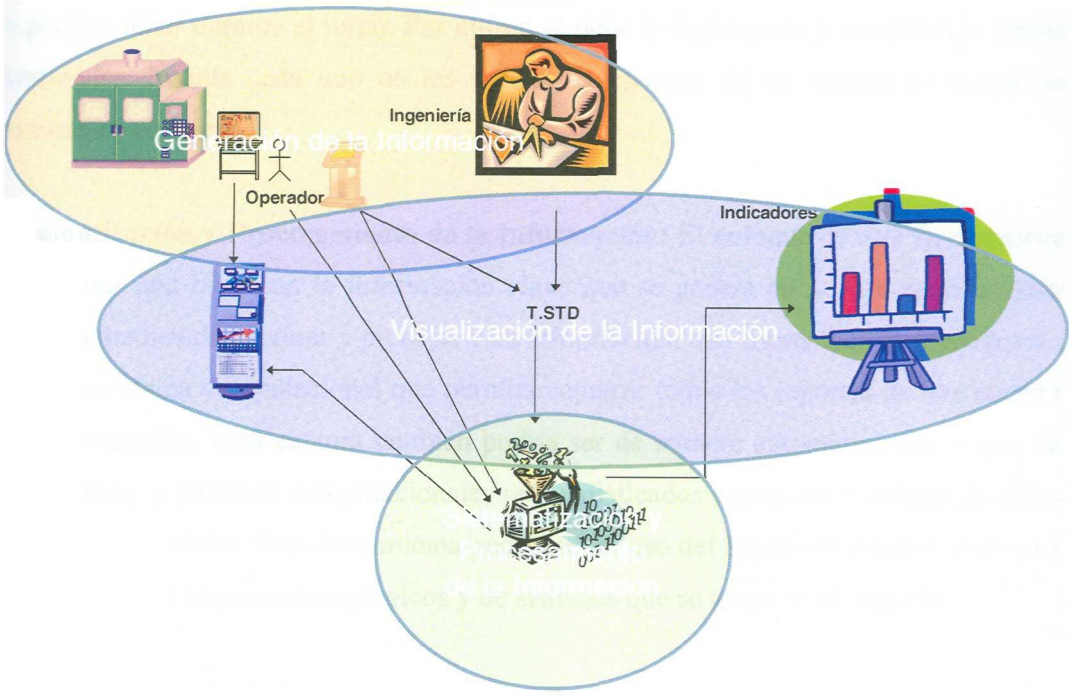


Fig. 9 - Esquema del Flujo de Información

Generación de la Información: Hay dos fuentes que generan información. Una es el departamento de Ingeniería que debe de otorgar a la operación el tiempo que debe de tardar en el procesamiento del producto que se va a procesar (Tiempo Estándar). Este Tiempo Estándar, según sea el giro del negocio, puede ser estimado o medido en piso. Es estimado, generalmente cuando no se fabrica (o procesa) un producto estándar o repetitivo y los trabajos son más especializados. El tiempo estándar también puede ser medido en piso y comprobado, para el caso de los productos que sí son repetitivos y

conocidos. El precio de la pieza puede influir en la estimación y determinación del tiempo y de alguna manera trazar un objetivo estratégico para hacer negocio. La segunda fuente es la más importante, porque es donde se genera la mayoría de la información, y es la fuente de muchos de los análisis que se pueden hacer y que permite detectar áreas de oportunidad y así tomar acciones. Esta fuente se genera en la operación. Esta información podría generarse de diversas formas, manualmente, por sistemas tecnológicos (*touchscreens*, computadoras u otros dispositivos) o una mezcla de los dos. Se sugiere un reporte en el que se indiquen distintos aspectos. Una parte de este reporte sería de información general de la estación de trabajo, el operador, orden de trabajo, el tiempo estándar (establecido por Ingeniería), etc. La otra parte debe incluir la distribución del tiempo que se trabajó en las diversas actividades, trabajos, demoras que se pueden tener durante el turno. Por último se debe ir registrando la cantidad de piezas terminadas durante cada uno de los turnos. El ejemplo de un reporte propuesto se muestra en el Anexo E.

Sistematización y Procesamiento de la Información: El enfoque de esta fase consiste en generar una base con la información clave que se genera en la fase anterior. Hay diversos medios de capturar y procesar esta información, una forma fácil es mediante un pequeño sistema computacional que permita capturar todos los reportes de una manera rápida y sencilla. Esta captura también podría ser de manera automática con el uso de *touchscreen* y sistemas computacionales más sofisticados que generen la base de datos en forma automática. Otra herramienta podría ser el uso del Microsoft Access, todo va a depender de los recursos tecnológicos y de sistemas que se tenga en el negocio.

Visualización de la Información: Esta fase es la más importante porque es la que le permite al operador, al ingeniero, al administrador, etc. observar la información que se genera y se procesa en las fases anteriores de una forma rápida y permite a todo el personal tomar decisiones oportunas. En este proyecto se proponen dos medios para visualizar la información:

1. El primer medio es autogenerado en cada una de las estaciones de trabajo por los operadores de la misma. El trabajador debe llenar una gráfica de productividad (si aplica, según el tipo de trabajo que esté realizando) que le permita ver al mismo, si va de acuerdo o no al plan de producción y Tiempo Estándar

establecido por Ingeniería. A continuación se muestra un ejemplo sencillo de la gráfica propuesta.

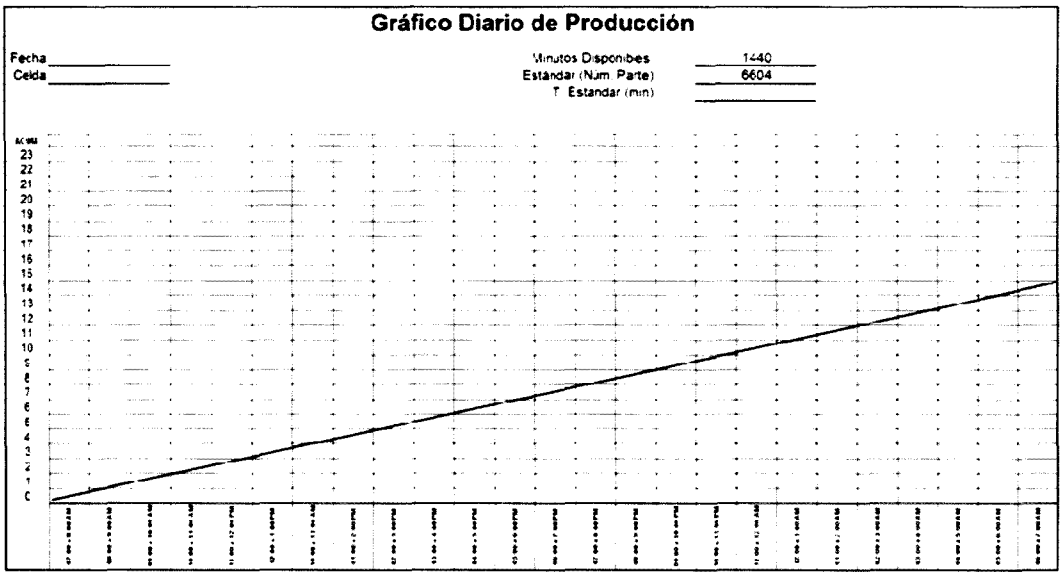


Fig. 10 - Gráfico Diario de Producción

En el eje X son las horas del día y en el eje Y es la cantidad de piezas (productos terminados). La línea que se muestra es la gráfica de acuerdo al Tiempo Estándar establecido, de tal manera que el operador debe ir llenando la gráfica igualmente pero con la condición real durante el día. Sí la línea real va por debajo indicaría que se está produciendo por debajo del tiempo establecido, y si la línea va por encima quiere decir que se está produciendo más rápido de lo planeado. De igual manera, la línea real permite visualizar paros fácilmente (por mantenimiento, *setup*, fallas de operación, etc.) debido a que se graficaría una línea horizontal.

Esta gráfica debe estar a la vista de todos, de tal manera que cualquier persona que pase pueda detectar si la producción en cada estación de trabajo va de acuerdo a lo planeado, y quizás brindar apoyo según sea el caso. Anteriormente se mencionó de un sistema visual en donde se mostraría el *layout* de la estación de trabajo que es utilizado para auditar 5S's y buscar una misma organización de las estaciones de trabajo. Basado en las ideas de la Fábrica Visual de Michel Grief, se propone poner un pizarrón o tablero en donde se pueda colocar el *layout* descrito en la sección de Estandarización, así como esta gráfica de

productividad propuesta, junto con otro tipo de información que es útil para todos. Debe haber información relacionada con la estación de trabajo, la calidad, productividad y 5S's de la misma. Existen distintas formas de publicar esta información y se propone un *Tótem* como se muestra en la figura siguiente. Igualmente se verá un ejemplo en el caso práctico.

Fig. 11 - Sistema Visual para las Estaciones de Trabajo (*Tótem*)

Como se observó, este primer medio está enfocado a la visualización del desempeño de cada una de las estaciones de trabajo, buscando que cualquier persona que se pare enfrente de la estación de trabajo sepa (de un simple vistazo) si el desempeño es adecuado y que permita dar o buscar el apoyo necesario al responsable (operador) de la estación.

2. El segundo medio busca dar visualización al desempeño de todo el taller o negocio, en donde se miden los indicadores de una forma más global e integrada que permitan tomar decisiones más estratégicas y definir proyectos clave. Este medio se basa en la información generada en la base de datos de los reportes productivos. La idea es que con el uso de un software o por un sistema desarrollado internamente, la base de datos generada en la segunda fase pueda

ser procesada, explotada y visualizada en un visor de los indicadores que luego este a la vista de todos. La intención es tener, lo más actualizado posible, los indicadores de productividad, calidad, cumplimiento, etc. de acuerdo a los indicadores que el negocio esté midiendo. En el caso práctico se observará como en un taller de maquinados a través de distintos sistemas y visores se pueden ver los indicadores clave de un taller de maquinados.

Como se mencionó anteriormente, el enfoque del Sistema de Medición en este modelo y proyecto es en la productividad. La propuesta está basada en los fundamentos del TPM con algunas modificaciones que buscan adecuarlos a un Taller de Maquinados. Se busca calcular y medir las siguientes variables para monitorear la productividad del taller.

$$Disponibilidad = \frac{\text{Tiempo Total - Demoras Ajenas}}{\text{Tiempo Total}}$$

Tiempo Total = 24 hrs x 7 días (semana)
Demoras Ajenas = Mantenimiento Preventivo (Planeado), Horas de Comida, Días de Descanso, Fallas Externas.
Tiempo Disponible = Tiempo Total – Demoras Ajenas

Algunas alternativas para mejorar la disponibilidad es el buscar cambiar los turnos que se manejan y cubrir la mayor parte de la semana (ej, tener 3 turnos que cubran sábados o incluso hasta domingos) o buscar alternativas para que los equipos no paren durante las horas de comida.

$$Desempeño = \frac{\sum (Q_i)(T.STD_{Q_i})}{\text{Tiempo Disponible}}$$

Tiempo Disponible = Tiempo Total – Demoras Ajenas
Q = Número de Parte
T.STD = Tiempo Estándar. Tiempo desde que se comienza a subir una pieza, hasta que se vuelve a comenzar la siguiente. Este tiempo es medido en piso o bien se puede usar la estimación de Ingeniería

$$Eficiencia = \frac{\sum (Q_i)(T.STD_{Q_i})}{\text{Tiempo Operativo}}$$

Tiempo Operativo = Tiempo Disponible – Demoras de Equipo – Demoras Operativas

Demoras de Equipo: Fallas de Máquina, Grúas, Montacargas, Polipasto, Conveyor, Sistema de Soluble, Mtto. Correctivo, etc.

Demoras Operativas: *Setup*, Falta de Piezas, Falta de Carga, Ajustes por variación de forja, Juntas, Falta de herramientas, Limpieza de máquina, Falta de operador, Error de operación, etc.

El objetivo es medir estos dos indicadores (Desempeño y Eficiencia) de manera separada con la intención de diferenciar de forma fácil las pérdidas en la productividad. El Desempeño refleja un indicador global del taller, y teniendo un tiempo disponible (otorgado por el dueño a Producción) de los equipos se busca ver qué tan eficiente es el taller incluyendo pérdidas por velocidad de producción y todo tipo de demoras en las cuales de alguna manera la administración puede influir en ellas como son las fallas de equipo, tiempos de preparación, juntas no programadas, tiempos de espera, etc. Y por otro lado, la Eficiencia busca medir la velocidad a la que se está produciendo si se descartan todas las demoras, siendo un indicador que evalúa mas bien el trabajo de los operadores.

$$TasaCalidad = \frac{\text{Piezas producidas bien a la primera}}{\text{Piezas totales producidas (buenas + malas + reprocesadas)}}$$

La Tasa de Calidad es directamente el indicador de calidad que se tiene en la línea u equipo. Compara las piezas producidas totales contra las piezas producidas buenas.

$$ETE = Desempeño \times TasaCalidad$$

Finalmente se llega a la medición de la Efectividad Total del Equipo (ETE) con una formula muy sencilla, que se obtiene con el producto del Desempeño por la Tasa de Calidad.

Anteriormente se mencionó la importancia del Sistema de Medición, pero es bueno recalcar que la correcta y confiable medición de la productividad es la base para la buena selección, generación y asignación de proyectos, la detección de desperdicios y la buena toma de decisiones.

3.5 CAMINO HACIA LA MANUFACTURA ESBELTA

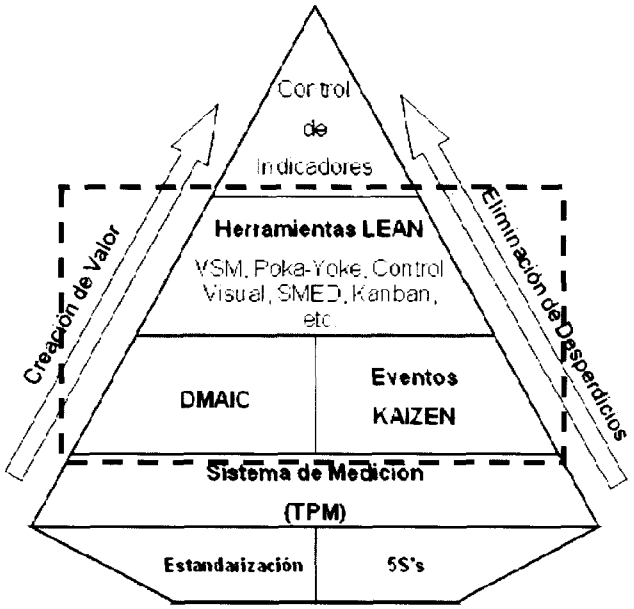


Fig. 12 – Diagrama del Modelo Propuesto (Camino hacia la Manufactura Esbelta)

A través de las 5S's y la Estandarización que son la plataforma del Modelo, se genera una estabilidad en el proceso facilitando en forma significativa los siguientes pasos del modelo. Así mismo el Sistema de Medición permite una fácil detección de las áreas de oportunidad en el negocio. Con estas dos bases se debe buscar la eliminación de desperdicios que existen en el piso de producción.

Los pasos subsecuentes del modelo propuesto, que son los siguientes eslabones del esquema que se presentó, están orientados a dar pasos más grandes hacia la creación de valor y la eliminación de desperdicios que son los objetivos constantes en toda la implementación del modelo. Estos eslabones consisten de la Implementación de Proyectos DMAIC y Eventos Kaizen, junto con la utilización de las Herramientas de LEAN. La idea general consiste en utilizar las Herramientas de Manufactura Esbelta, como pueden ser el SMED, Sistemas *Poka-Yoke* u otros, a través de la metodología de mejora DMAIC y pequeños Eventos Kaizen. La herramienta que se debe utilizar y la metodología a través de las cuales se deben de llevar a cabo el proyecto de mejora, dependen de las circunstancias y características del negocio, y de la información que se puede detectar con el Sistema de Medición

Proyectos DMAIC

No es objetivo de este proyecto profundizar en la Metodología DMAIC ni se pretende explicarla a detalle. Ésta no es una metodología complicada y se podría ofrecer un curso sencillo para personas clave del negocio para que puedan aplicarla y crear una cartera de proyectos que puedan ser atacados mediante esta metodología. En este tipo de proyectos, lo más común es trabajar en forma constante durante un período máximo de 3 meses, en donde debe haber un líder de proyecto que pertenezca a la operación y que esté directamente relacionado con el proceso, y un asesor de mejora continua que le esté dando seguimiento al cumplimiento y desarrollo del mismo, así como dar orientación en la metodología.

