AAR8576

Tesis
AE2009
R653.

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
DIRECCIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POST GRADO
VICE RECTORADO DE GUAYANA

DISEÑO CONCEPTUAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL ENFOQUE SEIS SIGMA AL AREA DE LAMINACIÓN DE TENARISTAVSA

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Administración de Empresas, Mención Finanzas

Presentado por: Rojas V. Consolación
Tutor: Cristian Viatour

Ciudad Guayana, Julio del 2009

3527

AGRADECIMIENTOS

A Dios Topoderoso por iluminar mi mente y mi corazón para alcanzar mis metas,

A mi hija Camila quien me impulsa a concluir mis desafíos,

A mi esposo y mi madre por brindarme su apoyo incondicional.

A mi tutor Cristian Viatour y a mi compañero de post grado Jesus Rada por haberme ayudado a completar este trabajo

Al grupo Techint por ser una parte de mi formación profesional

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CONTENIDO....ii

INDICE DE FIGURAS....vii

INDICE DE TABLAS....ix

RESUMEN....x

INTRODUCCION....12

Capitulo I....14

El Problema....14

1 Planteamiento e Importancia del Problema....14

2 Justificación del Problema:....15

3 Objetivos de la Investigación....16

3.1 Objetivo General....16

3.2 Objetivos Específicos....16

4 Alcance....16

5 Limitaciones....17

Capitulo II....18

Marco Metodológico....18

1 Tipo de Investigación:....18

2 Por el propósito la Investigación es aplicada....18

3 Diseño de Investigación de Campo....19

Capitulo III....20

La Empresa 20

1 La Empresa 20

2 Reseña Histórica 21

3 La Privatización 21

3.1 Contrato de suministros de SIDOR 21

4 El Producto 23

5 El Proceso 23

5.1 Área de Laminación 24

Capitulo IV 33

Marco Teórico 33

1 Historia de 6σ 33

2 Que es Sigma 36

3 Que busca el 6σ 37

3.1 Disminuir la variación 37

3.2 Sintonizar el proceso con los requerimientos del cliente 37

3.3 Eliminar todo lo que no agrega valor 39

3.4 Eliminación de los costos ocultos 39

4 El Proyecto 6σ 40

4.1 En qué se basa el Seis Sigma 41

4.2 ¿Qué lo diferencia de Calidad Total y Mejora Continua? 42

5 Beneficios de 6σ 43

6 Liderazgo y despliegue 6σ 43

6.1 La responsabilidad "aplicada" del directorio 43

6.2 Las barreras de entrada al proceso 6σ son más altas 44

7 Miembros del equipo 6σ 44

7.1 Champion 45

7.2 Black Belt 46

7.3 Green Belt 49

7.4 Miembros del Equipo 50

7.5 Gerente 51

8 El Control de Gestión Industrial de Tenaristavsa 52

8.1 Definiciones básicas 52

8.2 Estructura de tiempos 54

Capitulo V 57

Desarrollo 57

1 Implementación del proyecto 6σ 57

2 Determinación del propósito del proyecto 57

3 Liderazgo ejecutivo y diseño de la estrategia 58

4 Metodología y Desarrollo Del Proyecto Crítico 59

4.1 DEFINIR 61

4.1.1 Revisar el problema u oportunidad 61

4.1.2 Identificar a Clientes internos y Externos 62

4.1.3 Identificar y definir los CTQ's 62

4.1.4 Mapear el proceso 65

4.1.5 Identificar los Y's que necesitan mejora 66

4.1.6 Diseñar la estrategia de abordaje 69

4.1.7 El Storyboard o la documentación del equipo 6σ 70

4.2 MEDIR 71

4.2.1 Mapa detallado del proceso 71

4.2.2 Seleccionar las variables a Medir 72

4.2.3 Recolectar los datos 73

4.2.4 Determinar el desempeño del proceso y las mediciones 6σ 75

4.2.4.1 Calculo de la Capacidad del Proceso 75

4.2.4.2 Calculo de las Tolerancias del proceso 77

4.2.5 Refinar la descripción del problema u oportunidad. 81

4.3 ANALIZAR 82

4.3.1 Redefinir el Objetivo y alcance del proyecto 88

4.4 MEJORAR 88

4.4.1 Establecer los niveles adecuados para cada X 88

4.4.2 Diseñar potenciales soluciones 89

4.4.3 Seleccionar la solución 89

4.4.4 Refinar la solución. 89

4.4.5 Verificar con el plan piloto 90

4.4.6 Implementar 90

4.5 CONTROLAR 91

5 Definir e instalar la estructura 6σ en TenarisTavsa 92

6 Alternativas para la capacitación de los miembros en TenarisTavsa 93

CONCLUSIONES 95

RECOMENDACIONES 97

BIBLIOGRAFIA 98

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso Productivo TenarisTavsa.....24

Figura 2. Patio de Lingotes 25

Figura 3. Horno Giratorio 26

Figura 4. Prensa Perforadora.....27

Figura 5. Lingote Perforado 27

Figura 6. Entrada al horno de vasos.....28

Figura 7. Laminador alargador.....29

Figura 8. Laminador a Paso de Peregrino 29

Figura 9. Salida del Horno de calentamiento y Tratamiento Térmico.....31

Figura 10. Laminador Calibrador.....31

Figura 11. Explicación de definición de tiempos efectivo de producción 53

Figura 12. Implementación del proyecto 6σ.....57

Figura 13. Misión de Tenaris 58

Figura 14. Lineamientos del proyecto 00100.....59

Figura 15. Metodología para diseñar y resolver los proyectos 6σ.....60

Figura 16. Identificación de Clientes internos y externos de Laminación.....62

Figura 17. Mapa del proceso de Laminación. Técnica "Snackes and ladders" 65

Figura 18. Modelo SIPOC del proceso Peregrino de Laminación.....66

Figura 19. Y's relacionado con los CTQ's seleccionados para el proyecto.....67

Figura 20. Síntesis del Storyboard del Proyecto Seis Sigma de TenarisTavsa.....70

Figura 21. Flujograma de Proceso de Laminación 71

Figura 22. Grafico de Control de Utilización Disponible 78

Figura 23. Histograma de utilización disponible 80

Figura 24. Diagrama Causa Efecto 83

Figura 25. Pareto de Equipos de Laminación por frecuencia de demora 84

Figura 26. Pareto de Sub-Equipos de Laminación por frecuencia de demora 85

Figura 27. Pareto de Interrupciones Operativas por frecuencia de demora 86

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación entre Sigma y probabilidad de defectos y Rendimiento 38

Tabla 2. CTQ's críticos para los Clientes de Laminación Tenaris Tavsa 63

Tabla 3. Indicadores relacionados a los CTQ's críticos 64

Tabla 4. Relación entre CTQ's e Y's del área de Terminación 67

Tabla 5. Estrategia de abordaje con el personal 69

Tabla 6. Calculo de las Tolerancias de utilización Disponible TenarisTavsa bajo el criterio 6 Sigma 78

Tabla 7. Matriz de capacitación entrenamiento de roles 92

Tabla 8. Propuesta de integrantes del equipo Seis Sigma 93

Tabla 9. Temas de capacitación sugeridos por ALASEISSIGMA, S.C. 94

Tabla 10. Detalle de capacitación en ALASEISSIGMA, S.C. 94

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
DIRECCIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POST GRADO
VICE RECTORADO DE GUAYANA

DISEÑO CONCEPTUAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL ENFOQUE SIX SIGMA AL AREA DE LAMINACIÓN DE TENARISTAVSA

Autor: Ing. Consolación Rojas
Tutor: Cristian Viatour
Fecha: Julio, 2009

RESUMEN

El objetivo es aplicar la metodología 6σ DMAIC (Definir, Medir, Analizar, mejorar y Controlar) mediante un diseño conceptual para mejorar la Utilización Disponible de TenarisTavsa. La investigación es de tipo Proyectiva (proyecto factible), es importante señalar que al ser un diseño conceptual se vio limitado en la aplicación práctica de algunas sub-etapas 6σ. Se identifico los Y's susceptibles de mejora asociados a los CTQ's definidos, las demoras Operativas y No Operativas; con una data de 17 meses se realizo el análisis estadístico, histograma y paretos de las demoras, concluyendo que la desviación estándar de la utilización es del 18% con un promedio de 64% concluyendo que el proceso esta alejado del objetivo 6σ que seria 3,4 partes por millón. Se identifico que el equipo de laminación que presenta la mayor cantidad de fallas es la prensa perforadora (le da forma de vaso al lingote caliente) y el sub-equipo de la prensa perforadora Acheto es la principal causa

. Al finalizar se propone una estructura de Equipo 6σ para TenarisTavsa y un plan de capacitación para sus miembros.

INTRODUCCION

Venezuela al ser un país petrolero requiere un suministro confiable de insumos para su industria, TenarisTavsa es la única empresa en Venezuela que produce Tubos de acero sin costura tanto de línea como de revestimiento necesarios para la explotación y transporte del petróleo. Su capacidad de producción actual es de 60 Mton/año lo cuales no han podido ser alcanzados en los últimos 10 años afectando las entregas oportunas de pedidos a PDVSA, la rentabilidad de la empresa y el clima laboral de la misma.

Al pertenecer al Grupo Techint esta empresa se rige por los lineamientos corporativos de su CEO (Chief Executive Officer) cuyos lineamientos estratégicos para los próximos años ha sido el eslogan de 0% reclamos de clientes; 0 accidentes y 100% de Cumplimiento al cliente. Para cumplir con el 100% de los pedidos de PDVSA es necesario cumplir con los exigentes estándares industriales entre ellos la Utilización Disponible cuyo objetivo esta planteada en 75%.

En innumerables oportunidades se han realizado análisis puntuales de las principales causas de incumplimiento de la producción, entregas de clientes y se ha llegado a la conclusión que una de las principales causas es la falta de continuidad operativa de Laminación. Estos estudios no se han realizado siguiendo un método riguroso estadístico y no se ha logrado implementar a lo largo del tiempo mejoras que incidan en una mejora de la Utilización, de aquí surge la necesidad de implementar una herramienta tan poderosa como lo es el 6 Sigma que combina los conceptos de TQM y mejora continua con una rigurosa metodología estadística y amplia gama de

herramientas de análisis, haciendo énfasis en la capacitación y aprendizaje de los participantes del equipo.

En este trabajo de grado se desarrollara un modelo conceptual de la aplicación de la metodología Seis Sigma a la realidad del proceso productivo de TenarisTavsa. En el capitulo 1 se establece el planteamiento del problema, en el capitulo 2 se desarrollará el marco metodológico a seguir y a partir del capitulo 3 se describe la empresa, su proceso productivo; en el cuarto capitulo se presenta la teoría Seis Sigma y de los principales conceptos de la gestión Industrial de TenarisTavsa, en el capitulo cinco se desarrolla la metodología Seis Sigma aplicado al Área de Laminación y la utilización disponible siguiendo paso a paso la técnica Seis Sigma DMAIC aclarando siempre las limitaciones para la aplicación total de la herramienta al ser un diseño conceptual; al finalizar este capitulo se propone los integrantes del equipos Seis Sigma, la capacitación necesaria de acuerdo el rol a desempeñar así como una de las asociaciones acreditadas en Latinoamérica para dar capacitación en Seis Sigma que pueden ser contratadas por la gerencia de TenarisTavsa para la capacitación del personal.

El objetivo es dejar las bases para que una vez que TenarisTavsa decida a participar en la nueva generación Seis Sigma se posea el modelo conceptual para su implementación y ya se tenga un camino recorrido para la implementación del proyecto.

Capitulo I

El Problema

1 Planteamiento e Importancia del Problema

Tubos de Acero de Venezuela, S.A. (TAVSA) es una empresa que se dedica a la fabricación y comercialización de tubos de acero sin costura de línea y de revestimiento en diferentes diámetros y espesores para PDVSA, siendo el único productor de este tipo de tubería en Venezuela. Toda la producción de la empresa es procesada en el área de laminación independientemente si es un producto line pipe o casing, por ello se debe optimizar el tiempo de uso de las maquinas de laminación y específicamente la maquina definida como cuello de botella que son los peregrinos 010 y 011 que se encargan de transformar el alargado a tubo. En los últimos años no se ha logrado de manera consistente y confiable cumplir con los planes de producción mensual y el presupuesto anual incurriendo en sucesivos incumplimientos en oportunidad a PDVSA de sus pedidos quien busca solventar su necesidad de tubos en mercados internacionales, adicionalmente las utilidades de la empresa se ven afectadas en vista de que no se optimiza el tiempo de producción haciendo los costos variables de producción elevados afectando negativamente la oportunidad de reinvertir las ganancias en nueva tecnología o inversiones dentro de la compañía.

La falta de confiabilidad de los equipos incide también de manera negativa en el clima laboral del personal sindicalizado ya que se pierde constantemente el ritmo de producción con mayor tiempo de ocio para los trabajadores, afectando negativamente las relaciones patrono-sindicales. Otro factor que influye en el ambiente organizacional es la ubicación de la planta (dentro de Sidor) que de por sí es un ambiente altamente conflictivo por parte del sindicato SUTISS de Sidor.

2 Justificación del Problema:

TenarisTavsa al ser una empresa líder en el mercado de tubos de acero a nivel mundial apunta a los estándares más exigentes para sus 8 plantas de tubos sin costura y 2 plantas de tubos con costura; en la última Convention Industrial de Tenaris a nivel global realizada en México en Mayo'06, el CEO de la organización Paolo Rocca dio 3 lineamientos estratégicos para la parte Industrial, que son: Cero Defectos de Calidad, Cero accidentes y 100% de cumplimiento y el nuevo eslogan de la planta es 00100.

La producción de Tavsa ha estado consistentemente con un incumplimiento promedio de 10 Mton respecto al presupuesto anual en los últimos 6 años de producción lo que significa que el 100% de cumplimiento hacia PDVSA solicitado por el CEO no se ha cumplido, se hace necesario incrementar la producción con la mejora de la confiabilidad del área de laminación específicamente la Utilización Disponible que es el cuello de botella de la empresa

3 Objetivos de la Investigación

3.1 Objetivo General

Desarrollar un modelo conceptual y práctico de Aplicación del enfoque Six Sigma para mejorar la Utilización Disponible en el Area de Laminación de TenarisTavsa

3.2 Objetivos Específicos

1. Identificar el mapa de proceso/cliente claves relativos al área de Laminación de TenarisTavsa.
2. Definir la estrategia y el plan de despliegue para el proyecto crítico
3. Identificar y desarrollar la metodología Six Sigma adecuada a aplicar
4. Desarrollar conceptualmente la metodología y diseñar la solución al proyecto de acuerdo al enfoque Six Sigma
5. Definir e instalar la estructura de los miembros del equipo para el enfoque Six Sigma en TenarisTavsa
6. Diseñar estrategias de capacitación de los miembros del equipo Six Sigma

4 Alcance

1. Se tomarán como año de estudio y de recolección de datos desde Jun 2006 a Nov 2007
2. El estudio está enmarcado hacia Gerencia de Fabricación, Area de Laminación y Utilización Disponible.

5 Limitaciones

Como limitaciones inherentes a la realización de este trabajo, se debe señalar lo siguiente:

1. El enfoque Six Sigma es una herramienta relativamente nueva en Venezuela y en TenarisTavsa en particular, por lo cual para el desarrollo del trabajo se tendrá que involucrar y explicar el enfoque a los principales responsables del proceso para obtener la información que se requiere para el estudio
2. Los datos que se poseen de las interrupciones de Laminación han sido capturadas por operadores de un nivel de preparación que máximo es T.S.U. y se han estado llevando de manera manual en papel y luego son transcriptas a electrónico, por lo que la posibilidad de encontrar información errónea en los datos es importante
3. Al ser un diseño conceptual no se podrá plasmar totalmente las bondades y las barreras de implementación que se encontraran durante el desarrollo de la metodología
4. En la actualidad la empresa se encuentra en un periodo de transición de patrono de la empresa privada a pública por lo que la divulgación de este trabajo será más compleja.

Capitulo II

Marco Metodológico

1 Tipo de Investigación:

Investigación Proyectiva: También conocido como Proyecto factible, consiste en la elaboración de una propuesta o modelo para solucionar un problema. Se ubican las investigaciones para inventos, programas, diseños.

Se busca la mejora de la utilización disponible de Laminación para incrementar la producción de la empresa.

2 Por el propósito la Investigación es aplicada.

Este tipo de investigación también recibe el nombre de práctica o empírica. Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren. La investigación aplicada se encuentra estrechamente vinculada con la investigación básica, pues depende de los resultados y avances de esta última; esto queda aclarado si nos percatamos de que toda investigación aplicada requiere de un

marco teórico. Sin embargo, en una investigación empírica, lo que le interesa al investigador, primordialmente, son las consecuencias prácticas.

Se aplicara los conceptos y Enfoque Six Sigma que son relativamente nuevos y su aplicación práctica en TenarisTavsa

3 Diseño de Investigación de Campo

Investigaciones en donde la recopilación de información se realiza enmarcada dentro del ambiente específico en el que se presenta en fenómeno o hecho a estudiar se utilizan métodos específicos de recopilación de datos y la tabulación y análisis de información se utilizan métodos y técnicas estadísticas y/o matemáticos.

Los datos a utilizar son recopilados en el área de Laminación y serán analizados mediante las técnicas estadísticas Six Sigma.

Capitulo III

La Empresa

1 La Empresa

Tubos de Acero de Venezuela, S.A. (TAVSA) es una empresa que se dedica a la fabricación y comercialización de tubos de acero sin costura de línea y de revestimiento en diferentes diámetros y espesores para la industria petrolera, siendo el único productor de este tipo de tubería en Venezuela.

Se inicia a finales de 1998 luego de pasar por un proceso de asociación estratégica entre la Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G.) y la empresa mexicana Tubos de Acero de México (TAMSA). Esta última obtiene el 70 % y C.V.G. el 30% del capital social de TAVSA.

Esta planta tiene una capacidad de producción de 65.000 toneladas métricas anuales de tubería de producción, línea y revestimiento, y sus instalaciones se extienden sobre una superficie de novecientos seis mil seiscientos veinte con veintinueve metros cuadrados (906.620,29 m^2).

2 Reseña Histórica

La planta inició sus operaciones como una instalación denominada Fábrica de Tubos de C.V.G. SIDOR, la cual inicia en Julio de 1.961 la producción de tubos de acero sin costura, inicialmente a partir de lingotes importados. Posteriormente al paso de la privatización de C.V.G. SIDOR, se crea el 23 de junio de 1.997 C.V.G. TUBOS INDUSTRIALES Y PETROLEROS S.A. dedicada igualmente a la producción y comercialización de tubos de acero sin costura, con un amplio rango de diámetros, espesores de pared y grados de acero de los más utilizados en los campos petroleros.