A continuación se explicará a grandes rasgos, como en el marco teórico, en qué consiste un proyecto DMAIC. Posteriormente, en el caso práctico se verá un resumen de un ejemplo de un Proyecto DMAIC.

En primer lugar se debe buscar una selección de proyectos, que pueden ser determinados por decisiones estratégicas o simplemente por la búsqueda de la mejora a través de la detección de áreas de oportunidad reveladas con el Sistema de Medición. Una vez seleccionado el tema o proyecto, se comienza a utilizar la metodología DMAIC que consiste de 5 pasos: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

Definir

En esta etapa se confirma la oportunidad y se definen los objetivos y alcance del proyecto. Se debe describir claramente el problema que se va a atacar y el impacto que tiene en el cliente, en los socios, en los empleados o en el negocio. Es importante tener la evidencia necesaria para confirmar que la oportunidad es valiosa para la empresa para poder conseguir que se asignen los recursos necesarios. Al momento de definir el proyecto, se podrían variar el enfoque o los objetivos del mismo, que en principio se habían visualizado. Esto último es importante, ya que puede suceder en las primeras etapas de la metodología a raíz de la información que se comienza a analizar.

Medir

Es la etapa en la que, con la información que genera el Sistema de Medición, se debe buscar el monitoreo y recopilación de las variables en cuestión. Se establece el estado

actual, en donde se determina que es lo que está pasando el día de hoy en las áreas de trabajo y los procesos. El objetivo de esta etapa es medir el desempeño actual del proceso que se busca mejorar. Algunas de las herramientas que comúnmente se utilizan en esta etapa son las lluvias de ideas, mapeos de procesos, gráficas de pareto, AMEF's, gráficos de control, etc. Es importante documentar cómo se obtuvo la información y demostrar que es confiable con las distintas herramientas que existen para validar los sistemas de medición.

Analizar

En esta etapa en primer lugar se debe de comprobar las causas con evidencias claras y en segundo lugar se interpreta la información recolectada en la etapa previa para establecer relaciones de causa y efecto. El objetivo de esta etapa es encontrar la causa raíz del problema, basado en la recolección de información. Es importante que se expliquen cuáles causas se piensan mejorar y porqué se seleccionaron esas y no otras.

Mejorar

En esta etapa se desarrollan soluciones efectivas para atacar las causas previamente comprobadas. Se busca la solución óptima que sea efectiva, robusta y sostenible. Algunas de las herramientas que comúnmente se utilizan en esta etapa son las lluvias de ideas, SMED, *Poka-Yokes, Benchmarking*, Sistemas *Pull*, etc. En ocasiones las acciones seleccionadas para las mejoras son simplemente mejoras o formas alternativas de realizar el proceso, que permiten un mejor flujo del producto. Se deben analizar diversas posibilidades y comprobar que la contramedida que se seleccionó es la mejor. Una vez definidas las soluciones y las acciones a tomar se debe generar un programa de implementación, del cual se debe de cumplir todo lo establecido.

Controlar

En esta última etapa se desarrollan instrucciones de trabajo que aseguren que las mejoras y ganancias obtenidas se mantengan a través del tiempo. Una vez hecha la mejora, el objetivo es controlar y sostener el proceso que se mejoró. Algunas de las herramientas que comúnmente se utilizan en esta etapa son los gráficos de Control, *Poka-Yokes*, Histogramas, *Checklists*, etc. Esta etapa es la de mayor reto y en la que más se tiende a fallar. Comúnmente se cree que una vez hecha la mejora, el proyecto llega a su terminación, lo que provoca una falta de seguimiento y comúnmente las

mejoras se caen. Es importante asegurar el control de las mejoras y hacer un plan de seguimiento a los indicadores que se definieron. La medición y el monitoreo del proyecto se debe realizar por lo menos por un período de un año, para asegurar que esté en control.

Un área de oportunidad atacada con la metodología DMAIC no necesariamente se trabaja en una sola ocasión. En ocasiones hay que darle vuelta al ciclo DMAIC para seguir mejorando en el mismo tema o el mismo proyecto, reevaluando los objetivos, los resultados, los controles, y buscando la perfección. Claro, esto siempre va a depender de la prioridad que exista y de que se mantenga del proyecto.

Eventos Kaizen

Además del proceso DMAIC se propone una segunda forma para buscar la eliminación de desperdicios y la creación de valor. Esta segunda forma es a través de Eventos Kaizen, en donde se busca formar un equipo de trabajo en el cual los miembros detengan sus labores cotidianas totalmente de 3 a 5 días para analizar los flujos y desperdicios dentro del proceso de producción y hacer los cambios necesarios para mejorar el flujo y eliminar los desperdicios. Los miembros deben ser de distintos departamentos, involucrando gente de Mantenimiento, Sistemas, Producción, Ingeniería, Calidad, Manufactura etc. Es muy importante involucrar también a los dueños del proceso que son los operadores de las máquinas.

Existen firmas consultoras que pueden apoyar al desarrollo de estos eventos involucrándose principalmente en la capacitación y sirven como guía y mediadores durante el desarrollo del evento. Si existe un buen liderazgo en el evento y apoyo de gente experta en Sistemas de Manufactura Esbelta, no es necesario el apoyo externo, pero sí es importante que la gente que participe en el evento reciba previamente una capacitación básica de Manufactura Esbelta.

El Evento Kaizen se debe de llevar acabo en varias etapas, pero es necesario que la gerencia o dirección determinen previamente el área del proyecto y el enfoque que se le va a dar al mismo. Normalmente se busca la selección de una familia de productos que sea importante y representativa para el negocio donde se buscaría analizar el flujo y hacerlo más esbelto, pero también se puede pensar en áreas como el desarrollo de

sistemas de información, la determinación de un *layout* de una planta, u otras áreas, pero siempre teniendo el enfoque y los principios de la Manufactura Esbelta. Es importante también, la determinación de un líder del evento antes del arranque del mismo, que sea quien dirija al grupo, recopile la información, presente los avances y asegure el buen desarrollo del evento y la correcta participación de todos los miembros del equipo. Finalmente se debe de tener y asignar un experto en Manufactura Esbelta (interno o externo) que asegure y busque que el equipo nunca pierda la visión de que el sistema debe ser esbelto.

Una vez que se tiene la selección del proyecto y al líder del mismo, se define la fecha para arrancar el evento, el cuál consiste de las siguientes etapas:

1. *Conocimiento de la Situación Actual Enfocado al Mapeo del Proceso*

   En esta etapa se lleva a cabo un recorrido en piso por parte de todos los miembros del equipo, en donde se observa y se toma nota de cómo fluye el material, cuál es la condición actual de trabajo. Se deben hacer anotaciones de todo tipo de áreas de oportunidad en el piso y en el flujo de información. Se busca principalmente la realización del Mapeo de la Cadena de Valor. También se debe recolectar toda la información útil para el análisis, como son tiempos de ciclo, el *lead time*, inventarios, etc.

2. *Análisis de Mejoras*

   En esta segunda etapa se reúne el equipo para comenzar a analizar la información recolectada con herramientas de análisis como son los diagramas de causa-efecto, paretos, etc. Posteriormente se determinan prioridades y se proponen propuestas para mejorar la condición, siempre buscando la eliminación de desperdicios.

3. *Implementación de las Mejoras*

   Esta tercera etapa es muy importante porque es en donde se generan los cambios. Uno de los objetivos primordiales del evento es la generación de cambios. Se busca, no solamente proponer ideas y cambios en el proceso, sino hacerlos. Si se necesita hacer un cambio mayor, se debe buscar el apoyo para hacerlo y conseguir los recursos. Todos los cambios propuestos y previamente analizados, se deben de realizar durante el evento. Solamente pueden quedar

pendientes, tareas que por cuestiones ajenas no se puedan realizar en esas fechas o que dependan de otras partes (ej. aprobación del cliente).

4. *Documentación, validación y control de las Mejoras*

   Una vez hechos los cambios, se deben validar para posteriormente documentar y estandarizar el nuevo flujo en el proceso y buscar alternativas de control para asegurar que los cambios se mantengan. Una parte importante es capacitar e informar sobre los cambios realizados a todo el personal de operación.

5. *Presentación del Evento*

   Al final del evento, y si es posible durante el desarrollo del mismo, se deben presentar los avances y logros del evento a la gerencia y la dirección. De esta manera se asegura que el evento vaya de acuerdo a las estrategias del negocio y se asegura el rumbo correcto del mismo con la retroalimentación de los altos mandos.

Herramientas LEAN

El uso y la selección de las Herramientas de Manufactura Esbelta varia dependiendo el tipo de trabajo que se haga en cada taller o negocio. Es importante no utilizar o implementar alguna de las herramientas nada más porque sí, o porque quizás puede ser fácil de implementar. La selección del uso de las herramientas de manufactura esbelta debe de ser en base a un análisis obtenido con la información que proporciona el Sistema de Medición, validando de esta manera que existe un área de oportunidad y que cierta herramienta es útil para atacar ese desperdicio detectado. La idea es que la aplicación de las herramientas se haga a través de la propuesta previamente presentada, con la Metodología DMAIC y con Eventos Kaizen. Las herramientas con mayor potencial de aplicación y beneficio para un taller de maquinados son la del SMED, Sistemas de Control Visual, *Poka-Yokes* y VSM. Estas herramientas se explicaron brevemente en el apartado de la investigación bibliográfica realizada para este proyecto. En el caso práctico se verán algunos ejemplos del uso de algunas de las herramientas.

3.6 CONTROL Y CIERRE DEL MODELO

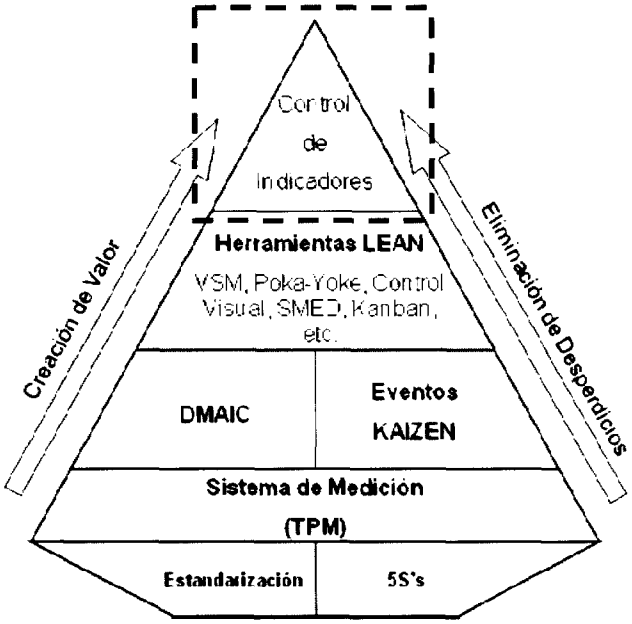


Fig. 13 – Diagrama del Modelo Propuesto (Control)

En la parte superior del esquema que representa el modelo propuesto se muestra el elemento que busca cerrar el círculo del modelo, que es el Control de Indicadores. Éste pretende alinear las iniciativas de mejora y el sistema esbelto con las estrategias del negocio. Las estrategias del negocio deben reflejarse en los indicadores que tiene el taller de maquinados, y el sistema de manufactura que soporta y dirige al taller (y que se está proponiendo), debe generar impactos positivos en los indicadores. De nada sirve generar e implementar un sistema de manufactura esbelta, si no se cumple con los objetivos del negocio. Si no hay impacto en indicadores por ejemplo de productividad y calidad, no haría sentido.

Es importante, incluso en este bloque del modelo, que se siga buscando eliminar desperdicios. En el Marco Teórico de este proyecto se mencionaron los siete desperdicios descritos por Taiichi Ohno, pero también se habló de la identificación de otros aspectos que de igual manera se deben considerar como desperdicios. Uno de ellos es el trabajar con las métricas equivocadas, utilizando excesivamente recursos para mejorar indicadores que no son clave para mejorar. Es por eso que en el esquema del modelo propuesto la eliminación de desperdicios y la creación de valor deben estar presentes en cada uno de los componentes del modelo, desde la base hasta el último bloque que es el Control de Indicadores.

Una parte importante de este último bloque del modelo es la búsqueda del control en sí, en cada una de las etapas. Las 5S's, la Estandarización, los proyectos e iniciativas de mejora deben tener un control, registros, evidencias, mediciones, etc. Debe existir una estructura, desarrollada por personal de Mejora Continua, que permita sistemáticamente dar un seguimiento claro y evidente a cada una de las etapas y a cada uno de los indicadores generados por el Sistema de Medición, de tal forma que se puedan identificar avances, rezagos, procesos e iniciativas estables o fuera de control, etc. Esto puede involucrar distintos elementos, como pueden ser documentos de control o juntas periódicas para ver avances en cada uno de los rubros y proyectos.

Así termina el modelo propuesto que busca generar un sistema de manufactura esbelta alineado con las estrategias del negocio. El orden sugerido en que se deben de implementar cada uno de los bloques es el que se presenta en el esquema desde la parte más baja hasta la cumbre, porque las primeras etapas permiten que las siguientes sean más sencillas de implementar. Sin embargo, es posible que existan etapas que por necesidades del negocio o porque previamente se tiene una base sólida de algo parecido a alguno de los componentes, se pudieran efectuar o tener antes sin afectar al proceso posterior de implementación del sistema.

CAPÍTULO 4 - CASO PRÁCTICO

4.1 INTRODUCCIÓN AL CASO PRÁCTICO

El caso práctico y la implementación de este modelo se lleva a cabo en los talleres de maquinados de Frisa Forjados S.A. de C.V. Los antecedentes de la empresa se pueden encontrar en la siguiente liga: www.frisa.com. Estos talleres dan el servicio de maquinado (específicamente torneado) al principal negocio de la empresa, que es la fabricación de anillos rolados de acero. El flujo del material es muy sencillo. Generalmente los anillos son procesados en un solo torno (primera y segunda operación), y cada torno va trabajando en forma paralela. Todo el proceso de maquinado se realiza en esa misma máquina. En ocasiones, para algunos productos (generalmente estándares) y dependiendo de las dimensiones de las piezas, se hacen celdas entre dos tornos, realizándose la primera operación en un torno y la segunda operación en un segundo torno. A continuación se muestra una figura del flujo del material.

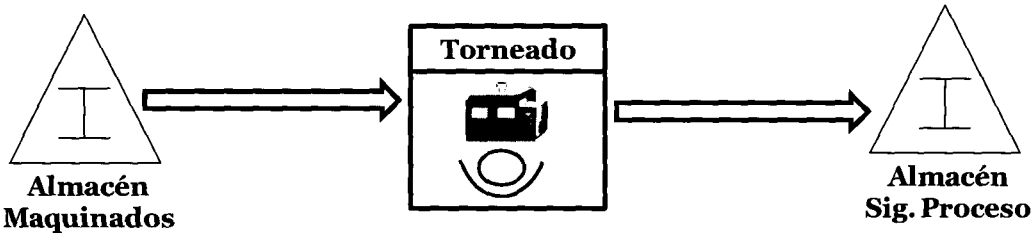


Fig. 14 - Flujo en Talleres de Maquinados

Es importante tener presente que en principio este flujo es relativamente sencillo. El trabajo que se realiza, rara vez tiene una secuencia de varios pasos (más adelante se verá el ejemplo de uno en dónde sí se analizó el flujo). Prácticamente, la operación es paralela en todas las estaciones de trabajo. Todo esto es considerando que el alcance del proyecto en cuestión es solo en el área de maquinados, siendo este un departamento de servicio, que debe atender las variaciones en la demanda y en los tipos de productos. En la empresa a nivel global también se está trabajando en el mejoramiento del flujo de toda la operación y en el cual también existen áreas de oportunidad, sin embargo, como se mencionó anteriormente, este proyecto solo se enfoca al área de maquinados.