3 La Privatización

La experiencia adquirida en los procesos de fabricación de este tipo de tubería es reconocida en el ámbito internacional. El 9 de octubre de 1998, TAMSA firma el contrato definitivo formalizando la Asociación Estratégica con la Corporación Venezolana de Guayana, mediante el cual TAMSA y la C.V.G. participarían en TAVSA (tubos de Acero de Venezuela, S.A.), la única empresa productora de tubos de acero sin costura en Venezuela. TAMSA y compañías afiliadas tienen el 70% del capital social de TAVSA, mientras que la C.V.G. tiene el 30% mediante la aportación de las instalaciones de C.V.G. TUBOS INDUSTRIALES Y PETROLEROS S.A.

3.1 Contrato de suministros de SIDOR

SIDOR produce y administra una serie de fluidos industriales en sus propias instalaciones que TAVSA requiere para su normal funcionamiento y operatividad, y dada su ubicación dentro de las instalaciones físicas de la mayor empresa siderúrgica de Guayana, es mucho más efectivo el suministro de estos fluidos por la misma.

Para ello existe un contrato entre ambas empresas, donde SIDOR garantiza el suministro en la cantidad, calidad y oportunidad requeridas por TAVSA de agua industrial, agua de reposición, agua potable, agua anti-incendio, oxigeno, nitrógeno, argón y aire comprimido.

También SIDOR, a través de CEVEGAS, suministra el gas metano y por medio de C.V.G. EDELCA abastece de energía eléctrica a la empresa en las tensiones de 115, 22 y 13.8 kilovoltios con una frecuencia de 60 Hz.

Así mismo, dentro del perímetro industrial, la planta siderúrgica dispone y administra una serie de servicios operativos, que la planta de tubos requiere con frecuencia, como son transporte ferroviario, medicina ocupacional, muelles y bomberos. De igual forma, SIDOR suministra a TAVSA de mutuo acuerdo una serie de servicios operativos que pueden adquirir un carácter temporal a corto o a largo plazo como son el alquiler de galpones para el almacenamiento de maquinarias industriales, el aprovechamiento de los sistemas de transporte de personal, proyectos y asistencia técnica, entre otros.

TAVSA por su parte le vende a SIDOR, a opción y conveniencia, la chatarra generada en los procesos de producción o de transformación de la planta. Los vagones

Siderúrgica del Orinoco C.A., no se puede negar que existen vínculos muy estrechos entre ambas empresas.

4 El Producto

TAVSA elabora tubería de acero sin costura de diámetros que van desde 6 5/8" hasta 16". La Producción de TAVSA se divide en:

- Tubos de Líneas desde 6 5/8" hasta 16", en los grados de acero: B, X-42, X-52 y X-60.
- Tubos de Revestimiento desde 8 5/8" hasta 16" en los grados de acero: J-55, K-55, N-80, N-80 AT.

5 El Proceso

La planta de tubos de TAVSA está dividida básicamente en dos etapas: Laminación y Terminación. La primera es la encargada de convertir los lingotes de acero en tubería con los diámetros y espesores finales, y la segunda, es la encargada de realizar las labores de inspección, roscado, barnizado, despacho y otras. La figura 1.1 muestra un esquema de todo el proceso productivo en TAVSA.

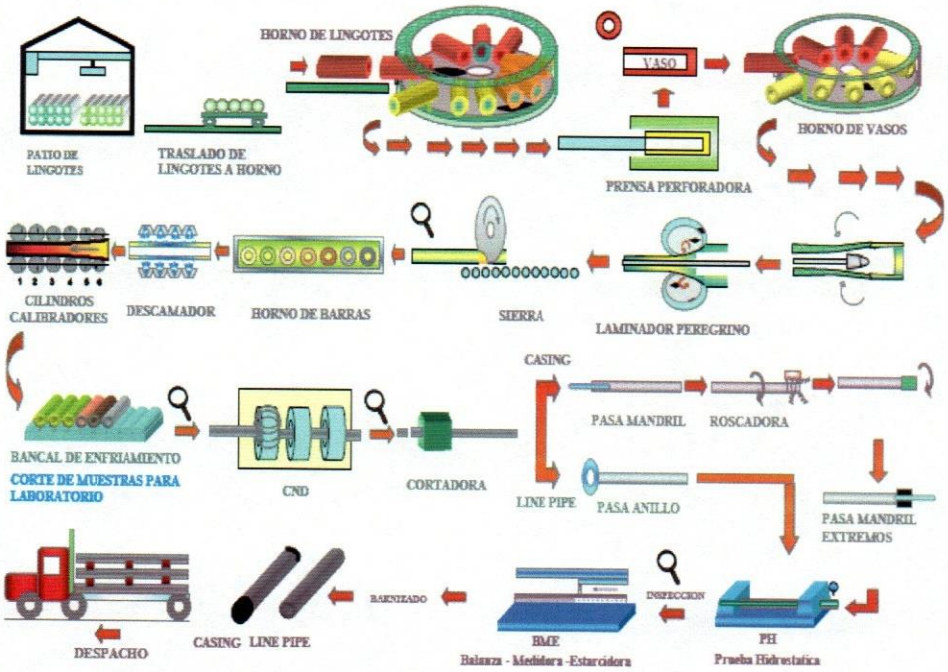

Figura 1. Proceso Productivo TenarisTavsa

5.1 Área de Laminación

Recepción y corte de lingotes: El proceso comienza con la recepción de la materia prima en forma de lingotes poligonales de acero provenientes de SIDOR. Los lingotes vienen con mazarota, la cual es cortada a través de una máquina cortadora de oxicorte. Los lingotes poligonales o tochos vienen debidamente identificados con una clave de colores según el tipo de acero, el número de colada y el código de laminación que lo clasifica según sus dimensiones y grado de acero.

Estos lingotes son apilados por coladas en el Patio de Lingotes como se indica en la figura 1.2 Luego los lingotes son transportados al área de los hornos giratorios por medio de un carro ferroviario.

Figura 2. Patio de Lingotes

Transportadores a los Hornos Rotativos: Los lingotes se descargan del carro ferroviario mediante una grúa de 10 TN. con plataforma magnética y se depositan sobre la bancada del transporte al horno o se acumulan al pie del horno. Este transporte traslada el lingote hasta el umbral de la máquina de carga para depositarlo sobre el horno de solera giratoria.

Hornos de Solera Giratoria: Este horno permite el caldeo de bloques redondos con distribución uniforme de la temperatura tanto en el interior como al exterior de los bloques y con oxidación pequeña (alrededor de 3% en peso). Los lingotes se pueden calentar hasta alcanzar una temperatura máxima de 1.300 °C. El calentamiento de los lingotes se efectúa en tres tiempos que corresponden a otras tantas zonas del horno. La primera zona sirve al calentamiento preliminar de los lingotes fríos;(hasta 900 °C), en la

segunda zona las piezas alcanzan una temperatura muy cercana a la de laminación (hasta 1280 °C) y en la tercera el recalentamiento de los lingotes es homogéneo mediante una apropiada regulación de los quemadores para minimizar la oxidación, en la figura 1.3 se observa un horno giratorio.

Figura 3. Horno Giratorio

Transporte del Horno hacia la Prensa Perforadora: Una vez alcanzada la temperatura en el horno, el lingote es descargado a través de unas pinzas en la mesa de salida de los hornos. Desde allí se vuelca sobre una vía de rodillos en la que es trasladado hacia el área de la prensa perforadora. Una vez ahí, el lingote es empujado por una barra hidráulica hasta la mesa de la prensa.

Prensa Perforadora: Tiene una capacidad de 1.200 toneladas y sirve para hacer un agujero ciego perfectamente centrado respecto al perfil exterior del lingote. En este proceso de perforación, el lingote es transformado en una forma geométrica llamada vaso. Para lograr esto, la prensa perforadora cuenta con dos herramientas principales: la matriz o herramienta que le da la forma redonda al lingote mientras éste es perforado y un punzón, que es la herramienta que perfora el lingote. Una vez colocado el material en

la matriz, avanza el punzón que agujerea por prensada el lingote, haciendo que el material que va desplazando dicho punzón en su carrera de avance ocupe los lugares vacíos existentes entre las caras del lingote y el diámetro de la matriz. De este modo, al final de la operación, el lingote se ha transformado en un vaso redondo ligeramente cónico. Esta prensa es de tipo horizontal y funciona hidráulicamente a la presión de 180 atmósferas aproximadamente, su configuración se observa en la figura 1.4.

Figura 4. Prensa Perforadora

En la figura 1.5 se observa un lingote perforado a la salida de la prensa perforadora.

Figura 5. Lingote Perforado

Horno de Recalentamiento de Vasos: El horno de vasos se encarga de devolver la temperatura perdida en el proceso de perforado, (1.200 °C aproximadamente). En la figura 1.6 se observa un lingote perforado entrando al horno de vasos.

Figura 6. Entrada al horno de vasos

Laminador Alargador: El laminador alargador es una maquina Manesmann de perforación que utiliza el principio de laminación helicoidal. Sirve para transformar el vaso en un cuerpo cilíndrico perforado internamente y con paredes de gran espesor, llamado alargado.