El objetivo de este apartado es el de mostrar la implementación del modelo que se propone en este proyecto de investigación. Se sabe de antemano que la implementación de un sistema de manufactura esbelta y el ser una empresa esbelta se llega después de mucho trabajo y años de compromiso, y que debe de ser una filosofía que se sostenga a través del tiempo. Por lo anterior, no todas las implementaciones que se proponen en el modelo se presentarán en esta sección debido a que algunas están apenas en su etapa de planeación o en el inicio de su implementación.

La idea principal de esta sección es ver ejemplos de cómo se han ido implementando algunas de las iniciativas vistas, los tropiezos que se han tenido, y los resultados obtenidos hasta el momento.

Es importante mencionar que en el caso práctico el orden de implementación varió un poco de acuerdo a lo que se propone en el modelo por el hecho de que previo a este proyecto existían ya algunas iniciativas de las cuales también se buscó sacar provecho. Por ejemplo, la metodología DMAIC para la realización de proyectos ya se estaba utilizando previamente en la empresa y se sacó provecho de ello. Lo importante es que, como se mencionó en la propuesta del modelo, en base a las experiencias que se han vivido en la empresa misma, el orden de implementación sugerido es el que se presenta en el modelo mismo. Al día de hoy, aunque ya se tienen ciertos avances en varias etapas del modelo, se está avanzando en robustecer las 5S's y en la Estandarización que son la plataforma del modelo. Ya se tenía un sistema de medición, pero no era confiable ni se tenían al día los indicadores, por lo cual se propuso mejorar esta condición como se verá más adelante. Así mismo ya existían algunos avances en las etapas que se encuentran en la parte alta del modelo, los cuales se verán en las siguientes secciones.

4.2 Implementación y Resultados de las 5S's

Esta es la etapa más avanzada en la implementación del sistema de manufactura esbelta. Las dos estrategias principales que se han implementado en los talleres de maquinados son las auditorías en la estaciones de trabajo y los recorridos semanales en las distintas naves de producción, como se establecieron en el modelo. Previo a estas implementaciones se capacitó a todo el personal en el concepto de las 5S's y sus beneficios. Actualmente todos los operadores que entran a los talleres de maquinados reciben una inducción de 3 semanas y en la cual se incorpora el tema de las 5S's. A continuación se verán ejemplos y resultados de cómo se han implementado las auditorías y los recorridos.

1. **Auditoría de las Estaciones de Trabajo**

   En el modelo ya se vio en qué consisten estas auditorías y los beneficios que pueden proporcionar. Las auditorías se hacen en cada una de las estaciones de trabajo de los 4 talleres de maquinados y 3 naves con las que se cuentan. Las auditorías se llevan acabo dos veces al mes, y a todo el personal se les presentan los resultados promedios del mes.

   El formato de auditoría que se utiliza es prácticamente igual a lo que se presenta en el modelo. En el Anexo F se puede ver un ejemplo de una evaluación que se le hizo a una de las estaciones de trabajo. Como se puede observar en el formato de auditoría, la calificación fue de 76.2 puntos y se tenía una meta establecida (en Agosto) de 73 puntos. Para cada uno de los rubros que se evalúan se van otorgando 0, 10 o 20 puntos según cumplan o no con los criterios de evaluación. En el ejemplo se observa que en cada rubro en donde se obtuvieron 0 puntos, se coloca una observación de cuál fue el fallo.

   Los aspectos en los que se tuvieron más dificultados en el comienzo de esta iniciativa fueron el no poner observaciones y no tener bien definidos cuáles eran los criterios establecidos para otorgar 0, 10 o 20 puntos en cada uno de los rubros. Por esto mismo fue importante definir los criterios de evaluación, establecerlos como un estándar y darlos a conocer, y así cada vez que se falla en alguno de los rubros se pone la observación del motivo del fallo el cual debe

estar de acuerdo a los criterios establecidos. En el Anexo G se puede observar un extracto de los criterios definidos para algunos de los puntos que se evalúan.

Los resultados han sido muy positivos y gradualmente se han visto los cambios en el ámbito del orden y la limpieza. Esto permite a los operadores trabajar de una manera mucho más tranquila, placentera y segura, y se han reducido los tiempos perdidos por búsqueda de herramentales o herramientas, entre otros.

Como ya se mencionó, la mejora ha sido gradual y es posible que puedan haber recaídas (y las han habido), además de que hay todavía áreas de oportunidad para seguir mejorando las condiciones. Lo importante es el darle el seguimiento para que el sistema continúe, se vayan ajustando criterios y/o metas para gradualmente mejorar. A continuación se presenta una gráfica del resultado que ha tenido uno de los talleres en la calificación de 5S's, y se puede observar cómo, aunque ha recaído en algunas ocasiones, la tendencia global es positiva.

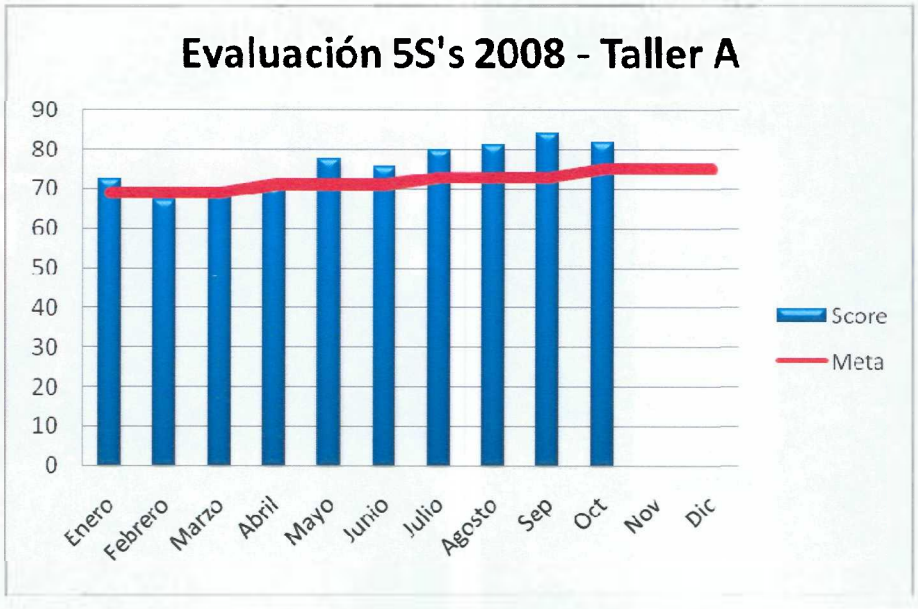


Fig. 15 - Gráfico de Evolución en el Indicador de 5S's

Algo importante que se hizo en la empresa en cuestión, que igualmente se propone en el modelo, y que se considera que fue de gran relevancia para involucrar y motivar a la operación en este ámbito, fue el de otorgar un incentivo económico a los empleados si se cumple con las metas establecidas de 5S's. En la empresa en donde se está implementando este sistema, existe un

sistema de incentivos trimestral que depende directamente de los indicadores que tiene cada uno de los departamentos (rechazos, reprocesos, cumplimiento, seguridad, etc.) y se hizo la propuesta de incluir la calificación de 5S's, la cual fue aceptada.

Otra forma de motivar a al gente a que mantenga su estación de trabajo en óptimas condiciones es mediante el reconocimiento. En el modelo se presentó una propuesta la cual se utiliza en este caso práctico, que consiste en otorgarle una bandera de plástico a la mejor máquina y otra a la máquina que obtuvo la calificación más baja. La bandera para la máquina con mejor calificación en el mes es de color verde y la bandera con la calificación más baja es de color rojo. En la siguiente figura se muestra una foto de las máquinas con ambas banderas.

Fig. 16 - Reconocimiento a las máquinas con la calificación más alta y más baja en las 5S's.

Cada mes se hace el reconocimiento a la mejor máquina y también a la máquina con mayor área de oportunidad. Puede suceder que una máquina obtenga dos meses seguidos el mismo reconocimiento.

2. **Recorrido en Áreas de Trabajo para Identificar y Eliminar el Desperdicio**

El recorrido es algo que igualmente nos ha ayudado mucho en el tema del orden y la limpieza. La idea y el concepto es el mismo que se presentó en el modelo. El recorrido se hace todas las semanas a un horario fijo (miércoles 8:30 a.m.) y se van turnando las distintas naves (se cuenta con 3 naves para los talleres de maquinados). El recorrido lo hacen distintas personas del *staff* incluyendo el director, gerentes de producción, jefes, supervisores, ingenieros de manufactura y mejora continua, mantenimiento y seguridad. Cada persona llena el formato, hace el recorrido de manera individual y llena el formato de reporte que se observa en el Anexo H. Al finalizar el recorrido se realiza una junta en la que se ven los puntos que cada quien encontró y el personal de mejora continua recopila toda la información para hacer un resumen y enviárselo a los jefes de área quienes son responsables de establecer acciones para cada uno de los puntos que salieron. En el siguiente recorrido de la misma área, al comenzar la junta final se presentan las acciones que se han tomado para atacar los puntos que en recorridos previos han salido.

Este recorrido es fundamental para mantener el orden a nivel nave/planta. Las auditorías de 5S's evalúan cada una de las estaciones de trabajo, pero no a la nave en global. Existen áreas que son comunes (ej. pasillos) que siendo de todos terminan siendo de nadie, y es fácil que no se les preste atención y acumulen suciedad y/o cosas que no deben estar allí. Estos puntos caen bajo la responsabilidad del jefe del área o jefe de taller quien tiene que tomar acciones para atacarlos mediante los distintos recursos que tiene.

Los recorridos junto con las auditorías de 5S's, han permitido a los talleres de maquinados ir evolucionando positivamente en el ámbito del orden y la limpieza, permitiendo al personal trabajar de una manera más cómoda y segura.

Antes

En la siguiente figura se presentan fotografías de cómo se veían los talleres antes de la implementación del sistema de 5S's (auditorías) y los recorridos.

Fig. 17 - Fotografías de los talleres antes de la implementación del sistema de 5S's

Después

En la siguiente figura se presentan fotografías de cómo se ven actualmente los talleres de maquinados.

Fig. 18 - Fotografías de los talleres después de la implementación del sistema de 5S's

Los resultados de estas implementaciones han sido muy buenos y siguen por buen camino, el reto es sostener esta mejora gradual. También es importante mencionar que para implementar las 5S's existieron tropiezos y dificultados en el arranque. En años anteriores se habían tenido iniciativas de orden y limpieza pero por falta de estructura organizacional y una sistematización y estructura (como se presentaron en este modelo) de las iniciativas, se fracasaba en la implementación de las mismas. También se tuvieron algunos errores en el inicio de la implantación del modelo, como fueron el no definir los criterios para cada uno de los puntos que se evalúan, la falta de comunicación y retroalimentación a los operadores en el detalle de los resultados. Otro punto importante que se debe de considerar es que este sistema, igual que otras iniciativas, debe evolucionar según las necesidades que se vayan presentado y así irlo mejorando y robusteciendo. Probablemente lo que funciona hoy, el día de mañana no necesariamente va a funcionar o no con la misma efectividad, o bien podría ser que las exigencias sean mayores conforme se va avanzando en este camino hacia un sistema esbelto.

4.3 AVANCES EN LA ESTANDARIZACIÓN

Como se mencionó en el modelo, esta es una fase muy importante que junto con las 5S's sirve como base para cualquier iniciativa de mejora y de eliminación de desperdicios. Por medio de la estandarización se logra una estabilización en el sistema de trabajo, en la cual se pretende lograr una misma forma de trabajo en los distintos rubros. Esta es una etapa del modelo en la que recientemente se está comenzando a trabajar en la empresa en la que se está llevando a cabo el caso práctico. La siguiente figura muestra el Diagrama de Estandarización que ya se incluyó en la sección correspondiente al modelo.

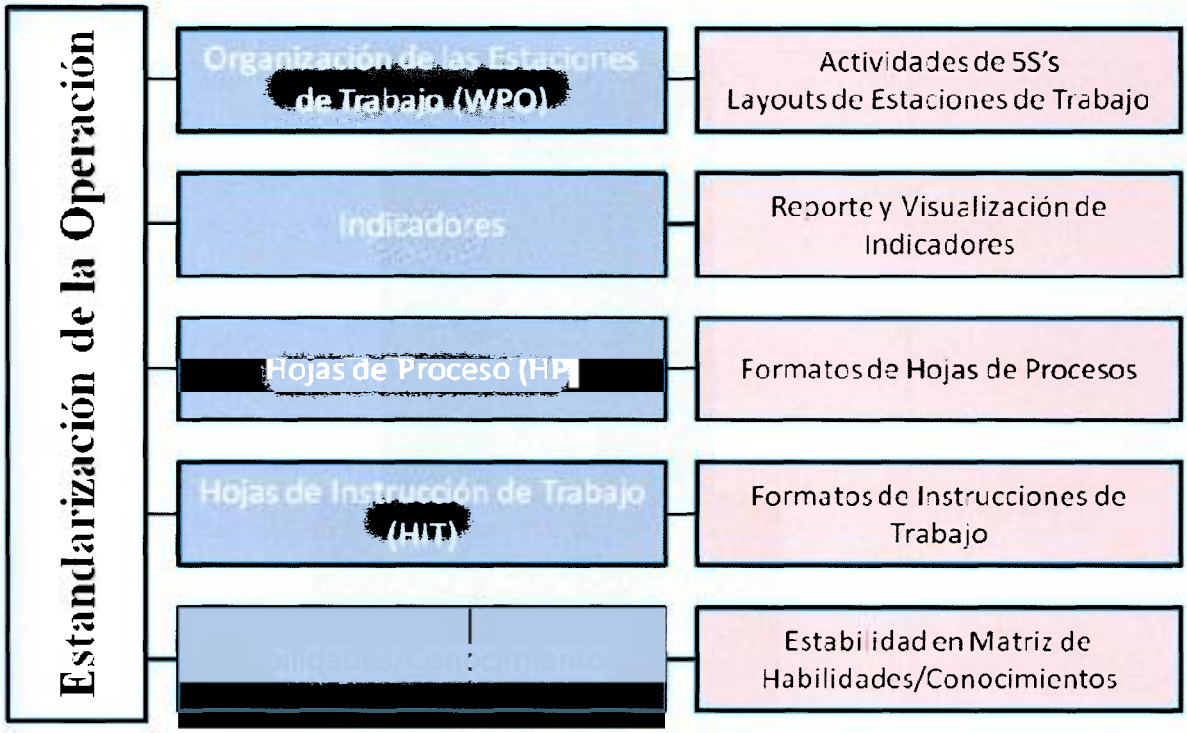


Fig. 19 - Diagrama de Estandarización

Enseguida se presentan a detalle los avances que se han logrado en la empresa en cada uno de los conceptos incluidos en el diagrama.

Organización de las Estaciones de Trabajo

Este es un rubro en el cual se ha trabajado junto con la iniciativa de 5S's. Durante los recorridos y las auditorías se observaba como estaciones muy parecidas con máquinas prácticamente iguales tenían un orden y una organización distinta en su área de trabajo.