El alargador se conforma de una jaula en la cual están montados dos cilindros teniendo un perfil proyectado, situados sobre dos ejes horizontales, inclinados uno en sentido contrario al otro, de manera que forman entre sí un ángulo de 8° aproximadamente. En la figura 1.7 se observa el laminador alargador.

Figura 7. Laminador alargador

Laminador a "Paso de Peregrino": La operación de laminado por forja rotativa se realiza mediante dos cilindros acanalados de sección variable que comprimen y alargan sucesivas porciones anulares de metal que se encuentra entre ellos y un mandril que configura y calibra el agujero y el diámetro interior del tubo. Estas maquinas son conocidas como peregrinos y en la empresa se cuenta con dos de estos laminadores. En la figura 1.8 se muestra un laminador a Paso de Peregrino.

Figura 8. Laminador a Paso de Peregrino

Sierras en Caliente: Al salir del canal del laminador a paso de peregrino el tubo es cortado en las dos extremidades mediante una sierra circular. Esta máquina se compone de una base dotada de listones de conducción del carro de cuchilla.

Mesa transportadora: Una vez que los esbozos salen de las sierras calientes, pasan a una bandeja transportadora que los conduce hacia el área del horno de tratamiento térmico.

Horno de Calentamiento y Tratamiento Térmico de Normalizado (Horno de Barras): Los tubos que deben pasar al laminador calibrador tienen que ser previamente recalentados en un horno con una cámara de forma rectangular, que permite la introducción del tubo en toda su longitud.

Además en este horno se busca que el material alcance homogeneidad estructural y pierda la energía de deformación retenida durante la laminación. La temperatura del tubo a la salida del horno oscila entre 860 y 920° C. En la figura 1.9 se observa un tubo a la salida de éste horno.

Figura 9. Salida del Horno de calentamiento y Tratamiento Térmico

Laminador Calibrador: Su función es reducir ligeramente el diámetro externo sin variar el espesor de acuerdo a especificaciones establecidas. Esta compuesto de 6 jaulas con 36 rodillos de 750 mm por jaula y una distancia entre ellas de 700 mm.

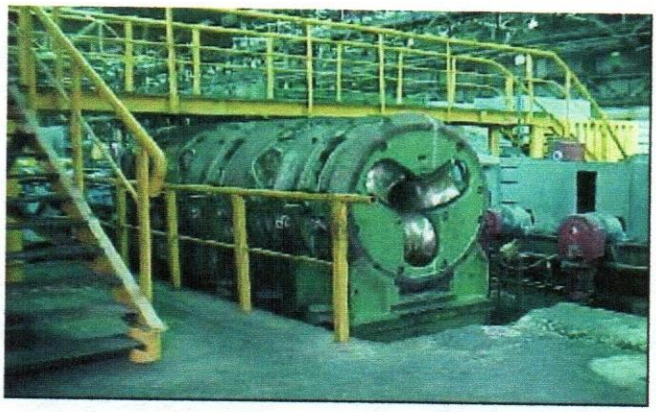

Figura 10. Laminador Calibrador

Banco de Enfriamiento: Este banco está compuesto por un bastidor, cuyo plano superior esta previsto de rieles, situados a convenientes distancias entre sí para el rodamiento de los tubos

Sobre este se enfrían los tubos en aire calmado, sufriendo así las transformaciones micro-estructurales del normalizado.

Capitulo IV

Marco Teórico

1 Historia de 6σ

A principios de la década de 1970, Motorola se había establecido como el líder mundial en productos de comunicación inalámbrica, y peleaba con Texas Instruments e Intel por el primer lugar en ventas de semiconductores. En 1974, cinco de los ocho principales fabricantes de semiconductores eran estadounidenses y tres eran europeos; pero la competencia en el mercado de semiconductores se torno feroz, rápidamente. Solo cinco años después, en 1979, dos de los ocho principales fabricantes de chips eran japoneses y comenzaron a erosionar el liderazgo de Motorola este mercado en Estados Unidos. Estas dificultades fueron previstas en 1973, cuando Motorola, encontrándose incapaz de competir en el mercado de productos de consumo, vendió su división electrónica de consumo a una compañía japonesa.

En 1979, bajo el liderazgo de Bob Galvin (CEO) se desarrollo una fuerza de tarea como plan para la renovación y crecimiento de Motorola. En 1980 se creo un plan de cuatro puntos que presentaron, con el ánimo de asegurar el liderazgo global de Motorola:

1. Competitividad Global
2. Administración participativa
3. Mejora de la Calidad: Establecer metas de mejora de calidad de 10 veces (10X) en un plazo de cinco años y colocar las metas de mejora de Calidad en los paquetes de incentivos de todos los ejecutivos esta iniciativa sembró la semilla de seis sigma
4. Centro de entrenamiento y educación de Motorola.

Las mejoras de la calidad junto con las reducciones de costo y tiempos de ciclo solo se lograrían involucrando a todos los que impactaban o eran impactados por el desarrollo de nuevos productos y servicios de Motorola.

Esta parte de la historia de Seis Sigma represento que Motorola se diera cuenta, a tiempo, que todas las partes del negocio impactaban en el logro de resultados estratégicos y todos los esfuerzos debían alinearse hacia la mejora de resultados estratégicos para lograr metas de mejora de calidad y satisfacción del cliente.

Como resultado, equipos de gerentes de Calidad crearon un programa de tres días titulado: "Diseño para facilitar la Manufacturabilidad" (DFM). El DFM definió los "Seis Pasos para Seis Sigma", que se convirtió en el primer programa de entrenamiento obligatorio para todo el personal técnico en todo el mundo. Otro ingeniero de Motorola, Craig Fullerton, desarrollo y enseño la "Metodología para diseño Seis Sigma" [MDSS, hoy llamada Diseño para Seis Sigma (DSS), por la mayoría de las empresas]. La metodología para diseño Seis Sigma se enfoco a diseñar productos ganadores, Ahora alineaba todos los esfuerzos alrededor de un proceso común de medición, y las metas

impulsaban a los equipos en todo el mundo. El éxito de Seis Sigma llevo a los gerentes de Motorola a fijar metas aún más ambiciosas, de calidad 10X a 100X.

Los participantes en la implantación inicial del programa de Diseño para Facilitar la Manufacturabilidad consideraron que todas las funciones, no solo los empleados técnicos, necesitaban usar la metodología Seis Sigma. Un curso de un día, titulado "Entendiendo Seis Sigma", se dio a todos los empleados no técnicos en todo el mundo, y los "motorolos" empezaron a utilizar Seis Sigma en todo, desde la medición de defectos en entrenamiento hasta la efectividad financiera.

Estos esfuerzos resultaron en que Motorola recibió el Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige por parte del Gobierno de Estados Unidos.

Seis Sigma empezó como una iniciativa para mejorar la calidad antes que como una metodología para la mejora continua del negocio. Una vez que las organizaciones logran la meta de Seis Sigma, dejan de mejorar – se vuelven "suficientemente buenos" -, Esta mentalidad causa complacencia, que permite que la Calidad empiece a deteriorarse.

Para 1990, Motorola presionaba para aplicar Seis Sigma en todo lo que hacía, sin embargo parecía estar estancada en 5,4 Sigma. Bill Wiggenhorn, presidente de la Universidad Motorola, propuso establecer un Instituto de Investigación Seis Sigma (IISS) para reunir a los ingenieros y estadígrafos líderes, con objeto de encontrar nuevas maneras de acelerar el logro Seis Sigma y más allá. La base de este trabajo al cual se unieron otras empresas fue encontrar la raíz de los problemas y reducir las fuentes de variaciones. Otro concepto clave – el de cinta negra – salio también del IISS.

El trabajo de definición de cinta negra fue compartido tanto por las compañías originalmente aliadas como por las no aliadas, y General Electric fue uno de los primeros miembros no aliados que logro la metodología Seis Sigma.

En esta etapa de la evolución de Seis Sigma, Motorola logro exitosamente tres de los cuatro principales componentes del modelo de negocios que alimento al que utiliza actualmente: los conceptos de alineación con las metas del negocio, Movilizar equipos y Acelerar la velocidad de los resultados.

Motorola había aprendido que mantener y aun mas ir más allá de Seis Sigma requiere un fuerte liderazgo comprometido con el desarrollo e implementación de procesos: alinear, movilizar, acelerar y gobernar. La mejorar continua requiere cambio continuo, el cual a su vez requiere aprendizaje continuo. La Universidad Motorola tuvo éxito como catalizador para el aprendizaje continuo y comprobó que, sin refrescar y poner al día las habilidades, la mejora no es posible.

2 Que es Sigma

Sigma, es una letra del alfabeto griego y se utiliza para denominar la desviación estándar de un proceso, una medida de la variación. La medida utilizada técnicamente para definir la dispersión de los valores es llamada Sigma, así podremos decir que a mayor sigma, los valores estarán más dispersos, habrá valores cerca del promedio, pero muchos otros estarán alejados. Si la sigma fuera menor, entonces la distancia entre valores extremos sería menor y por lo tanto los valores estarían todos mucho menos dispersos con respecto el valor de la media

Esta distribución tiene una particularidad. Conocida la función, se puede conocer el porcentaje de los casos medidos que quedan comprendidos entre una cierta cantidad de sigmas. Por ejemplo, si uno realiza un cálculo simple de 3 sigmas hacia la derecha desde el promedio, y unos 3 sigmas hacia la izquierda, se podrán encontrar entre ambos valores el 99,73% de los valores medidos. Pero, si tomáramos 6 sigmas hacia un lado y otro, entonces la cantidad de valores comprendidos entre esos valores sería del 99,9999999013%.

Con esta consideración, podemos afirmar que si tuviéramos dos valores que nos limitaran, uno a la izquierda y otro a la derecha, cuantos más sigmas pudiéramos incluir entre ambos limites mayor sería la población, número de casos, que quedaría incluida en esa zona.

3 Que busca el 6σ

3.1 Disminuir la variación

Trabajar sobre el proceso, sobre sus fuentes de error y variación, para lograr que los resultados de un proceso, producto o servicio, sean similares entre sí, sin grandes cambios que hagan aceptables a algunos y rechazables a otros.

3.2 Sintonizar el proceso con los requerimientos del cliente

La expresión proceso Seis Sigma viene del objetivo de acotar la variación del proceso de tal manera que 12 sigmas sean los que queden dentro de las tolerancias, especificaciones o límites acordados para el proceso. Esto es +/- Seis Sigma. Pero por otro lado se ha demostrado que los procesos a lo largo del tiempo, tienen una variación de su localización inicial, este movimiento es de aproximadamente 1,5 Sigmas.

$$Zequiv = Zcortoplazo - 1{,}5$$

Donde Z son los limites inferiores y superiores

En general, se acepta por definición en Seis sigma la ocurrencia de 3,4 defectos por millón de oportunidades y que a largo plazo el proceso tendera a 4,5 Sigma.

En la siguiente tabla se muestra la relación entre el sigma, la probabilidad de que ocurran defectos y el Rendimiento.

Tabla 1. Relación entre Sigma y probabilidad de defectos y Rendimiento

Sigma	Defectos por millon		Rendimiento	Zmin	Zmax
σ	DPM		(100% - DPM)* 100	$75 \pm 75 * (1 - Rendimiento\%)$	
1	690000	0,6900000	31,00000	23,2500	126,7500
2	308537	0,3085370	69,14630	51,8597	98,1403
3	66807	0,0668070	93,31930	69,9895	80,0105
4	6210	0,0062100	99,37900	74,5343	75,4658
4,5	1350	0,0013500	99,86500	74,8988	75,1013
5	233	0,0002330	99,97670	74,9825	75,0175
6	3,4	0,0000034	99,99966	74,9997	75,0003

El Rendimiento es la probabilidad de que el proceso entregue o produzca "cero defectos".

El Sigma es el valor de la cantidad de sigmas correspondientes a la variación del proceso que "entran" dentro de la mitad de las especificaciones. Todo lo mayor que sea el sigma de un proceso (No se habla de desviación estándar sino de cuantos de esos desvíos "caben" dentro de la tolerancia o especificaciones) lo hace más preciso y mayor será la proporción de lo producido que responda a las especificaciones, por tanto menor la proporción que quedara fuera de los límites admitidos por el proceso. El sigma puede ser convertido en partes por millón o viceversa.

3.3 Eliminar todo lo que no agrega valor

Hay tareas que, aunque tuvieran poca variación, no deberían ejecutarse nunca. Su existencia se debe pura y exclusivamente a fallas, conscientes o no, que se producen "aguas arriba" en el proceso.

3.4 Eliminación de los costos ocultos

El profesor Genichi Taguchi plantea del modelo de la Función de Perdida: al alejarse la media del proceso del objetivo – deseo del cliente- se produce un incremento de los costos; postula: mientras que normalmente consideramos que todo lo que cumple con las tolerancias o estándares tienen un costo único, este costo se incrementa al alejarse de la media, cuando consideramos que los productos que no cumplen con esas tolerancias tienen un costo que se incrementa fuertemente por reprocesamiento o descarte, ese

incremento no es más que parte de una curva de incremento conocida como la Función de Pérdida.

Seis Sigma busca eliminar lo que egresa por sobre el costo del negocio, y todo aquello que deja de ingresar por debajo de lo que debió ser ingresado. En ambos casos, como resultado de no haber hecho las cosas correctamente.

4 El Proyecto 6σ

El enfoque Seis Sigma provee una metodología para abordar los procesos de la empresa y eliminar lo que no agrega valor, eliminar variación y poner el foco en lo que los clientes desean y esperan. Es una metodología que hace uso de técnicas estadísticas probadas, cuya metodología es implementada por las personas involucradas en el proceso guiados por personas apropiadamente entrenadas. La resolución de los proyectos parte de un conocimiento profundo de cada proceso.

La resolución de un proyecto Seis Sigma requiere la identificación, el análisis y el trabajo sobre el proceso. No se trata de áreas ni de organigramas ni de gerencias. Se trata de procesos, de la secuencia de tareas que llevan al resultado sin importar quien las hace ni el nivel organizativo o jerárquico que ocupe.

Los lineamientos para la selección de proyectos Seis Sigma son definidos por la dirección durante el diseño de la estrategia y se corresponden con los objetivos que persigue en el desarrollo del enfoque Seis Sigma. Debe existir una relación estrecha

entre los objetivos de un proyecto Six Sigma, los indicadores del proceso y los resultados del negocio es vital.

4.1 En qué se basa el Seis Sigma

Se basa prácticamente en los mismos conceptos y prácticas que sirven de base a los modelos de excelencia y debe considerarse como una evolución de Calidad Total y Mejora Continua, es decir se basa en:

- Liderazgo
- Planeamiento
- Alineamiento
- Gestión del cambio
- Orientación hacia el cliente
- Dinámica de grupos
- Gestión de proyectos
- Tolerancia cero a fallas, tiempos de ciclo y costos
- Gestión de proceso
- Uso intensivo de datos
- Manejo preactivos de datos y del negocio
- Desarrollo y participación del personal

Sin embargo, si bien Seis Sigma "comparte" conceptos y técnicas con otros enfoques de mejora, tiene numerosas diferencias. Entre las más significativas, se tienen:

- Una metodología claramente establecida para encarar los proyectos, complementada con la exigencia en la rigurosidad de la aplicación de las técnicas y metodologías
- Una estructura de miembros de equipo para respaldar el desarrollo de los proyectos
- Proyectos alineados con los intereses de la organización y los resultados de negocio
- Objetivos de mejora exigentes
- Fuerte énfasis en responder a las verdaderas necesidades de los clientes.

4.2 ¿Qué lo diferencia de Calidad Total y Mejora Continua?

Los resultados que genera la rigurosidad de sus metodologías y técnicas. De un enfoque disciplinado y riguroso, basado en el análisis de datos, dirigido a la casi eliminación de defectos, tiempos y costos de cada producto, proceso o transacción.

Los modelos de mejora continua y practicas del TQM son los que están reflejados en el modelo Six sigma, estos sirven de guía para evaluar y mejorar la gestión de una organización. Sin embargo Six Sigma es una evolución o "nueva generación" de estos mismos conceptos pero lo diferencia en que tiene procesos de implementación definidos, roles a cumplir, mayor rigurosidad y una mayor variedad de técnicas. Integra más soluciones en su planteo, si bien mantiene su enfoque en el cliente, hace énfasis en el entrenamiento y desarrollo de la gente, el enfoque en procesos, en el liderazgo,

implementación del seguimiento de la información entre otros. En resumen, propone nuevos aspectos y enfoques a viejos problemas.

5 Beneficios de 6σ

3.7.1. Genera reducción de costos, de los tiempos de ciclo

3.7.2. Mejora la productividad, calidad del producto y servicio

3.7.3. Incrementa la retención y fidelización de clientes

3.7.4. Mejora los resultados económicos del negocio

3.7.5. Mejora el clima laboral, la satisfacción del personal y el desarrollo sustentable

6 Liderazgo y despliegue 6σ

El enfoque debe ser considerado estratégico; como tal, nada puede reemplazar la participación de los ejecutivos en la creación de la estrategia, su despliegue y su control. El aspecto cultural de Seis Sigma debe valorizarse tanto como el aspecto operativo.

Para que Seis Sigma no se transforme en una moda más, debe tenerse en cuenta:

6.1 La responsabilidad "aplicada" del directorio

El enfoque Seis Sigma asigna a la dirección la responsabilidad de analizar, diseñar y controlar acciones que tienen que ver con la implementación del Seis Sigma.

La estrategia, su despliegue, los lineamientos para la selección de los proyectos, el monitoreo de los proyectos, la revisión de los resultados del Enfoque, la integración con otros planes y proyectos y la integración entre áreas, gerencias, departamentos, quedan reservados al equipo de dirección con monitoreo del directorio o accionistas. No son parte de las responsabilidades de un Director Seis Sigma ni de un champion ni mucho menos de un Black Belt.

6.2 Las barreras de entrada al proceso 6σ son más altas

Los tiempos y esfuerzos de los ejecutivos dedicados a la capacitación, a la generación de la estrategia, a la comunicación y a determinar indicadores, implican ya una especie de freno para aquellos que desean implementar Seis Sigma. Cuando se profundiza en que Seis Sigma requiere que aquellas personas de mayor potencial se dediquen a tiempo completo, que los mismos ejecutivos deben dedicarle tiempo para ser capacitados y definir el plan de implementación y despliegue, cuando se entiende como este enfoque entrelaza e integra con el resto de la operación y planes de la empresa, en este momento se empieza a generar las barreras para la implementación en aquellas compañías donde no existe un real compromiso con la rigurosidad requerida por Seis Sigma

7 Miembros del equipo 6σ

7.1 Champion

Ejecutivo de alto nivel que a través del coaching asegura que el equipo no es detenido por ausencia de recursos o por inhibidores de otro tipo. Es responsable ante la dirección del logro del proyecto. Debe asegurar la aplicación rigurosa de responsabilidades y monitorear los resultados.