Se decidió incluir un *layout* visible en el *Totem* informativo que se utiliza en cada uno de las estaciones de trabajo, como se propuso en el modelo. Éste *layout* se coloca en la parte más alta del *Totem* en donde se observa el orden que debe de tener la estación de trabajo. En el *layout* se pueden ver las áreas que hay dentro de la estación de trabajo como son el área de recibo de forjas, mesa de trabajo, área de producto terminado, área para instrumentos de medición, la misma máquina, etc. La intención de esto, por un lado es la de asegurarnos que físicamente la estación esté ordenada de acuerdo al *layout*, y por otro lado es la de buscar la estandarización de todas las estaciones de trabajo. Al momento de generar y definir estos *layouts* se busca hacerlos iguales en la medida de lo posible. En la siguiente figura se muestran fotografías de cómo se ve el *layout* dentro del *Totem* y el acomodo de las máquinas de una misma forma.

Fig. 20 - Fotografías de la Estandarización de las Estaciones de Trabajo

Indicadores

En este rubro el objetivo es que todos los operadores tengan una misma forma de medirse y así buscar un mismo enfoque en los distintos indicadores que tiene el negocio. Este objetivo se pretende lograr en el taller de maquinados en cuestión principalmente con el uso del *Totem*. En una de las fotografías anteriores se puede observar el *Totem* que se utiliza para la medición de los indicadores. Entre los beneficios que se obtienen está el que se puede observar de una manera rápida y sencilla al mismo operador y al resto del personal y determinar si la estación tiene o ha tenido algún problema recientemente en algunos indicadores como seguridad, orden y limpieza, calidad y productividad. En otras palabras el *Totem* genera una Administración Visual de la operación. Además esta herramienta permite estandarizar la forma de medir a cada una de las estaciones de trabajo de tal manera que se enfoca toda la operación hacia una misma dirección. Los indicadores y la forma de medir se definen de una forma y deben ser iguales para todos, y con el uso del *Totem* se logra esta estandarización.

A continuación se muestra una fotografía de un *Totem* y la distribución de lo que se puede ver en el *Totem*.

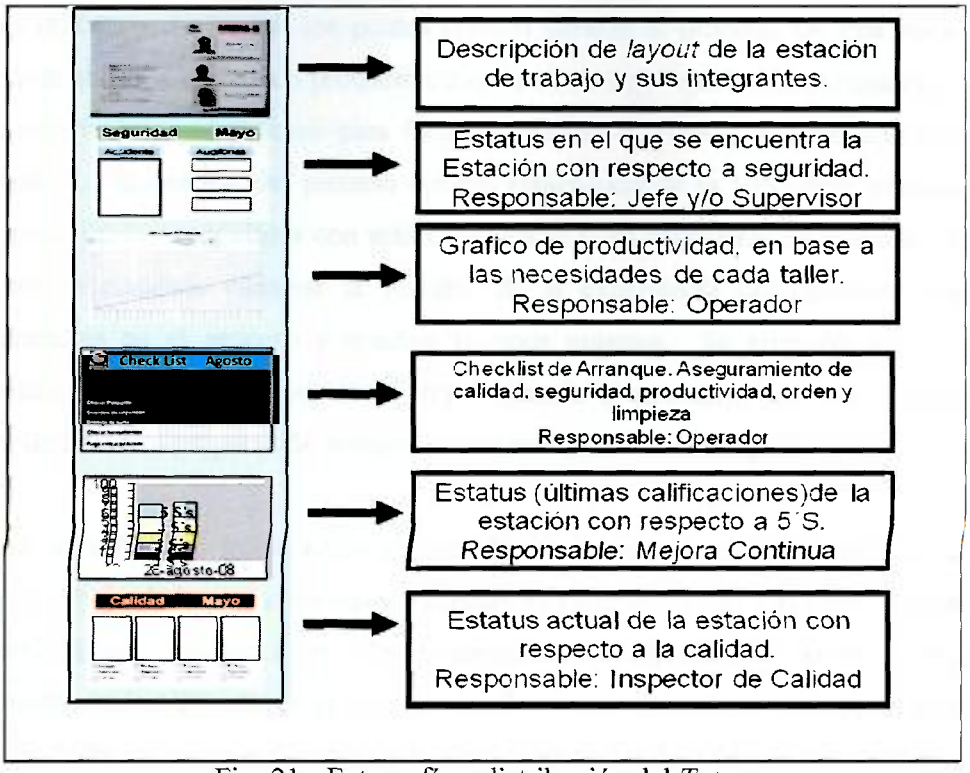


Fig. 21 - Fotografía y distribución del *Totem*

Hojas de Proceso Estándar

Anteriormente en el taller de maquinados la única indicación para el operador para el maquinado de un anillo era solamente el dibujo de la pieza y el programa CNC. De esta manera el operador tenía diversas opciones para maquinar las piezas que podían variar dependiendo de su nivel de experiencia, de qué herramentales disponía en ese momento, entre otras variables. De esta forma no existía una manera estandarizada para maquinar un cierto producto. Si en una cierta semana entraba a producción un producto estándar X y se maquinaba de una cierta forma, nada aseguraba que ese mismo producto estándar X si entraba la siguiente semana se fuera a maquinar de la misma manera. Una u otra forma pudiera ser la óptima, o quizás ninguna de las dos, dependiendo del operador.

Por lo anterior, se determinó entonces definir una Hoja de Proceso Estándar (HPE) en donde se detalla paso a paso cómo se debe de maquinar un producto estándar. En la HPE se define la manera óptima para maquinar un cierto producto, estableciendo a detalle cómo se debe sujetar la pieza, la secuencia en la que se debe de maquinar la pieza, con qué herramientas se debe maquinar, cuales son los parámetros de corte que se

deben utilizar y cuales son los puntos críticos durante el proceso. De esta manera, la forma en que se maquina un producto estándar es siempre igual, excepto cuando se está buscando mejorar el proceso para luego modificar la HPE y generar una siguiente revisión. La definición del proceso óptimo establecido en la HPE debe generarse en conjunto con los operadores con más experiencia y los ingenieros de proceso. De esta manera se pretende eliminar la variable de la experiencia del operador, evitando ineficiencias en el proceso y muchos tiempos muertos. Se eliminan así muchos desperdicios en la operación, por ejemplo cuando es necesario cambiar el proceso y hacer de nuevo la preparación porque se hizo mal desde un principio.

Ahora se le lleva la información al operador en un paquete de producción en donde viene el dibujo de la pieza con sus tolerancias, el programa CNC y la HPE. Un ejemplo de una HPE que se utiliza en el taller de maquinado se muestra en el Anexo I. Un punto importante en la HPE es que se establece el Tiempo Estándar. Este tiempo es el que se debe de tardar en maquinar la pieza y le sirve al operador de referencia para saber si está cumpliendo o no con lo establecido.

Hojas de Instrucción de Trabajo / Estandarización de las Habilidades y Conocimientos

Así como existen distintas formas de maquinar una pieza, existen distintas formas de operar un equipo. En el taller de maquinados hay operadores que operan la máquina de una forma y otros de otra. Para hacer ajustes, para referenciar una herramienta, para hacer compensaciones existen diversas formas. Esta es un área en dónde apenas se está comenzando a buscar una alternativa para eliminar esta variación que es también es una de las causas más importante para los problemas de calidad. Se está iniciando con una iniciativa para realizar Hojas de Instrucción de Trabajo (HIT) para cada equipo, que es muy similar a la iniciativa de las HPE. Con las HIT's se buscará eliminar la variación en las distintas maneras de operar el equipo. Ingeniería de Procesos junto con los operadores más experimentados están comenzando a definir para cada una de las máquinas, cuáles son las operaciones clave para asegurar la calidad del producto y cuál es la forma óptima para realizarlas. Esto posteriormente se plasmaría en HIT's que deberán conocer todos los operadores que operen esa máquina. En el Anexo J se puede observar una de las primeras HIT's que se están definiendo para un equipo específico.

Además en el tema de las HIT's se está en el proceso de desarrollar una matriz en la que se definen para cada máquina las HIT's que se deben de conocer para poderla operar. Asimismo se desarrollará una matriz en la que se relaciona cada operador con cada una de las HIT's, estableciendo para cada operador qué HIT's ya conoce. De esta manera se tiene una herramienta sencilla en donde uno puede determinar si un operador puede cambiar de una estación de trabajo a otra sin ningún problema. Cada una de las HIT's debe ser validada por la operación (operadores expertos) y posteriormente se debe dar un entrenamiento al resto de los operadores, para así ir llenando la matriz. Un extracto de la matriz que se está comenzando a desarrollar se muestra en el Anexo K.

Con esta serie de actividades en los distintos rubros de la estandarización de la operación se está logrando una estabilización de la operación que facilita mucho la búsqueda de nuevas iniciativas de mejora. Se está consciente de que todo esto debe llevarse a cabo de una forma gradual y estructurada, sin tratar de dar pasos agigantados, sino más bien asegurar que se esté dando el cambio y esté respaldado, documentado y sistematizado.

4.4 Arranque del Sistema de Medición a través de un Evento Kaizen

Se realizó un Evento Kaizen bajo un esquema muy semejante al que se presentó previamente en el modelo. Este evento no estaba enfocado precisamente al flujo de un producto o familia de productos, sino al flujo de información. El objetivo principal que se planteó previo al evento era el de desarrollar el sistema de medición con el que contaban los talleres de maquinados (principalmente en el ámbito de la productividad), debido a que se sabía que el proceso para obtener los indicadores era lento, tedioso para mucha gente y poco confiable. El evento se llevó acabo con personal involucrado en maquinados, desde operadores hasta el mismo director del área y se llevó acabo en cuatro días completos. A continuación se presenta un resumen de las distintas etapas en las que se desarrolló el evento.

1. *Conocimiento de la Situación Actual*

   Se realizó un recorrido para determinar cómo fluía toda la información que se requería para obtener los indicadores de cada taller, cómo se generaba la información, cómo se capturaba, y cómo se procesaba por sistema y manualmente para obtenerla, para poder después publicarla o analizarla para tomar decisiones. En general se encontraron los siguientes puntos importantes que demostraban que existían muchos desperdicios a lo largo del proceso:

   - El operador tenía que llenar un reporte productivo bastante difícil de llenar por la cantidad exagerada de códigos (de actividades) que existían, creando confusión en el llenado y sobretodo variación en el reporte ante una misma actividad. Además el reporte era difícil de interpretar y visualizar como para saber si durante el turno el operador cumplió o no con lo estimado o si tuvo algún problema. En los Anexos L y M, se pueden observar el reporte productivo que se tenía en ese momento y un extracto de los códigos de maquinado para las distintas actividades.
   - La captura de los reportes a una base de datos era un proceso muy lento y mucha de la información que se llenaba físicamente por los operadores, no se tomaba en cuenta para capturarse en el sistema y se perdía el registro.
   - El jefe de taller se tardaba 4.4 horas para obtener los indicadores clave (facturación, calidad, cumplimiento y productividad), por lo que esta

información se obtenía solo 1 o 2 veces al mes, sin poder retroalimentar al día a todo el personal el resultado del taller y sin poder tomar decisiones oportunas.

2. *Análisis de Mejoras*

Después de observar la situación actual se formaron varios equipos para que identificaran y propusieran alternativas para atacar los puntos que se mencionaron anteriormente.

- En conjunto con los operadores involucrados en el evento, y otros más que se les invitó para esta actividad, se redefinió el reporte productivo y se hizo una propuesta. Lo que se buscó fue que el reporte fuera sencillo de llenar, fácil de interpretar y visualizar para todos, y útil para el operador. Se hizo una reducción de 44 a solo 14 códigos, los cuales se definieron claramente para evitar confusión en la interpretación y el reporte de los mismos. Se generó un área visual que facilitara la visualización de la distribución del tiempo del turno. Por último se incluyó un recuadro en donde el operador debía de llenar el Tiempo Estándar de la pieza, para así obtener la cantidad de piezas estimadas que debía de producir en el turno y pudiera tener la meta claramente identificada desde el comienzo.
- Otro equipo se dedicó a trabajar arduamente con personal de sistemas, para facilitar la captura de los reportes, el procesamiento de la información y la obtención de los indicadores. En conjunto se desarrollaron y se propusieron estos sistemas.

3. *Implementación de las Mejoras*

En cuestión de dos días se hicieron todas las implementaciones posibles. Se definió el reporte productivo nuevo que se presenta en el Anexo N y se capacitó al 100% del personal (3 turnos) en los nuevos códigos y en el llenado del reporte, y en esa misma semana se implementó el nuevo reporte. Por otro lado, en esos mismos dos días se desarrollaron dos sistemas. Un sistema fue relativamente sencillo y se diseñó para facilitar la captura de los reportes en donde se generó un pequeño sistema de captura mucho más sencillo, rápido y amigable que el que se tenía anteriormente. El otro desarrollo importante de

sistemas fue en el ámbito del la obtención de los indicadores en donde los resultados de los diferentes talleres se obtienen (ahora) con un solo click y al día. A continuación se presenta en la figura una fotografía de cómo quedó el sistema.

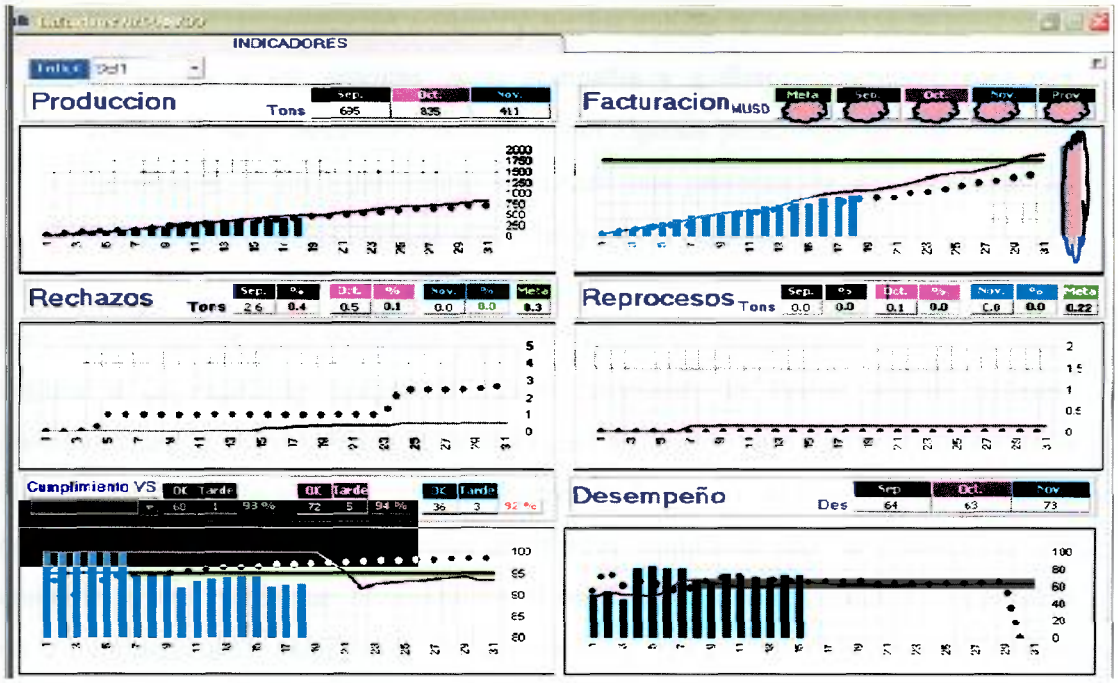


Fig. 22 - Módulo de Indicadores Maquinados

Teniendo esta información en forma rápida y al día, le permite a la administración de los talleres publicar en el piso los indicadores igualmente al día y así tener a todo el personal enfocado.

Otro punto importante que salió en este punto fue la redefinición de la forma en cómo se medía la productividad tomando como base los conceptos y métricos del TPM, utilizándose ahora las fórmulas que se presentan en el modelo.

4. *Documentación, validación y control de las Mejoras*

No fue necesario generar registros para controlar los cambios, ya que prácticamente los cambios y su control se validaban con la misma implementación que se realizó durante la misma semana. Algunos puntos, por falta de tiempo o de recursos se dejaron pendientes y se cerraron en las semanas

siguientes, y semana con semana se fueron revisando y validando los avances hasta que se cerraron todas las actividades pendientes.