La capacitación de los champion es normalmente ejecutado por quien ha coordinado la de los ejecutivos. La capacitación tendrá dos enfoques principales un mayor conocimiento del desarrollo, pasos y técnicas del DMAIC, técnicas de la gestión de cambio y de proyecto.

La currícula completa de la formación de un champion es la siguiente:

- Introducción al 6 sigma
- Beneficios del 6 sigma. Los resultados esperados. Origen del resultado. Ejemplo
- Estructura del enfoque 6 sigma. Los roles y responsabilidades Champion, Black Belt, Green Belt, White Belt.
- Estrategias de desarrollo e implementación. El despliegue, la selección de los proyectos. Hoja de ruta para desarrollar 6 sigma. Primeros pasos a dar.
- Costos de la no calidad. Calculo de beneficios de un proyecto, potenciales y reales
- Selección de proyectos. Características de un proyecto exitoso. Factores de decisión; deseables e indispensables. Asignación de proyectos. Dificultades. Ejemplos. Matrices de selección. La revisión y control de proyectos. Análisis de resultados.

- Desarrollo de los proyectos. Metodología DMAIC. Metodología DMADV. Técnicas a utilizar en cada una de las etapas.
- Gestión del cambio. Definición de cambio. Resistencia al cambio. Cambio de fuerzas de Levin. Como contrarrestar la resistencia al cambio. Como enfrentar esas resistencias al cambio, participación, involucración y comunicación. Los inhibidores más comunes. Claves de la respuesta desde la estrategia.

7.2 Black Belt

La formación del Black Belt es la más profunda y extensa de todas. Posee dos focos principales:

1.- El dominio del desarrollo, pasos y técnicas del DMAIC

2.- Conocimiento de las técnicas de la gestión del cambio.

La duración de la capacitación es de 4 meses, con 4 semanas de entrenamiento y 4 semanas intermedias. Durante las semanas de entrenamiento los temas son trabajados a partir de videos, juegos, simulaciones y uso de software. En las 4 semanas intermedias desarrollo un proyecto de la empresa. Lo visto durante semana de capacitación debe ser aplicado por él al proyecto durante las 4 siguientes. La semana siguiente se iniciara con la revisión del proyecto.

Esta secuencia de "formación teórica – aplicada a un proyecto real de la empresa revisión – monitoreo del proyecto" tiene dos grandes ventajas. La primera es vista desde el aprendizaje, ya que la aplicación de los conceptos, metodologías y técnicas permite

una retención y comprensión superior de lo usual. La segunda es que los resultados de los proyectos suelen pagar ampliamente el costo de la formación.

La currícula de la formación de Black Belt es la siguiente:

- Introducción al 6 sigma. Beneficios del 6 sigma. Roles y responsabilidades. Estrategias de desarrollo e implementación. Selección de proyectos. Metodología DMAIC. Metodología DMADV. Hoja de ruta para desarrollo 6 sigma
- Orientación al cliente. Visión de los clientes. Segmentación. Modelo de Kano. Necesidades y expectativas críticas de los clientes. Desarrollo de la voz del cliente. Los estándares de servicio y de productos. Metodología QFD.
- Orientación a procesos. Identificación de procesos clave del negocio, principales y de apoyo. Cliente y proveedor interno. Resultado clave. Procesos críticos. Las relaciones causa – efecto. Las X's y las Y's del 6 sigma. Mediciones de desempeño. Mediciones discretas y continuas. Eficiencia y Eficacia. Recolección y muestreo de datos. Indicadores.
- Introducción a la estadística. Probabilidad. Distribuciones. Confiabilidad.
- Cambio Organizacional. Definición de cambio. Resistencia al cambio. Campo de fuerzas de Kart Lewin (permite identificar las fuerzas principales y que restringen el cambio deseado). Como contrarrestar la resistencia al cambio. Participación. Involucración. Comunicación.
- Trabajo en equipo. Coordinación de grupos. Resolución de conflictos. Consenso. Conducción de las reuniones. Liderazgo.

- Selección de proyectos. Características de un proyecto exitoso. Factores de decisión. Asignación de proyecto
- Herramientas 6 sigma para la mejora de procesos: Proceso DMAIC, DMADV
- Definir. Definición del problema, Alcance y objetivos. Planificación del proyecto. Armado del equipo de trabajo. La definición de asignación de proyectos. Identificación y diagramación de los procesos. Diagrama de procesos. El uso de la voz del cliente QFD
- Medir. Variables críticas de los proceso. Que medir. Los CTQ's. Evaluación del sistema de medición. Indicadores propios del 6 sigma. Control estadístico de procesos. Capacidad de procesos.
- Analizar. Análisis causa-efecto. Análisis de datos y de procesos. Análisis grafico. Análisis de los datos. Test de significancia estadística. Correlación. Regresión. Control parametrito. ANOVA. Lean Enterprise. Conceptos de una empresa Lean. Flujo Continuo. Actividades que no producen valor. Reducción de los tiempos de ciclo. Mantenimiento productivo Total. Costos de la No Calidad.
- Mejorar. Diseño de experimentos. Generación de las propuestas de mejora. Selección de las propuestas de mejora, Análisis Costo-Beneficio. Diseño de las mejoras. Definición de responsabilidades. Análisis de problemas en potencia. A.M.F.E. Plan de Control. Implementación de mejoras.
- Controlar. Implementación de las mediciones y acciones para mantener la mejora. Process Scorecard. Customer Report Cards.
- Software para facilitar el análisis estadístico.

7.3 Green Belt

Los green belt tienen una formación similar a la de los Black Belt, pero menos profunda en lo relacionado a algunos temas. Las practicas y metodologías empleadas no tienen el grado de uniformidad entre las empresas que tienen la formación de Black Belt. La teoría dice que son los Black Belt quienes deben dar la capacitación pero las empresas prefieren contratar consultores externos para la capacitación, se requieren dos semanas consecutivas de formación teórica y en las semanas siguientes que pueden ser una o tres los futuros green belt desarrollan proyectos que pueden ser desarrollados como casos de estudio o como proyectos en la empresa al cual pertenecen.

La currícula de la formación de Green Belt es la siguiente:

- Introducción al 6 sigma
- Selección de proyectos. Características de un proyecto exitoso. Factores de decisión. Asignación de proyectos
- Introducción a la estadística. Probabilidad. Distribuciones. Confiabilidad
- Herramientas 6 Sigma para la mejora de procesos: DMAIC
- Definir. Definición del problema, alcance y objetivos. Planificación del proyecto. Armado del equipo de trabajo. La definición de la asignación del proyecto. Identificación y diagramación de los procesos. Mapeo de procesos. El uso de la voz del cliente.
- Medir. Variables críticas de los procesos. Que medir. Los CTQ's. Validación del sistema de medición. Indicadores propios del 6 Sigma. Control Estadístico de procesos. Capacidad de procesos.

- Analizar. Análisis causa – efecto. Análisis de causa raíz. Análisis de datos y de procesos. Test de significancia estadística. Correlación. Regresión. Análisis de Varianza. Diseño de experimento. Técnicas Lean. 5S. Just in Time. Análisis de Costos. Análisis de tiempos.
- Mejorar. Generación de las propuestas de mejora. Selección de las propuestas de mejora. Análisis costo – beneficio. Implementación de las mejoras. Definición de responsabilidades. Análisis de problemas en potencia. A. M. F.E. Plan de Control.
- Controlar. Implementación de las mediciones y acciones para mantener la mejora. Process Scorecard. Customer Report Cards.
- Trabajo en equipo. Características del trabajo en equipo. Etapas. Roles. Rol del coordinador. Gestión de situaciones difíciles.
- Software para facilitar el análisis estadístico.

7.4 Miembros del Equipo

La capacitación de los miembros del equipo tiene como objetivo aportar el conocimiento de lo que va a pasar en el transcurso de la implementación del 6 sigma.

La curricula de la formación de los miembros del equipo es la siguiente:

- Introducción al 6 Sigma. Beneficios del enfoque. Conocimientos básicos.
- Introducción a la estadística
- Herramientas 6 Sigma para la mejora de procesos DMAIC

- Definir. Definición del problema, alcance y objetivos. El uso de la voz del cliente. Planificación del proyecto.
- Medir. Variables criticas de los procesos. Qué medir. Control estadístico de procesos. Capacidad de procesos.
- Analizar. Análisis causa – efecto. Análisis de causa raíz. Análisis de datos y de procesos. Análisis de los datos. Significancia estadística.
- Mejorar. Generación de las propuestas de mejora. Selección de las propuestas de la mejora. Análisis costo – beneficio. Definición de responsabilidades. Análisis de problemas en potencia. AM.F.E. Implementación de las propuestas. Plan de control.
- Controlar. Implementación de las mediciones y acciones para mantener la mejora.
- Trabajo en equipo. Características del trabajo en equipo. Etapas. Roles. Rol del coordinador. Gestión de situaciones difíciles.

7.5 Gerente

Mas allá del nivel de la intervención inicial, una capacitación para toda la gerencia.

Una posible curricula podría ser la siguiente:

- Introducción al 6 sigma. Origen. Antecedentes. Qué es 6 sigma
- Implementación de un proceso 6 sigma. Etapas. Objetivos. Plan estratégico.

- Estructura de un programa 6 sigma. Roles y responsabilidades. Champion. Black Belt. White Belt.
- Selección de proyectos. Características de un proyecto exitoso. La asignación del equipo 6 sigma
- Implementación de un proyecto 6 sigma. Etapas. Definir. Medir. Analizar. Mejorar. Controlar. Técnicas estadísticas. Técnicas Lean. Técnicas sociales.
- Rol de los ejecutivos y riesgos a enfrentar.
- Intercambio y análisis de otras experiencias.

Por ser el presente trabajo enfocado al análisis de las interrupciones en el Area de Laminación de TenarisTavsa es necesario revisar las definiciones conceptuales a través de las cuales se define una interrupción y el Control de Gestión de la empresa.

8 El Control de Gestión Industrial de Tenaristavsa

8.1 Definiciones básicas

Al tiempo durante el cual una máquina está desarrollando su ciclo normal de trabajo (no importa el ritmo) se lo denomina ***tiempo efectivo***.

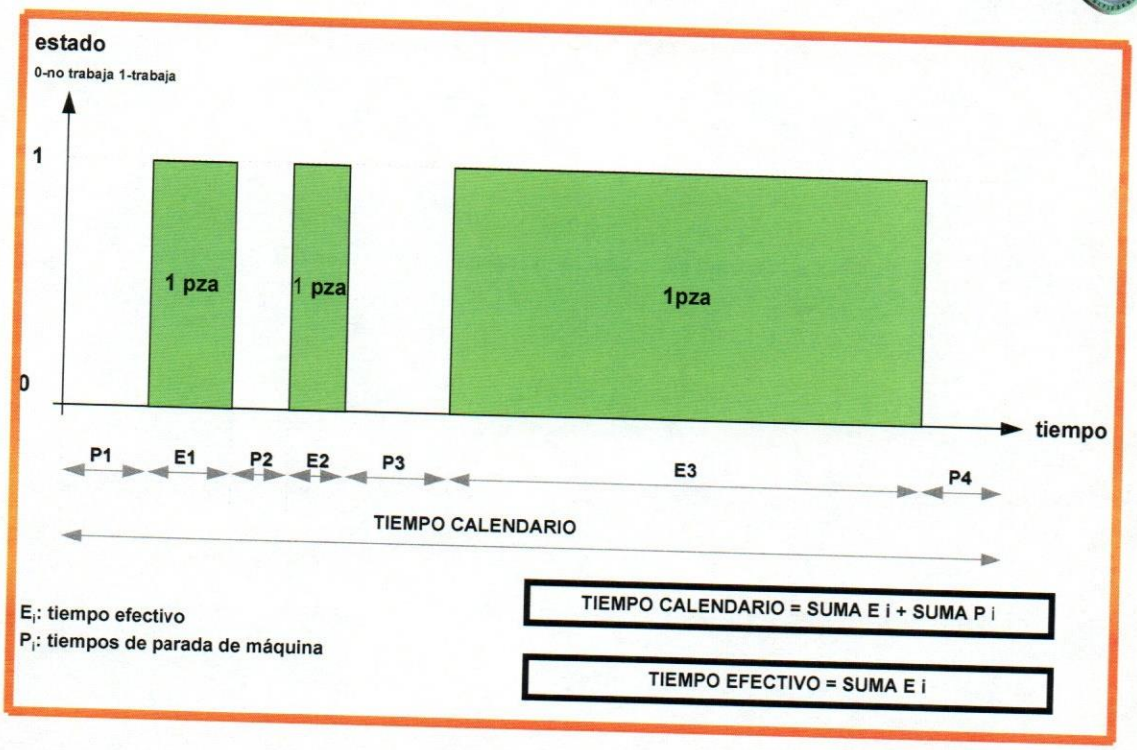

Figura 11. Explicación de definición de tiempos efectivo de producción

Se define el ***tiempo de ciclo*** de una máquina como el tiempo que en operación de su ciclo normal de trabajo utiliza para producir una unidad (colada en hornos, pieza en tubos y cuplas, etc.), sin considerar ningún tipo de interrupción. Incluye todas las operaciones que se repiten ciclo a ciclo tanto de proceso como de posicionamiento de tubo en la línea para su procesamiento

Consideramos que existe una ***interrupción*** cada vez que el tiempo de máquina parada supera un ***umbral*** de tiempo previamente definido (es decir, que las paradas inferiores al umbral no se contabilizan como tales).

.

8.2 Estructura de tiempos

La conformación de la estructura de tiempos apunta al doble objetivo de programar y controlar la gestión de una línea, y para ello se define el siguiente agrupamiento:

Tiempo calendario (TC): Corresponde a las horas del calendario del periodo en análisis.

*Paradas estructurales o **T**iempo **N**o **P**osible:* comprenden el tiempo en que la línea *no tiene estructuralmente dotación para ser operada.* Se incluyen aquí los feriados, asuetos, vacaciones y régimen de turnos.

También se incluye paradas por razones gremiales, sobre las que la línea no tiene capacidad de acción. La duración de estos eventos es solo la estrictamente asignable, sin incluir las paradas necesarias para salir o entrar el régimen normal de trabajo.

A la diferencia entre el ***Tiempo Calendario*** / ***TNP*** y las *Paradas Estructurales* se la denomina

Tiempo posible (TP): Es aquel en que la línea tiene estructuralmente dotación para operar y como tal es el puesto a disposición de los Entes Gestionadores Directos de la línea: Programación, Operación, Mantenimiento y Tecnologías.

*Paradas programables o **T**iempo **N**o **D**isponible:* Son aquellas que por su previsibilidad y duración pueden ser consideradas para el secuenciamiento programado de las líneas. Se incluyen aquí:

Los tiempos que es necesario ocupar en ***tareas programables para mantener la línea operando***: cambios de medida y calibre, reparaciones programadas -ordinarias o extraordinarias- de mantenimiento o producción.

- Los tiempos insumidos en paradas programables por ***causas externas a la línea***: falta de programa de producción, falta de materia prima producida por una Planta anterior en el proceso productivo, parada hornos en horario pico, puesta en marcha nuevas instalaciones.
- Los tiempos reservados de línea ***para efectuar pruebas tecnológicas y de nuevos equipos***, en donde se incluirán las interrupciones de línea asociadas a la prueba efectuada. Generalmente estas pruebas son efectuadas a pedido de las tecnologías.
- Los tiempos insumidos en ***paradas previas/arranques posterior de la línea hasta llegar a régimen*** asociadas a los ***eventos antes del Tiempo Posible y a la hora pico***.

A la diferencia entre el ***Tiempo posible*** y las *Paradas Programables / **TND*** se la denomina:

Tiempo disponible (TD): Es el tiempo puesto a disposición de los gestionadores directos de las líneas: Operación y Mantenimiento.

Interrupciones: corresponden a pérdidas de tiempo imprevistas o previstas cuya pequeña magnitud no las hace programables y en las que la planta tiene responsabilidad y posibilidades directas de acción.

Por su responsabilidad se las separa en Operativas y No Operativas

A la diferencia entre ***Tiempo Disponible*** e *Interrupciones* se la denomina:

Tiempo efectivo (TE): corresponde al tiempo en que la máquina está efectivamente trabajando.

El concepto global para la imputación de la duración de cada evento es que por encima del tiempo posible la clasificación de interrupciones no incluyen las pérdidas de tiempo asociadas al tiempo perdido previa y posteriormente a la parada, sino que estos tiempos de puesta en marcha aparecen explicitados entre el TP y el TD (por ejemplo el feriado dura 24 horas / día).

Por debajo del tiempo posible las demoras incluyen la pérdida de tiempo que ocasiona antes y después de su parada. También se trata así el cambio de medida y las reparaciones programadas.

Definida esta estructura de tiempos, se pueden determinan una serie de ***indicadores de utilización de línea***, que permiten analizar su gestión y compararla con la de otras líneas similares en las distintas plantas Tenaris en el mundo. Los indicadores son:

***Utilización disponible*: TE (tiempo efectivo) / TD (tiempo disponible)**

***Utilización posible*: TE (tiempo efectivo) / TP (tiempo posible)**

***Utilización calendario*: TE (tiempo efectivo) / TC (tiempo calendario)**

Capitulo V

Desarrollo

1 Implementación del proyecto 6σ

Para el desarrollo de la metodología seis sigma se debe seguir una serie de pasos previos que se describen en el siguiente flujograma:

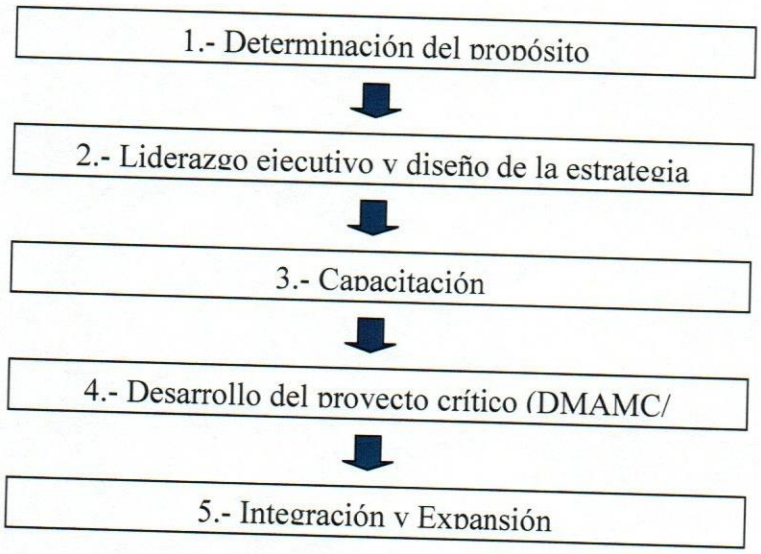

Figura 12. Implementación del proyecto 6σ

2 Determinación del propósito del proyecto

Se debe establecer el propósito del negocio para TenarisTavsa este propósito esta plasmado en su misión a nivel mundial

Tenaris Mission

"Tenaris is a leading supplier of tubes and related services for the world's energy industry and certain other industrial applications. Our mission is to deliver value to our customers through product development, manufacturing excellence, and supply chain management. We minimize risk for our customers and help them reduce costs, increase flexibility and improve time-to-market. Tenaris employees around the world are committed to continuous improvement by sharing knowledge across a single global organization."