5. *Presentación del Evento*

   Durante el desarrollo del evento (todos los días en la mañana) se le presentaba un avance a los gerentes de la compañía y a dirección general, para que aportaran en el desarrollo, o reenfocaran algunos puntos que se iban tratando. Igualmente al final del evento se realizó una presentación del desarrollo del mismo, así como las implementaciones y logros obtenidos.

Este evento fue de gran beneficio para los talleres de maquinados porque se logró enfocar a un excelente equipo de trabajo compuesto de varios niveles, diversas personalidades, puestos y recursos, y en el cual se detuvieron las actividades del día a día de cada una de estas personas con el objetivo de que se enfocaran a aportar ideas brillantes las cuales generaron los excelentes resultados que se obtuvieron. Un aprendizaje importante que se obtuvo fue el de reconocer que hay muchos desperdicios en la administración del flujo de la información y que los desperdicios no solamente existen en el proceso de manufactura. En este evento se atacaron dos desperdicios que se mencionaron en el marco teórico y que no son los normalmente conocidos, que son la subutilización de los empleados y el trabajar con las métricas equivocadas.

4.5 Ejemplo de Proyecto DMAIC

En el taller de maquinados en el que se está llevando a cabo el caso práctico, se utiliza como herramienta de mejora la metodología DMAIC. Al aplicar esta metodología se han utilizado algunas de las herramientas de Manufactura Esbelta para el análisis de los proyectos y la ejecución de los mismos. En lo que va del año presente (noviembre de 2008) se han tenido beneficios económicos sumamente importantes, obteniendo ahorros de varios cientos de miles de dólares. A continuación se presenta el resumen de un proyecto en el que se utilizó la metodología y se lograron beneficios económicos importantes para el área de maquinados, lográndose disponer de una mayor capacidad de maquinados así como la optimización de las capacidades actuales.

Definir

El proyecto se definió y se seleccionó debido a que existe un producto estándar, con las siguientes características:

- Uno de los productos con más años en producción
- Producto muy repetitivo
- Recientemente aumentó significativamente el requerimiento del cliente en cantidad
- Es un cliente fiel e importante para la empresa
- Se tiene una capacidad limitada para otorgar las cantidades que requiere el cliente.

El objetivo del proyecto era buscar una alternativa para poder satisfacer la necesidad del cliente (aumento significativo en cantidad).

Medir

Se realizó un estudio de la situación actual del proceso de ese producto. Se detectaron los siguientes puntos:

- Es un anillo que requiere de 3 pasos en el maquinado
    1. Premaquinado
    2. Segmentado
    3. Maquinado Final

- Siendo un Anillo Recto y dadas las capacidades que se tienen en los talleres externos (subcontratados), se hacía el premaquinado en un anillo múltiple en un taller externo, regresaba la pieza a la empresa para segmentarse (sierras) y posteriormente se hacía el maquinado final de nueva cuenta en el taller externo. En las siguientes figuras se muestra un diagrama espagueti y el Mapeo de la Cadena de Valor del maquinado de este producto.

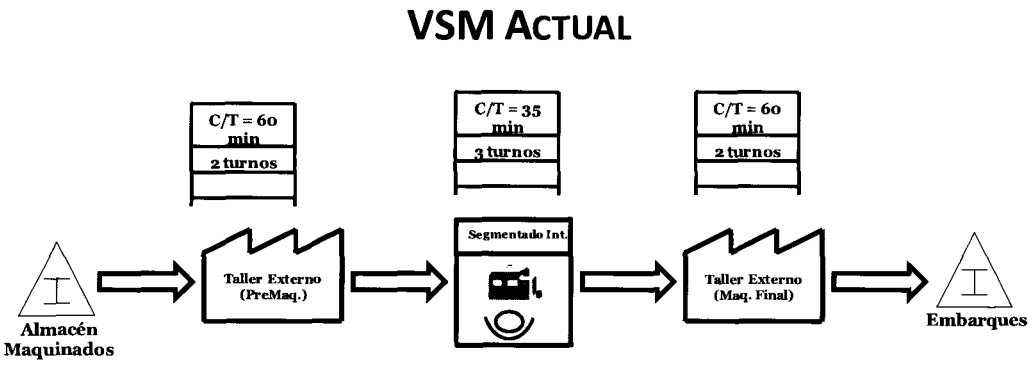


Fig. 23 - VSM Actual

El proceso consiste en primeramente maquinar un anillo múltiple (3 sencillos) en un taller externo en donde el tiempo de ciclo es de 60 minutos para maquinar el anillo múltiple completo. Posteriormente el anillo múltiple pasaba a segmentarse otra vez internamente en donde cada segmento se tarda 35 minutos (2 segmentos para tener los 3 anillos). Posteriormente se regresaba al taller externo para hacer el maquinado final de cada uno de los anillos sencillos en donde el tiempo de ciclo de cada uno de los anillos era de 60 minutos. Finalmente la pieza regresaba a la empresa para certificarse y embarcarse al cliente.

Fig. 24 - Diagrama de Espagueti Actual

Analizar

Dentro de la etapa del análisis se utilizaron herramientas (5 Porqués, Análisis de Causa-Efecto) para determinar las causas por las cuales se llevaba acabo de esa manera el proceso de maquinado de esas piezas, encontrándose que así se había hecho por muchos años. Se realizó el análisis y se encontraron los siguientes factores:

- El proceso se hacía en 3 pasos incluyendo dos maquinados, porque las piezas traen pared delgada y tienden a ovalarse. Hacer un premaquinado como anillo múltiple ayuda a que las piezas tengan menos ovalamiento.
- Se mandaban a talleres externos debido a que internamente se cuenta únicamente con tornos CNC e hidráulicos (para estas dimensiones) y siendo el anillo recto, se pueden utilizar tornos convencionales disponibles en talleres externos. Además los tornos propios con los que se cuenta, tienen chucks hidráulicos, por lo que la presión sobre las piezas no es controlada (por la variación en la forja) y la calidad (ovalamiento) no era factible controlarla totalmente.

Mejorar

Teniendo ya información de la situación actual y el análisis de las razones del porqué se maquinaba así, se buscaron alternativas para cambiar y mejorar el proceso. Se implementaron las siguientes acciones de mejora:

- Se detectó la gran oportunidad de eliminar un primer maquinado si fuera factible desarrollar un proceso que contrarrestara el ovalamiento de las piezas con un torno horizontal de chuck hidráulico.
- En conjunto con Ingeniería de Procesos, se diseño un proceso enfocado a la sujeción de las piezas de tal manera que no existiese mucha presión sobre los diámetros y se pudiesen maquinar las piezas sencillas en condición forja.
- Se hicieron las pruebas y se logró controlar el ovalamiento de las piezas con altos parámetros de corte y se eliminó el primer maquinado.
- Al utilizar un torno CNC con chuck hidráulico la operación es mucho más automática en el montaje y el mismo maquinado de las piezas. Se logró un tiempo de ciclo de 15 minutos en el maquinado de cada pieza sencilla.

A continuación se presenta el mapeo de la cadena de valor en el que se puede observar cómo quedó el proceso e igualmente el diagrama de espagueti final. Sin considerar el recorrido que dan las piezas fuera de la empresa, se generó un ahorro del 55% en la trayectoria del material y el tiempo de procesamiento de las piezas es mucho menor que antes, eliminando muchos desperdicios.

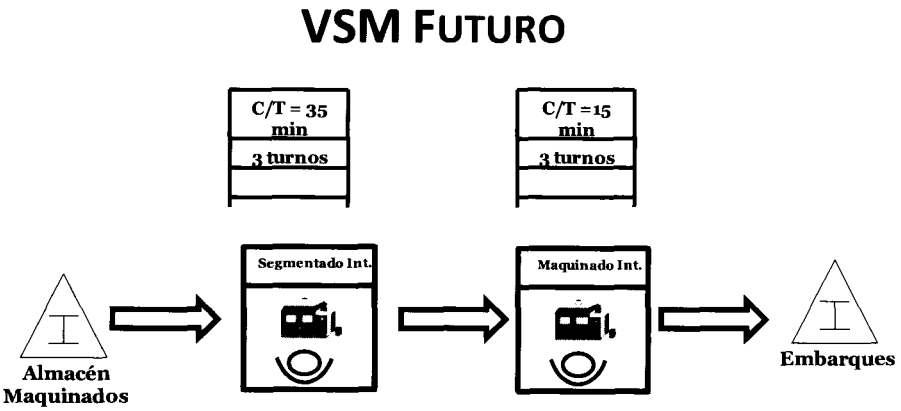


Fig. 25 - VSM Futuro

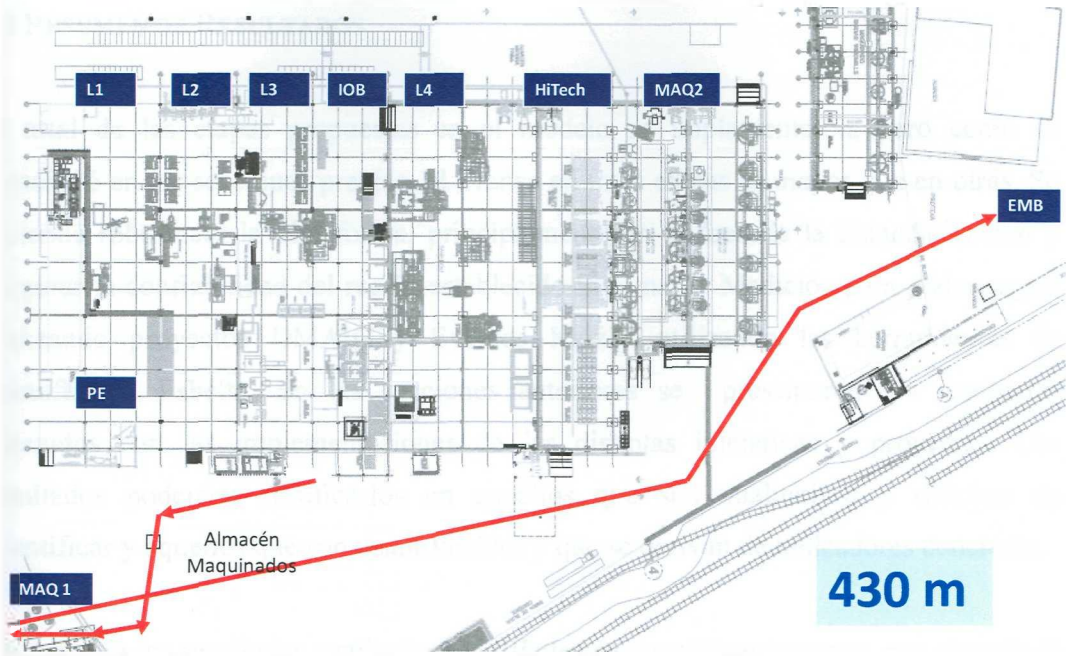


Fig. 26 - Diagrama de Espagueti Futuro

Controlar

El control en este caso fue relativamente sencillo. Por sistema se cambió la ruta de producción que llevaba este producto a como se redefinió en el proyecto y se estableció una HPE para el nuevo proceso de maquinados. Actualmente se puede auditar la producción de estas piezas y se puede comprobar que así se realiza. Por otro lado se tiene una hoja de resumen con la cual mensualmente se revisa el avance del proyecto por un año entero. La hoja de resumen tiene un formato estandarizado en donde se presenta la información y avance del proyecto en el indicador que se esta monitoreando y los beneficios económicos que hadado. Al igual que en este proyecto, para todos los proyectos DMAIC se les da el mismo seguimiento mensual y se genera una hoja de resumen.

4.6 Resumen de Resultados

El total de las etapas propuestas en el modelo se implementaron, pero como se mencionó en las secciones previas, el avance en unas etapas es mayor que en otras. Se pretende robustecer la plataforma, principalmente en el área de la Estandarización y asegurar la confiabilidad del recién establecido Sistema de Medición para poder seguir realizando proyectos DMAIC y Eventos Kaizen utilizando las herramientas de Manufactura Esbelta. En las secciones anteriores se presentaron los resultados obtenidos con las implementaciones de las distintas iniciativas y proyectos. Los resultados podemos clasificarlos en aquéllos que son cualitativos y difíciles de cuantificar y aquellos que son cuantificables y que se derivan de indicadores concretos.

En cuanto a los resultados cualitativos y difíciles de cuantificar tenemos por ejemplo la satisfacción del trabajador después de la implementación de mejoras en el orden y la limpieza, y la implementación de las 5S'. Otro indicador y resultado difícil de medir es el *lead time* por el tipo de proceso y negocio en el que se implementaron los distintos proyectos y mejoras, ya que existe una gran mezcla de productos, y por la variación existente en los tamaños de lotes y la demanda. Sin embargo, como se explicó en el ejemplo del Proyecto DMAIC se obtuvieron mejoras importantes en el *lead time* habiéndose obtenido una reducción en pasos del proceso, tiempos de espera y tiempos de ciclo en el proceso mismo.

En cuanto a los resultados cuantitativos globales más importantes resultantes de la implementación de las distintas iniciativas, los podemos resumir en la siguiente tabla en la que se presentan los resultados obtenidos después de la implementación de este sistema de Manufactura Esbelta. En el indicador de Venta por Hora no se presentan números por motivos de confidencialidad de la empresa.

Indicador	Antes	Después	% De Mejora
Califiación 5S's	66.5	79.9	20%
Seguridad (# de Accidentes Inc.)	6	3	50%
Venta por Hora	*	*	11%
Disponibilidad	No existía	Arranque (75%)	-
Desempeño	No existía	Arranque (65%)	-
Eficiencia	No existía	Arranque (88%)	-
Tasa de Calidad	99.18%	99.31%	16%
ETE	No existía	Arranque (64.5%)	-

Fig. 27 – Tabla de Resumen de Resultados Cuantitativos

Nota: El indicador de Seguridad compara el resultado del año 2007 (antes) con el del 2008 (después)

* Dato confidencial no proporcionado por la empresa

CAPÍTULO 5 - CONCLUSIONES

Como se mencionó en el caso práctico, estas implementaciones a lo largo del presente año han generado grandes beneficios para los talleres de maquinados y en general para la empresa. En el Resumen de Resultados visto en el caso práctico se observa la evolución hacia la mejora de algunos de los indicadores. Por ejemplo, un indicador importante es el la venta por hora, el cual aumentó con respecto al año anterior en un 11%. Este es un incremento importante considerando que se disponen de alrededor de 34,214 horas hombre-máquina mensuales en promedio (año 2008). Es importante dado que el propósito fundamental con este proyecto y cualquier iniciativa, sistema o modelo que busca mejorar la calidad y productividad, es el de mejorar la venta y utilidad del negocio, y en este caso sin duda se está logrando. Hasta el momento los avances son muy buenos y ha sido quizás una historia de éxito pero se está plenamente consciente de que hay mucho todavía por mejorar y muchos desperdicios que eliminar.

Igualmente es importante reconocer que aunque este sistema propuesto no es perfecto porque no deja de ser un modelo, sí sirve como un muy buen punto de partida. Algunos puntos quizás son aplicables para algunos talleres de maquinados pero quizás para otros no, igualmente podría ser aplicable para otro tipo de sistema de manufactura o negocio. También es fundamental reconocer que hay otros factores que afectan directamente al buen funcionamiento de este modelo como pueden ser el entorno general de la empresa, el mercado al que atienden y en el que compiten, la filosofía y los valores que tiene la empresa, el liderazgo, las estrategias de negocio, entre otros.

Se alcanzaron los diversos objetivos que se plantearon al inicio de este proyecto de investigación. Se logró generar un modelo útil para el taller de maquinados y para otros talleres. Con el Sistema de Medición propuesto se identificaron y determinaron las variables que se deben medir para monitorear la calidad y productividad. Un logro importante es que se comenzaron a medir estas variables que son claves para detectar áreas de oportunidad y poder eliminar desperdicios. Así mismo, un logro igualmente importante es que, aun considerando un crecimiento aproximado de un 30% en el personal y en el equipo en el último año, se mejoraron otros indicadores, por ejemplo la Tasa de Calidad. En cuanto al análisis y selección de las herramientas de Manufactura

Esbelta, se lograron también avances importantes como fue la implementación exitosa de las 5S's, y se están planeando proyectos importantes aplicando otras herramientas.

También se respondió a las preguntas investigación planteadas en un principio. Las experiencias vividas en años anteriores, la investigación bibliográfica que se realizó y la misma implementación de las iniciativas, permitieron generar un modelo que propone seguir una secuencia de pasos para implementar efectivamente un Sistema de Manufactura Esbelta. Así mismo se establecen factores que se deben considerar para realizar una implementación efectiva de cada una de las iniciativas.

En el caso Práctico se mostraron algunas aplicaciones reales de lo que se propuso en el modelo. Es importante enfatizar que aun considerando las aplicaciones y los beneficios importantes ya logrados, el rumbo debe seguirse corrigiendo. El modelo presenta un punto de partida, el cual podrá ajustarse y modificarse según las necesidades que se vayan presentando. Es un punto de partida porque la construcción misma del modelo se generó en base a las experiencias vividas en años anteriores y se ajustó en base a las experiencias que se vivieron en la realización de este proyecto.

En la implementación de las mejoras y en cada una de las aplicaciones existieron algunos errores y ajustes, los cuales se consideraron para robustecer el modelo. Sin embargo hay otras áreas o iniciativas cuya implantación apenas se está iniciando o bien que se tiene planeado implantarlas en un futuro próximo y para las cuales se tiene un buen punto de partida ya que se cuenta con el respaldo del sistema de medición, las 5S's, la estandarización y las metodologías que se utilizan para la mejora, y con el avance en la implantación las mismas, se podrá ir aprendiendo y realizando los ajustes necesarios. A manera de ejemplo, se tiene planeado implementar una iniciativa importante relacionada con Mantenimiento Autónomo y un proyecto importante en SMED.

El sistema de medición ya está generando información valiosa (ej. se detectó que dentro de las demoras operativas, las cuales son las más significativas de las demoras en los talleres de maquinado, más del 50% se genera en los tiempos de *setup*, representando el 4.2% del tiempo total trabajado) que es básica para una buena selección de proyectos. Una conclusión importante es que estos proyectos no se

implementan de un día para otro y que deben estar bien respaldados por un sistema, por una estructura y por las bases de un sistema de manufactura esbelta como se presentaron en el modelo. Esto lo podemos afirmar en base a la experiencia y la historia de los talleres de maquinado que se explicaron en el caso práctico y que nos han demostrado que la implantación no es fácil dado que en varias ocasiones se han arrancado iniciativas para la mejora en tiempos de *setup* y no ha sido posible sostenerlas.

Auditoría de 5S's

Área Evaluada: _____ Fecha evaluación : _____

Responsable : _____

Evaluador: _____ Puntos Obtenidos

20 = Cumple
10 = Cumple lo mínimo
0 = Incumple

	ESTÁNDAR	EVALUACIÓN *0	*10	*20	Deficiencias encontradas.
1a. S Selección [Seiri]	1.- El piso de trabajo está libre objetos, papeles o herramientas innecesarias.				
	2.- La mesa de trabajo/gaveta está libre de cosas innecesarias como botes o herramienta innecesaria.				
	3.- Los instrumentos de medición, herramientas se utilizan en el momento en que se está auditando de acuerdo a lo establecido.				
	4.-Los avisos, anuncios o documentos están vigentes en su contenido.				
2a. S Orden [Seiton]	1.- El área de partes, operación y pasillo están delimitadas.				
	2.- La cantidad de productos en el área de trabajo está de acuerdo con lo establecido				
	3.- Las piezas terminadas están identificadas y colocadas dentro del área asignada de acuerdo al layout.				
	4.- Las piezas en proceso están identificadas y colocadas dentro del área asignada de acuerdo al layout.				
	5.-Las máquinas y equipos están identificados con sus nombres.				
	6.-Está claramente identificado el lugar para las herramientas manuales.				
	7.-Está claramente identificado el lugar para los instrumentos de medición.				
	8.-Las herramientas manuales e instrumentos de medicion están ordenados para tomarse fácilmente.				
	9.-Los anuncios y avisos están colocados en lugares indicados.				
	10.-El contenido de la gaveta está ordenado e identificado				
	11.-El escritorio y/o mesa de trabajo, silla está en el lugar asignado.				
	12.- Los registros que se encuentran en el lugar están vigentes.				
3a. S Limpieza [Seiso]	1.-El piso está libre de maderas, basura, agua y aceite.				
	2.-El piso está libre de grietas, baches y deformaciones.				
	3.-La gaveta está libre de aceite, basura o material que pueda ensuciar las manos si los tocan.				
	4.-La gaveta está en buenas condiciones.				
	5.-La máquina está libre de aceite, basura, herramientas o material que pueda ensuciar las manos si los tocan.				
	6.-La máquina y equipos estan en buenas condiciones				
	7- Las herramientas están libres de aceite o material que puedan ensuciar las manos si los tocan.				
	8.-Las herramientas están en buenas condiciones.				
	9.-Las instalaciones eléctricas estan en buenas condiciones.				
	10.-Los avisos y anuncios están en buenas condiciones.				
	11.-Las mesa de trabajo está limpia y sin rayaduras.				
	12.-Las mesa de trabajo está en buenas condiciones.				
4a. S Estandarizar [Seiketsu]	1.- Recibió capacitación el personal en la operación que realiza.				
	2.- La máquina cuenta con sus reportes de trabajo (productividad e inspección)				
	3.-Cuenta con Hoja de Seguridad (AST) y está Estandarizada.				
	4.-El estándar de la pieza coincide con la hoja de Instrucción de trabajo y/o Hoja de proceso				
	5.-El instrumento de medición cuenta con su etiqueta de calibración y está vigente.				
5a. S Mantener [Shitsuke]	1.- Conocen y comprenden los propósitos y beneficios de las 5´s				
	2.- Se mantuvo la calificación con respecto a la evaluación anterior				
	3.- Los trabajadores cuentan con su equipo personal de seguridad.				
	4.-Cuentan con el uniforme completo los auditados.				

RECORRIDO PARA ELIMINACION DE DESPERDICIOS

DEPARTAMENTO/AREA:

FECHA:
AUDITOR:

Atención a los Siete Desperdicios:
Sobreproducción, Proceso, Espera, Inventario,Corrección, Movimiento de Material, Movimiento de Personal.

ITEM	PROBLEMA	GRADO	ACCIÓN	RESPONSABLE	FECHA OBJETIVO	FECHA TERMINO
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

NOTA: **1.-Clasificacion de anormalidades:**
Anormalidades grado "A"= - 30 puntos
(Anormalidad critica que afecta la seguridad y el medio ambiente, calidad, equipo y al costo)
Anormalidad grado "B"= - 20 puntos
(Anormalidad que afecta moderadamente la seguridad y medio ambiente, calidad, equipo y al costo)
Anormalidad grado"C"= - 10 puntos
(Anormalidad que afecta el aspecto higienico de los talleres)

2.-También se pueden reportar en este formato otras áreas de oportunidad relacionadas con: seguridad, calidad, entregas, costo y medio ambiente.

OBSERVACIONES_____

HOJA DE PROCESO ESTANDAR

REVISION	00	FECHA			
ESTANDAR / OP		OPERACION	1a. 2a, etc	MAQUINA	
DIBUJO		CLIENTE		TIPO DE MAQUINADO	
REVISION DE DIBUJO		DNC. (No. DE PROGRAMA CNC)		TIEMPO DE SET-UP	
MATERIAL		DUREZA		TIEMPO ESTANDAR DE OPERACION	

No.	SECUENCIA DE OPERACIÓN.		HERRAMIENTAS.	No.	PASOS PRINCIPALES.	PUNTOS CRÍTICOS.	TIEMPO STD. MIN	RAZONES DE LOS PUNTOS / ILUSTRACIÓN
1	Subir pieza	S		1.1	Subir la pieza, con eslinga en forma de -----	Balancee la sujeción de la pieza		
2	Centrado pieza	M		2.1	Sujetar la pieza por el ------, centrar la pieza entre mordazas opuestas			
		S	Llave para mordazas					
3	Revisión de Herramientas de Corte	-	Manguera de aire	3.1	Verificar el estado de inserto, asiento y portaherramientas que estén en buenas condiciones.	Haga cambio de herramientas que se encuentren despostillados, quebrados.		
		S	Llaves allen 9/64" y 5/32"					
4	Maquinado de	S	Portainserto	4.1	Maquinar	1° Maquine cara a limpiar 2° Maquine altura total		
		C	Inserto					
	Maquinado de	S	Portainserto		Maquinar	Verifique medida al terminar el primer corte		
		C	Inserto					
	Maquinado de	S	Portainserto		Maquinar	Verifique medida al terminar el primer corte		
		C	Inserto					
	Maquinado de	S	Portainserto		Maquinar	Verifique medida al terminar el primer corte		
		C	Inserto					
	Segmentado	S	Portainserto		Segmentar	Verifique medida al terminar el primer corte		
		C	Inserto					
	Verificar medidas	M			Verificar medidas y checar que los instrumentos de medición, se encuentren con fecha de calibración vigente	Verifique las sig. medidas:		
		M						
		M						
	Bajar pieza	S	Llave para mordazas		Aflojar mordazas y bajar la pieza, con eslinga en forma de ---- de tal manera que se encuentre en equilibrio	Balancee la sujeción de la pieza		
		S						
	REVISO				AUTORIZO		0	VO. BO. TALLER ESTANDAR

Anexo D – Formato Hoja de Instrucción de Trabajo

HOJA DE INSTRUCCIÓN DE TRABAJO	"NOMBRE PROCESO"	"N° DOCUMENTO"

Estándar:	N° proceso:	Máquina:	Área:	Página: de
Fecha emisión:	Fecha revisión:	Autorización:	Equipo de seguridad:	
Herramientas:				
Instrumentos de medición:				
Documentos de referencia:				

(1) ¿Qué? (Pasos Principales) Fotografía ¿Cómo? (Puntos Clave) ¿Por qué? (Razones si aplican)	(2)	(3)
(4)	(5)	(6)
(7)	(8)	(9)

REPORTE DE PRODUCCIÓN DE MAQUINADO

TALLER: _____ No. MAQUINA: _____

NOMBRE DE OPERADOR: _____ FECHA: _____

No. DE OPERADOR: _____

2do Turno

HORA		ORDEN DE PRODUCCIÓN	No. SERIE	CANTIDAD	OPERACIÓN	DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS														TIEMPO TOTAL	PIEZAS OK	OBSERVACIONES
						T. OPERATIVO		DEMORA AJENA				DEMORA OPERATIVA					DEMORA DE EQUIPO					
						MAQUINADO	ERROR DE OPERACIÓN	RECUPERACION	COMIDA	FALLA EXTERNA	MATTO. PREVENTIVO	SET UP	FALTA DE INFROMACION	FALTA DE PIEZA / HTA.	LIMPIEZA DE MAQUINA	FALTA DE OPERADOR	FALLA DE MAQUINA	FALLA DE MONTACARGAS, GRUAS Y POLIPASTOS	FALLA DE DNC			
						1	10	101	9	11	720	4	5	6	7	17	12	37	760			
3:00 a 4:00	p.m.																			60		
4:00 a 5:00	p.m.																			60		
5:00 a 6:00	p.m.																			60		
6:00 a 7:00	p.m.																			60		
7:00 a 8:00	p.m.																			60		
8:00 a 9:00	p.m.																			60		
9:00 a 10:00	p.m.																			60		
10:00 a 11:00	p.m.																			60		
			TOTALES																			

ORDEN DE PRODUCCION

TIEMPO ESTANDAR MIN.

CANTIDAD ESTIMADA

CANTIDAD REAL

MINUTOS: 510, 480, 450, 420, 390, 360, 330, 300, 270, 240, 210, 180, 150, 120, 90, 60, 30

T. OPERATIVO: MAQUINADO, ERROR DE OPERACIÓN

DEMORA AJENA: RECUPERACION, COMIDA, FALLA EXTERNA, MATTO. PREVENTIVO

DEMORA OPERATIVA: SET UP, FALTA DE INFROMACION, FALTA DE PIEZA / HTA., LIMPIEZA DE MAQUINA, FALTA DE OPERADOR

DEMORA DE EQUIPO: FALLA DE MAQUINA, FALLA DE MONTACARGAS, GRUAS Y POLIPASTOS, FALLA DE DNC

COMENTARIOS:

COMITÉ DE 5 S's FRISA FORJADOS MAQUINADOS

Área Evaluada: Mori Seiki 1
Responsable : Abraham Cruz
Evaluador: Beyra Rivera

Fecha evaluación : 28-Aug-08

Puntos Obtenidos: 76.2

CATEGORÍA	ESTÁNDAR	20 = Cumple 10 = Cumple lo mínimo 0 = Incumple EVALUACIÓN "0	"10	"20	Deficiencias encontradas.
1a. S Seleccionar [Seiri]	1.- El piso de trabajo está libre de piezas a maquinar de acuerdo a la norma, objetos, papeles o herramientas innecesarias.		10		
	2.- La mesa de trabajo está libre de cosas innecesarias como botes o herramienta innecesaria.	0			soda
	3.- Los instrumentos de medición, herramientas se utilizan en el momento en que se está auditando de acuerdo a lo establecido en HP o en otro documento.			20	
	4.-Los avisos, anuncios o documentos están vigentes en su contenido.	0			check list
	5-.Las gavetas están libres de cosas innecesarias.		10		
	8	0	20	20	
2a. S Orden [Seiton]	1.- El área de partes, operación y pasillo están delimitadas.			20	
	2.- Esta la pintura delimitadora del area de trabajo en buen estado.			20	
	3.- La cantidad de piezas en piso, concuerda con lo establecido.			20	
	4.- Las piezas terminadas estan identificadas y colocadas dentro del area asignada de acuerdo al layout.	0			no esta identificado de acuerdo al lay out
	5.- Las piezas en proceso estan identificadas y colocadas dentro del area asignada de acuerdo al layout.	0			no esta identificado de acuerdo al lay out
	6.-Las maquinas y equipos están identificados con sus nombres.			20	
	7.-Está claramente identificado el lugar para las herramientas manuales.	0			no esta identificado
	8.-Está claramente identificado el lugar para los instrumentos de medición.			20	
	9.-La herramienta manual e instrumentos de medicion están ordenados para tomarse fácilmente.			20	
	10.-Los anuncios y avisos están colocados en lugares indicados.			20	
	11.-El contenido de la gaveta está correctamente identificado por el exterior.	0			no esta identificado
	12.-El contenido de la gaveta está ordenado y tiene fácil acceso.			20	
	13.-El escritorio y/o mesa de trabajo, silla está en el lugar asignado.			20	
	14.- Los cajones de la mesa de trabajo estan libres de cosas innecesarias.	0			dulces
	15.- Los registros que se encuentran en el lugar están vigentes.	0			check list
	16.- Los botes de basura contienen lo establecido para cada uno de ellos. (bote rojo: basura contaminada) (bote amarillo: basura no contaminada)		10		
	17.- Las canastillas de maderas estan libres de basura, trapos, cadenas, eslingas etc.			20	
	18.- El almacén de insumos de maquinados y sus gavetas están ordenadas, identificadas y en su lugar correcto (area de apoyos).		N/A		N/A
	19.- El gaveta está en su lugar asignado.(Area de apoyos).		N/A		N/A
	12	0	10	200	
3a. S Limpiar [Seiso]	1.-El piso está libre de maderas, basura, agua y aceite.		10		
	2.-El piso está libre de grietas, baches y deformaciones.			20	
	3.-La gaveta está libre de aceite, basura o material que pueda ensuciar las manos si los tocan.		10		
	4.-La gaveta está en buenas condiciones.			20	
	5.-La maquina y el panel de control están libres de aceite, basura, herramientas o material que pueda ensuciar las manos si los tocan.			20	
	6.-La máquina y el panel de control están en buenas condiciones.			20	
	7.- Las herramientas manuales están libres de aceite o material que puedan ensuciar las manos si los tocan.			20	
	8.- Los instrumentos de medición están libres de aceite o material que puedan ensuciar las manos si los tocan.			20	
	9.-Las herramientas manuales están en buenas condiciones.			20	
	10.-Los instrumentos de medición están en buenas condiciones.			20	
	11.-Las lámparas están libres de polvo. (brillantes)		10		
	12.-Las lámparas y los ventiladores están en buenas condiciones.			20	
	13.-Cableado de equipo libre de aceite o algún material que pueda ensuciar las manos.		10		
	14.-Las instalaciones electricas estan en buenas condiciones.	0			falta tapa de registro
	15.-Los avisos y anuncios están en buenas condiciones.			20	
	16.-Las mesa de trabajo y la silla están ordenados, limpios y sin rayaduras.		10		
	17.-Las mesa de trabajo y la silla están en buenas condiciones.			20	
	16	0	50	220	
4a. S Estandarizar [Seiketsu]	1.- Recibio capacitación el personal en la operación que realiza.			20	
	2.- La maquina cuenta con sus reportes de trabajo (productividad e inspección)			20	
	3.-Cuenta con Hoja de Seguridad (AST) y esta Estandarizada.			20	
	4.-El estándar de la pieza coincide con la hoja de Instrucción de trabajo (HIT) y/o Hoja de proceso (HP).			20	
	5.-El instrumento de medicion cuenta con su etiqueta de calibracion y esta vigente.			20	
	20	0	0	100	
5a. S Disciplina [Shitsuke]	1.- Conocen y comprenden los propósitos de las 5´s y esta actualizado el check list de las 3 S's.			20	
	2.- Los trabajadores cuentan con su equipo personal de seguridad.			20	
	3.- El taller cuenta con equipos para emergencias (extintores, señalización de emergencias) Ruta de evacuación. (Punto de Reunión)			20	
	4.-Cuentan con el uniforme completo los auditados.			20	
	20	0	0	80	

FRISA

Criterio para auditoria de 5S's

I	ESTÁNDAR	20 = Cumple 10 = Cumple lo mínimo 0 = Incumple Motivo de 0	Motivo de 10	Motivo de 20
1a. S Seleccionar [Seiri]	1.- El piso de trabajo está libre de piezas a maquinar de acuerdo a la norma, objetos, papeles o herramientas innecesarias.	Hay 4 o mas objetos en el piso	Hay de 1 a 3 objetos en el piso	No hay ningun objeto en el piso
	2.- La mesa de trabajo está libre de cosas innecesarias como botes o herramienta innecesaria.	Hay 1 o mas objetos ajenos a la operación	N/A	No hay objetos o herramienta inecesaria a la operación
	3.- Los instrumentos de medición, herramientas se utilizan en el momento en que se está auditando de acuerdo a lo establecido en HP o en otro documento.	No hay algun documento que especifique los intrumentos de medicion a utilizar	N/A	Se encuentra algun documento que especifique los instrumentos de medicion a utilizar
	4.-Los avisos, anuncios o documentos están vigentes en su contenido.	Almenos 1 aviso o anuncion vencido	N/A	Todos los aunicios o avisos estan vigentes
	5-.Las gavetas están libres de cosas innecesarias.	La gaveta tiene una o mas cosas inecesarias	La gaveta tiene herramienta o productos en recipientes no adecuados	La gaveta esta libre de cosas inecesarias
2a. S Orden [Seiton]	1.- El área de partes, operación y pasillo están delimitadas.	No esta delimitado	N/A	Correctamente delimitado
	2.- Esta la pintura delimitadora del area de trabajo en buen estado.	Pintura muy poco visible	Pintura desgastada	Pintura en buen estado
	3.- La cantidad de piezas en piso, concuerda con lo establecido por la maquina.	Se rebasa lo establecido por lay-out o apoyo visual	N/A	La cantidad de piezas que especifica el lay-out o ayuda visual no rebasa lo establecido.
	4.- Las piezas terminadas estan identificadas y colocadas dentro del area asignada de acuerdo al layout de maquina.	No existe lay-out	N/A	Si existe lay-out y pzs estan colocadas.
	5.- Las piezas en proceso estan identificadas y colocadas dentro del area asignada de acuerdo al layout de maquina.	No existe lay-out	N/A	Si existe lay-out y pzs estan colocadas.
	6.-Las maquinas y equipos están identificados con sus nombres.	No esta identificado	N/A	Si esta identificado
	7.-Está claramente identificado el lugar para las herramientas manuales.	No esta identificado	N/A	Esta identificado claramente
	8.-Está claramente identificado el lugar para los instrumentos de medición.	No esta identificado	N/A	Esta identificado claramente
	9.-La herramienta manual e instrumentos de medicion están ordenados para tomarse fácilmente.	No estan ordenados los instrumentos ni las herramientas manuales	Estan ordenados los instrumentos de medicon o las herramientas manuales	Estan ordenados los intrumentos y las herramientas manuales
	10.-Los anuncios y avisos están colocados en lugares indicados.	No estan colocados en su lugar indicado	N/A	Estan colocados en su lugar indicado
	11.-El contenido de la gaveta está correctamente identificado por el exterior.	Gaveta no identificada	N/A	Gaveta correctamente identificada
	12.-El contenido de la gaveta está ordenado y tiene fácil acceso.	La gaveta no esta ordenada y no tiene facil acceso.	La gaveta no esta ordenada o no tiene facil acceso.	La gaveta esta ordenada y tiene facil acceso.
	13.-El escritorio y/o mesa de trabajo, silla está en el lugar asignado.	La silla no esta colocada frente al panel de control o mesa de trabajo	N/A	Silla colocada frente al panel de control o mesa de trabajo
	14.- Los cajones de la mesa de trabajo estan libres de cosas innecesarias.	1 o mas objetos ajenos a la operación	N/A	No hay ningun objeto ajeno a la operación
	15.- Los registros que se encuentran en el lugar están vigentes.	1 o mas registros o anuncios vencidos	N/A	Todos los registros vigentes y actualizados
	16.- Los botes de basura contienen lo establecido para cada uno de ellos. (bote rojo: basura contaminada) (bote amarillo: basura no contaminada)	Hay 3 o mas objetos que no concuerdan	Hay de 1 a 2 objetos que no concuerdan	Todos los objetos corresponden a su clasificacion
	17.- Las canastillas de maderas estan libres de basura, trapos, cadenas, eslingas etc.	Uno o mas objetos distintos a madera	N/A	Ningun objeto distinto a madera
	18.- El almacén de insumos de maquinados y sus gavetas están ordenadas, identificadas y en su lugar correcto (area de apoyos).	N/A	N/A	N/A
	19.- El gaveta está en su lugar asignado.(Area de apoyos).	N/A	N/A	N/A

FRISA

RECORRIDO PARA ELIMINACION DE DESPERDICIOS

DEPARTAMENTO/AREA: TALLER DE MAQUINADOS ESTÁNDAR

FECHA:
AUDITOR:

Atención a los Siete Desperdicios:
Sobreproducción, Proceso, Espera, Inventario,Corrección, Movimiento de Material, Movimiento de Personal.

ITEM	PROBLEMA	GRADO	ACCIÓN	RESPONSABLE	FECHA OBJETIVO	FECHA TERMINO
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

NOTA: **1.-Clasificacion de anormalidades:**
Anormalidades grado "A"= - 30 puntos
(Anormalidad critica que afecta la seguridad y el medio ambiente, calidad, equipo y al costo)
Anormalidad grado "B"= - 20 puntos
(Anormalidad que afecta moderadamente la seguridad y medio ambiente, calidad, equipo y al costo)
Anormalidad grado"C"= - 10 puntos
(Anormalidad que afecta el aspecto higienico de los talleres)

2.-También se pueden reportar en este formato otras áreas de oportunidad relacionadas con: seguridad, calidad, entregas, costo y medio ambiente.

OBSERVACIONES_____

Anexo I -Hoja de Proceso Estándar (Ejemplo Caso Práctico)

	REVISION	00	FECHA	29 - AGOSTO - 2007	
ESTANDAR / OP	6613	OPERACION	1OP/2OP	MAQUINA	MORI SEIKI 5
DIBUJO	M-6613	CLIENTE	SKF SVERIGE AB	TIPO DE MAQUINADO	FINAL
REVISION DE DIBUJO	1	DNC. (No. DE PROGRAMA)	6613-1	TIEMPO ESTANDAR DE OPERACION	**54** MINUTOS
ACERO	GRADE 5	DUREZA	0-217		

HOJA DE PROCESO

No.	SECUENCIA DE OPERACIÓN.		HERRAMIENTAS.	No.	PASOS PRINCIPALES.	PUNTOS CRÍTICOS.	RAZONES DE LOS PUNTOS.	TIEMPO STD. MIN	ILUSTRACIÓN.
1	Subir pieza	S	1 eslinga de nylon de 2" x 4Ft	1.1	Subir la pieza, con eslinga en forma de cesta	Balancee la sujeción de la pieza	Para que no se caiga la pieza	2.00	**4.1 MAQUINAR CARA** W =0.150" F = 0.023 in/rev Vc =400 ft/min
2	Centrado pieza	S	Chuck hidráulico	2.1	Sujetar la pieza por el exterior	Utilice una presión de 13 Kg/cm2	Para evitar ovalamiento de la pieza	1.00	
3	Revisión de herramienta de corte	-	Manguera de aire	3.1	Verificar el estado del inserto, asiento y portaherramienta que esten en buenas condiciones	Haga cambio de herramientas que se encuenten despostillados y quebrados	Para Evitar daños a la pieza	2.00	
		S	Llaves allen 9/64" y 5/32"						
4	Maquinado de cara	S	Portainserto MSRNL	4.1	Repartir material a maquinar en caras 1op y 2op	Asegurar que la cara limpie completamente	Para evitar que queden manchas de forja o marcas de dureza	4.00	**5.1 MAQUINAR DIÁMETRO INTERIOR** U =0.150" F =0.023 in/rev Vc =400 ft/min
		C	Inserto SNMM 546						
5	Maquinado de diámetro interior	S	Portainserto MSRNL	5.1	Verifique medida al terminar el primer corte	Verificar que la medida coincida con la del progrma	Para que la medida dada en el maquinado sea igual a la medida del dibujo	23.00	
		C	Inserto SNMM 546						
6	Maquinado de diámetro exterior	S	Portainserto de gallo MSRNR	6.1	Verifique medida al terminar el primer corte	Verificar que la medida coincida con la del progrma	Para que la medida dada en el maquinado sea igual a la medida del dibujo	9.00	**6.1 MAQUINAR DIÁMETRO EXTERIOR** U =0.150" F =0.023 in/rev Vc =400 ft/min
		C	Inserto CNMG 644 Utilizar filo de gallo						
7	Verificar medidas	M	Gauge exterior 26.819"	7.1	Verifique las sig. medidas: Diam. Ext. =26.819" +/-0.008" Diam. Int. =24.909" +/-0.008" Diam. Int. =24.134" +/-0.012" Chaflán =0.079 x 45° Chaflán =0.236" x 45°	Registrar las medidas en el reporte dimencional	Para cumplir con las medidas del dibujo	2.00	
		M	Gauge interior 24.909"						
		M	Micrómetro de interior 24" - 25"						
		M	Vernier de 12"						
8	Voltear pieza	S	1 eslinga de nylon de 2" x 4Ft	8.1	Voltear la pieza, con eslinga en forma de cesta	Balancee la sujeción de la pieza	Para que no se caiga la pieza	1.00	**9.1 MAQUINAR CARA** W =0.100" F = 0.023 in/rev Vc =400 ft/min
9	Maquinado de cara y chaflán	S	Portainserto MSRNL	9.1	Verifique medida al terminar el primer corte	Verificar que la medida coincida con la del progrma	Dar altura total y Para que la medida dada en el maquinado sea igual a la medida del dibujo	3.00	
		C	Inserto SNMM 546						
10	Maquinado de diámetro exterior	S	Portainserto de gallo MSRNR	10.1	Verifique medida al terminar el primer corte	Verificar que la medida coincida con la del progrma	Para que la medida dada en el maquinado sea igual a la medida del dibujo	3.50	
		C	Inserto CNMG 644 Utilizar filo de gallo						
11	Verificar medidas	M	Gauge de exterior 26.819"	11.1	Verifique las sig. medidas: Diam. Ext. =26.819" +/-0.008" Altura =6.528" +/-0.008" Chaflán =0.079 x 45° Chaflán =0.236" x 45°	Registrar las medidas en el reporte dimencional	Para cumplir con las medidas del dibujo	1.00	**10.1 MAQUINAR DIÁMETRO EXTERIOR** U =0.150" F =0.023 in/rev Vc =400 ft/min
		M	Vernier de 12"						
12	Bajar pieza	S	Llave para mordazas	12.1	Bajar la pieza, con eslinga en forma de cesta	Balancee la sujeción de la pieza	Para que no se caiga la pieza	2.00	
		S	1 eslinga de nylon de 2" x 4Ft						
13	Verificar ovalamiento	M	Fixture	13.1	Colocar pieza y reloj indicador en el fixture y girar la pieza	Máxima tolerancia, es 0.016" al girar la pieza	Para cumplir con especificaciones del dibujo	-	
		M	Reloj indicador de carátula						

REVISO		AUTORIZO	JUAN CARLOS VAZQUEZ	TIEMPO ESTANDAR (OPERACIÓN) MIN.	54

VO. BO. TALLER ESTANDAR

UTILIZA EL EQUIPO DE SEGURIDAD REQUERIDO

HOJA DE INSTRUCCIÓN DE TRABAJO	REFERENCIA DE HERRAMIENTA EJE "Z" INSERTO SNMM 546-QR (SKF)	MAQ.STD1-0004

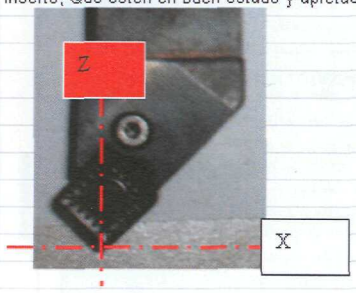
Estándar:	N° proceso:	Máquina:	Área:	Página:
N/S		Moris	Estandár 1	1 de 1
Fecha emisión:	**Fecha revisión:**	**Autorización:**	**Equipo de seguridad:**	
20/09/2008		Luis Mijares	Zapatos, lentes, guantes	

Herramientas: Porta SKF, INSERTO=SNMM 546-QR, ASIENTO=174.3-857, PERNO= 438.3-840, BARRILITO=438.3-831, PLAQUITA=174.3-864

Instrumentos de medición: Vernier, micro de interior.

Documentos de referencia: N/A

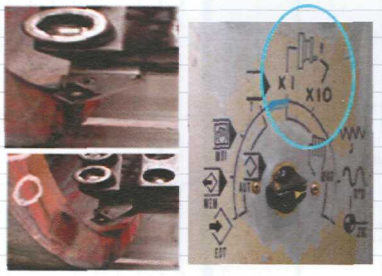
1 ¿Qué? Revisar pieza, inserto, asiento, y porta inserto, Que estén en buen estado y apretados.



¿Cómo? físicamente, visualmente y con sus respectivas llaves.

¿Por qué? Al tener todo en buenas condiciones la variación al cambiar de inserto seria solo la del desgaste del mismo.

2 ¿Qué? : Maquinar testigo en cara



¿Cómo? : Manualmente y con la herramienta de corte a utilizar, al maquinar el ultimo corte del testigo, retirar la herramienta solamente en el

¿Por qué? : Se mide la altura de la pieza, y que la herramienta este fuera de la pieza, en la "Z" del ultimo corte del testigo.

3 Qué? : Poner en ceros o dar origen a la letra "W", de la pantalla.

¿Cómo? : Oprimir la letra "W" esta empezara a parpadear, oprimir la tecla ORIGEN.

¿Por qué? : Estamos restableciendo valores para sacar la referencia.

4 ¿Qué? : Medir la altura de la pieza, de la parte maquinada a forja.

¿Cómo? : Con el instrumento de medición apropiado. (Vernier).

¿Por qué? : la medida obtenida se requiere para el siguiente paso

5 ¿Qué? : Repartir material a maquinar en cara de 1OP.

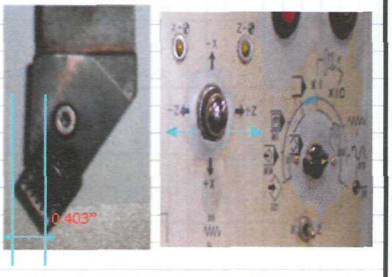
(AMAF – ATD)/2 =MRC1

AMAF = altura del testigo a la forja
ATD = altura total del dibujo
MRC1 = Material a remover en cara

¿Cómo? : Con la formula obtendremos el material a remover en la cara de 1OP.

¿Por qué? : Debemos asegurarnos de repartir bien el material para que ambas caras limpien

6 ¿Qué? : Compensar la distancia en "Z" del inserto (0.403) y el material a remover.



¿Cómo? : Con la palanca en RPD, o can la perilla en MANUAL, mover el eje "-Z" la suma de 0.403 + MRC1

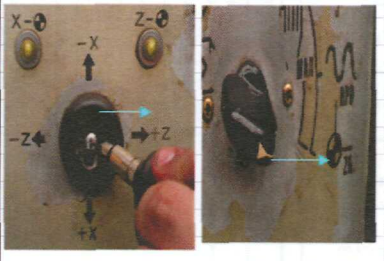
¿Por qué? : estamos compensando la altura del inserto, que no esta compensada en el programa y el MRC1

7 ¿Qué? : Poner en ceros o dar origen a la letra "W", de la pantalla.

¿Cómo? : Oprimir la letra "W" esta empezara a parpadear, oprimir la tecla ORIGEN

¿Por qué? : Estamos restableciendo valores para sacar la referencia.

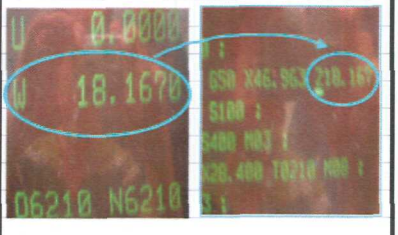
8 ¿Qué?: mandar a casa la herramienta en el eje "Z"



¿Cómo? : Poner la perilla en la posición de casa (ZRN), y mover la palanca en el eje "Z", como muestra la figura, al prenderse el foco amarillo nos indica que ya esta en casa.

¿Por qué? : Obtendremos el valor de "W" que es igual a la referencia en el eje "Z".

9 ¿Qué? : Introduzca el valor de "W" obtenido en el paso anterior.
En la "Z" del G50 en el programa.



¿Cómo? : tecleando el valor obtenido de "W" al mandar a casa, como muestra la foto, en la "Z" del G50 en el programa.

¿Por qué? : Es la referencia en eje "Z"

Anexo K - Extracto Matriz de Habilidades (Caso Práctico)

Matriz de Habilidades
Taller A

FRISA

						HIT's Específicas						
						T. Horizontales						
						MS8						
	Tipo de empleado	N° de nómina	Nombre	Puesto	Máquina	1.-Como referenciar en "X" la herramiento de GALLO	2.-Como referenciar en "Z" la herramiento de GALLO	3.-Como referenciar en "X" la herramiento de ROMBO	4.-Como referenciar en "Z" la herramiento de ROMBO	5.-Como referenciar en "X" la herramienta con INSERTO SNMM-546-QR) para SKF.	6.-Como referenciar en "Z" la herramienta con INSERTO SNMM-546-QR) para SKF.	7.-Como maquinar mordazas para los estandares de pared delgada
1	S	579	Carlos Aguiñaga Gomez	Facilitador								
2	S	1136	Reynaldo Gonzalez Cruz	Facilitador								
3	S	999	Jesus Guillermo Espinoza Moreno	Facilitador								
15	S	1374	Ismael Saucedo Miranda	Tornero CNC	OKUMAS							
16	S	1239	Jesús Martínez Iturralde	Tornero CNC	MS7							
17	S	1256	Juan Angel Aguilar Avila	Tornero CNC	AMERA-6							
18	S	1377	Miguel Angel Espinoza Cardona	Tornero CNC	OKUMAS							
19	S	1383	Víctor Alonso Mata Aguilar	Tornero CNC	MS1							
20	S	1384	Jesús Mario García Rivera	Tornero CNC	MS6							
21	S	1389	Marco Antonio Cequera Maldonado	Tornero CNC	MS2							
22	S	1391	Eliud Christian Garza Bustos	Tornero CNC	AMERA-7							

HIT's Específicas											HIT's Genéricas														
T. Verticales																									
Amera 6																									
1.-HIT de Referenciar Herramientas de Gallo eje X	2.-HIT de Referenciar Herramientas de Gallo eje Z	3.-HIT de Referenciar Herramientas de Rombo Eje X	4.-HIT de Referenciar Herramientas de Rombo Eje Z	5.-HIT de Referenciar Lama en Eje X	6.-HIT de Referenciar Lama en Eje Z	7.-HIT de Referenciar Herramientas de Diamante Eje X	8.-HIT de Referenciar Herramientas de Diamante Eje Z	9.-Hit de cómo subir y bajar el puente	10.-HIT de Referenciar Magazine	11.-HIT de Cambio de cabezal	1.- Uso de Micrometro de Interiores	2.- Uso de Micrometro de Exteriores	3.- Uso de Vernier	4.- Uso de Micrometro de Profundidades	5.- Uso de Rugosimetro	6.- Uso de Reloj Indicador	7.- Calibración de Instrumentos de Medición	8.- Rebabeo y Acabados Superficiales	9.- Identificación y Marcaje	10.- Uso de eslingas y cadenas	11.- Llenado de Reportes	12.-Como encender y apagar la maquina	13.-Como utilizar los polipastos, para subir y bajar la pieza con eslingas y cadenas.	14.-Como utilizar la grua, para subir y bajar la pieza con eslingas y cadenas.

FRISA

REPORTE DE PRODUCTIVIDAD DE MAQUINADOS ESTANDAR

Taller:_____ No. De Máquina_____

Turno:
- ☐ A-Dia (7:00am-7:00pm)
- ☐ B-Tarde (7:00pm-7:00am)

Nombre del operador: No. de operador:

Fecha:_____/_____/_____

- ☐ 1-Noche (11:00pm-6:30am)
- ☐ 2-Dia (6:30am-3:00pm)
- ☐ 3-Tarde (3:00pm-11:00pm)

OP / Std	No. Serie	Cant	Tpo. Std.	Oper	Clave	Hora		Tpo. Real Total	Pzas OK	Pzas. Acum	Descripcion
						Inicial	Final				

Check List de Herramientas ☐ Vernier ☐ Reloj ☐ Cinta ☐ Micrometro Int. ☐ Micrometro Ext. ☐ Rugosimetro ☐ Gauge

Check List de Documentos ☐ Dibujo ☐ Programa CNC

FRISA

REPORTE DE PRODUCTIVIDAD DE MAQUINADOS

Código	Descripción
1	**MAQUINADO**
101	MAQUINADO RECUPERACION (Problemas de forja y MP)
3	**CAMBIO DE HERRAMIENTAS (Porta inserto y Brocas)**
4	**SETUP (Ajustes por cambio de Número de Parte)**
401	Preparación de Mordazas y Tacones
402	Preparación de herramientas
403	Cargar Programa
404	Referenciar herramienta
405	Centrar pieza
40	**SETTING (Centrar pieza y Mover Mordaza)**
2	**MANEJO/MANIOBRAS (subir y bajar piezas)**
201	Subir y bajar piezas
202	Falta de Grua y/o montacargas
5	**FALTA DE CARGA**
501	Falta de Programa
502	Falta de Forjas
6	**FALTA DE PIEZAS**
601	Surtimiento de piezas por montacargas
602	Falta de Montacargas
7	**LIMPIEZA DE MÁQUINA**
8	**JUNTAS**
9	**HORAS DE COMIDA**
10	**FALLA DE OPERACIÓN**
11	**FALLAS EXTERNAS (Energía Eléctrica, inundaciones)**
12	**FALLA DE MÁQUINA**
17	**FALTA DE OPERADOR**
33	**FALLA DE MONTACARGAS**
37	**FALTA DE GRUA**
38	**FALTA DE HERRAMIENTA**

FRISA

REPORTE DE PRODUCCIÓN DE MAQUINADO

TALLER: _____ No. MAQUINA: _____

NOMBRE DE OPERADOR: _____ FECHA: _____

No. DE OPERADOR: _____

TURNO: TARDE

HORA		ORDEN DE PRODUCCIÓN	No. SERIE	CANTIDAD	OPERACIÓN	DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS														TIEMPO TOTAL	PIEZAS OK	OBSERVACIONES
						T. OPERATIVO		DEMORA AJENA				DEMORA OPERATIVA					DEMORA DE EQUIPO					
						MAQUINADO	ERROR DE OPERACIÓN	RECUPERACION	COMIDA	FALLA EXTERNA	MATTO. PREVENTIVO	SET UP	FALTA DE INFROMACION	FALTA DE PIEZA / HTA.	LIMPIEZA DE MAQUINA	FALTA DE OPERADOR	FALLA DE MAQUINA	FALLA DE MONTACARGAS, GRUAS Y POLIPASTOS	FALLA DE DNC			
						1	10	101	9	11	720	4	5	6	7	17	12	37	760			
3:00 a 4:00	p.m.																					
4:00 a 5:00	p.m.																					
5:00 a 6:00	p.m.																					
6:00 a 7:00	p.m.																					
7:00 a 8:00	p.m.																					
8:00 a 9:00	p.m.																					
9:00 a 10:00	p.m.																					
10:00 a 11:00	p.m.																					
			TOTALES																			

ORDEN DE PRODUCCION

TIEMPO ESTANDAR MIN.

CANTIDAD ESTIMADA

CANTIDAD REAL

MINUTOS

510 480 450 420 390 360 330 300 270 240 210 180 150 120 90 60 30

MAQUINADO | ERROR DE OPERACIÓN | RECUPERACION | COMIDA | FALLA EXTERNA | MATTO. PREVENTIVO | SET UP | FALTA DE INFROMACION | FALTA DE PIEZA / HTA. | LIMPIEZA DE MAQUINA | FALTA DE OPERADOR | FALLA DE MAQUINA | FALLA DE MONTACARGAS, GRUAS Y POLIPASTOS | FALLA DE DNC

T. OPERATIVO | DEMORA AJENA | DEMORA OPERATIVA | DEMORA DE EQUIPO

COMENTARIOS:

BIBLIOGRAFÍA

Albert, M. Nov 2004. **Lean Manufacturing Shapes a Cell**. Modern Machine Shop. Nov 2004. Vol.77, Iss. 6; pg. 72, 6 pgs. http://0-proquest.umi.com.millenium.itesm.mx:80/pqdlink?did=734045401&sid=1&Fmt=4&clientId=23693&RQT=309&VName=PQD

Argueta, A. Mayo 2003. **Evaluación de la viabilidad de un modelo conceptual del Sistema de Manufactura Esbelta utilizando el modelo del Sistema Viable**. ITESM

Cabeza, L. 2005. **Estrategia de Logística Esbelta, ITESM**. Notas, Apuntes y Presentación sobre Manufactura y Pensamiento Esbelto.

Cuatrecasas, L. 2000. **TPM.Total Productive Maintenance. Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción**. Ediciones Gestión 2000, S.A.

Evans,J., Lindsay W. 2005. **The Management and Control of Quality.** South-Western (Thomson Corporation).

George, M. 2002. **Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed.** McGraw-Hill, Inc.

González, G. Diciembre 2005. **Metodología para la Implementación de Manufactura Esbelta: Caso Práctico**. ITESM

Greif, M. 1991. **The Visual Factory. Building Participation Through Shared Information.** Productivity Press.

Gresham, R. Abr 2006. **A little more about lean manufacturing**. Trbology & Lubrication Technology. April 2006. Vol.62, Iss. 4; pg. 18, 2 pgs. http://0-proquest.umi.com.millenium.itesm.mx:80/pqdlink?did=1022293571&sid=1&Fmt=4&clientId=23693&RQT=309&VName=PQD

Gupta, P. 2004. **Six Sigma Business Scorecard: Ensuring Performance for Profit.** McGraw-Hill, Inc.

Heston, T. Sep 2006. **Applying Lean to the Machine. Fabricating & Metalworking**. Birmingham. Sep 2006. Vol. 5, Iss. 8; pg.26. http://0-proquest.umi.com.millenium.itesm.mx:80/pqdlink?did=1127021001&sid=1&Fmt=4&clientId=23693&RQT=309&VName=PQD

Imai, M.. 1986. **KAIZEN: The Key to Japan's Competitive Success**. McGraw-Hill, Inc.

Korn,D. Sep 2004. **A Lean Enterprise Work In Process**. Modern Machine Shop. September 2004. Vol.77, Iss. 4; pg. 94, 6 pgs. http://0-proquest.umi.com.millenium.itesm.mx:80/pqdlink?did=693882051&sid=1&Fmt=4&clientId=23693&RQT=309&VName=PQD

Liker, J., Meier, D. 2006. **The TOYOTA WAY Fieldbook. A Practical Guide for Implementing Toyota's 4P's.** McGraw-Hill.

Murman, E., Allen,T., 2002. **Lean Enterprise VALUE.** ***Insights from MIT's Lean Aerospace Initiative*** Palgrave.

Nakajima, S. 1988. **TPM. Introduction to TPM. Total Productive Maintenance**. Productivity Press.

Ohno, T. 1978. **Toyota Production System. Beyond Large-Scale Production.** Productivity Press.

Patel, Shaw & Dale, 2001. **Set-up time reduction and mistake proofing methods - A study of application in a small company**. . Business Process Management Journal. 2001. Vol.7, Iss. 1; pg. 65. http://0-proquest.umi.com.millenium.itesm.mx:80/pqdlink?did=119046830&sid=1&Fmt=3&clientId=23693&RQT=309&VName=PQD

Productivity Press Development Team, 1996. **5S for Operators: 5 Pillars of the Visual Workplace.** Productiviy Press.

Rother,M., Shook,J. 2003. **Learning to See: Value-Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda.** The Lean Enterprise Institute, Inc.

Sánchez, R. Diciembre 2005. **Metodología Integral de Implantación del Sistema de Manufactura Esbelta**. ITESM

Servitje, R. 2003. **Bimbo. Estrategia de Éxito Empresarial.** Prentice Hall.

Smid, P. 2000. **CNC Programming Handbook**. Industrial Press, Inc.

Time Based Management, 2005. **Visión General de Lean Sigma.** TBM Consulting Group, Inc.

Tobías, J. 2006. **Aplicación de las Herramientas de Manufactura Esbelta en una Línea de Producción**. ITESM

Vazquez, O. Mayo 2006. **Metodología para la determinación de inventarios máximos de una cadena de suministros del sector automotriz basada en el uso de Kanban.** ITESM

Villaseñor, A., Galindo E. 2007. **Conceptos y reglas de Lean Manufacturing**. Editorial Limusa.

Villaseñor, A., Galindo E. 2007. **Manual de Lean Manufacturing. Guía Básica**. Editorial Limusa S.A. de C.V.

Womack,J., Jones,D. 2003. **LEAN THINKING: Banish Waste and create wealth in your corporation.** Free Press.

Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey

30002007188204

http://biblioteca.mty.itesm.mx