Paolo Rocca

Chairman and CEO

Figura 13. Misión de Tenaris

3 Liderazgo ejecutivo y diseño de la estrategia

Mediante una matriz DOFA en a aplicación de la metodología 6 sigma se debe establecer cuales son las estrategias que lograran llevar a la empresa a una mejor utilización de sus recursos. Para el caso en estudio que es la Utilización Disponible se esta obviando el paso 2 pues el CEO de la empresa identifico claramente líneas de acción estratégicas para toda la compañía Tenaris a través del Proyecto 00100 que indica:

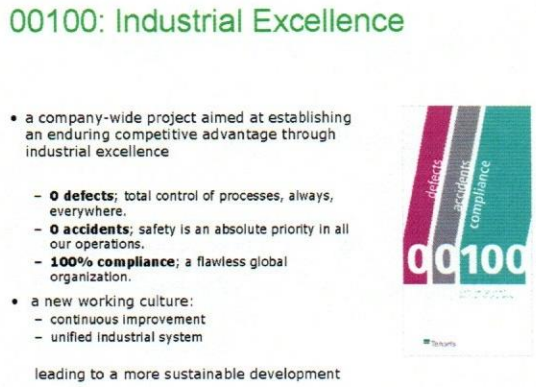

Figura 14. Lineamientos del proyecto 00100

Para el logro de este objetivo planteado por el CEO de la compañía se hace necesario mejorar el indicador de Utilización Disponible de Laminación objeto de este estudio para cumplir el total de Ordenes de venta de los clientes de TenarisTavsa y por ende lograr el 100% de Cumplimiento..

4 Metodología y Desarrollo Del Proyecto Crítico

Para el desarrollo del proyecto crítico se debe determinar que metodología 6 Sigma se debe aplicar de acuerdo al proyecto escogido. Las metodologías existentes DMAIC y DMADV se diferencian en que la primera se aplica para la mejora de productos o procesos o solución de problemas ya existentes y la segunda se aplica para el rediseño o diseño de productos/servicios nuevos o no.

Si el proceso estuviera en su nivel de desempeño histórico y la insatisfacción surgiera ahora por la necesidad de superar ese nivel bien sea porque la competencia mejoro o el cliente exige más, buscar la causa no sería lo necesario, se deberá en este caso rediseñar parcial o totalmente el proceso, si el rediseño es parcial se aplicaría el DMAIC si es total será DMADV. Si el caso es el inicio de enfoque 6 Sigma de una compañía se sugiere iniciar con la aplicación de la metodología DMAIC y luego de que se ha alcanzado los objetivos previstos en estos primeros proyectos se aplica la segunda metodología DMADV cuando se ve que los resultados ameritan un nuevo diseño del caso estudiado; también es importante señalar que los resultados esperados para la metodología DMAIC son de 4,5 Sigma y para los proyectos donde se aplica el DMADV de 6 Sigma, básicamente por el tiempo en que se tiene con el proceso en estos límites de tolerancia.

En el caso de la Mejora de la Utilización Disponible de TenarisTavsa es un proceso que ya existe y requiere mejora por lo que la metodología a usar para el desarrollo del proyecto crítico es la **DMAIC** (**Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar)**, se deben seguir los siguientes pasos:

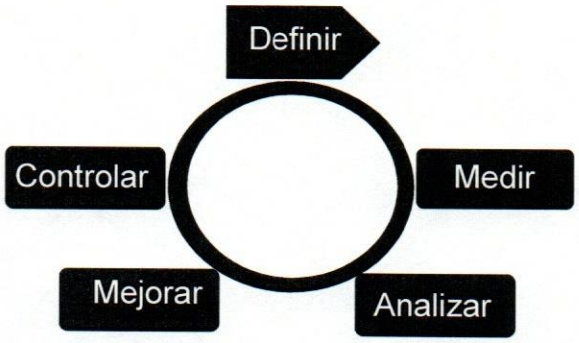

Figura 15. Metodología para diseñar y resolver los proyectos 6σ

4.1 DEFINIR

4.1.1 Revisar el problema u oportunidad

En esta etapa se define cual es el objetivo del proyecto y los beneficios esperados de cumplirse la mejora; en este sentido se deben aplicar dinámicas de grupo como: Lluvia de ideas, Diagrama causa-efecto, etc. que permiten definir la causa raíz del problema y sobre esta actuar para la mejora del indicador escogido.

Para este trabajo especial de grado cuyo propósito es el desarrollo de un diseño conceptual se definió la Utilización Disponible como el parámetro a estudiar; por ser este indicador un objetivo de desempeño del personal Operativo de la empresa y un punto estratégico definido por el CEO de la compañía que incide de manera importante en el 100% de cumplimiento a PDVSA

Por tanto como objetivo *preliminar* del proyecto crítico 6σ para TenarisTavsa podemos describir:

Mejora de Utilización Disponible mediante la reducción de Interrupciones No Operativas.

El beneficio esperado producto de alcanzar este objetivo es:

Incremento de 60 Mton laminadas en el presupuesto Anual

4.1.2 Identificar a Clientes internos y Externos

Para el proceso de Laminación el cliente interno es el Area de Terminación específicamente la Inspección Visual de Extremos de Tubos que se realiza en la línea de Ajuste y el único Cliente Externo que tiene Tenaris en Venezuela es PDVSA ya que la producción es vendida en su totalidad en Mercado Interno y como cliente local PDVSA.

Figura 16. Identificación de Clientes internos y externos de Laminación

4.1.3 Identificar y definir los CTQ's

Los CTQ's son los criterios críticos de Calidad (Critical To Quality) que se le deben cumplir a los *clientes internos y externos*, expresan "qué atributos de nuestro producto o servicio ve el cliente como más importantes"; estos se pueden definir como CTC Critical To Cost y CTT Critical To Time y de ellos se debe establecer los CTQ's Target que serán el objetivo de mejora del Equipo 6 Sigma.

Es importante señalar que en esta etapa se ratificará para el caso de estudio la Utilización disponible como el indicador de CTQ's objeto de estudio del equipo, que fue definido anteriormente como consecuencia de la estrategia del CEO de TenarisTavsa.

Para el caso del área de Laminación el *cliente interno* es Terminación y PDVSA el cliente externo. En el caso de TenarisTavsa se define los CTQ's como los atributos de los "ítems perfecto" de la cultura Tenaris a nivel mundial esta consiste en: Calidad → Cero Defectos; Tiempo → Cumplimiento de la fecha de entrega; Documentos → Factura, Detalle de item despachados (Packing List), Certificado de Calidad a tiempo; para el caso de la Utilización disponible las características de ítem perfecto que se pueden ver afectadas por este indicador son: el tiempo de entrega y la Calidad.

En la Tabla siguiente se muestra un resumen de los CTQ's que son los atributos del producto o servicio que influyen directamente en el cliente en el momento de comprar o solicitar uno nuevo.

Tabla 2. CTQ's críticos para los Clientes de Laminación

	Cliente Interno	Cliente Externo
Critical To Cost	Rectitud. Desviación máxima 0,02 x L 0 Mts de Corte por cascarilla en los extremos Defectos superficiales < 1,2% peso Longitud de tubo Casing <14,63 Mts Longitud de tubo Line Pipe <13,72 Mts.	0 Defectos Cumplimiento del 100% de las cantidades Cumplimiento del 100% de las dimensiones Normas de Calidad ISO 9001-2000 y API 5CT y API 5L
Critical To Time	Tiempo entre tubo y tubo de 3,5 min Tiempo de Inicio y fin de turno <15 min Promedio de 100 Tubos/Turno	Cumplimiento de la Fecha de Entrega + / - 1 semana

Una vez identificados los CTQ's de clientes internos y externos es necesario identificar los indicadores que mejor los representan, se enumeran a continuación los CTQ's de Clientes internos / externos y los principales indicadores de Gestión Industrial de TenarisTavsa que mejor representan los atributos requeridos por los clientes

Tabla 3. Indicadores relacionados a los CTQ's críticos

CTQ's Clientes Internos y externos	Indicadores relacionados	Condición necesaria	Indicador relacionado
Rectitud. Desviación máxima 0,02 x L 0 Mts de Corte por cascarilla en los Defectos superficiales < 1,2% peso Longitud de tubo Casing <14,63 Mts Longitud de tubo Line Pipe <13,72 Mts.	Descartes Totales < 1,2% PAM < 1,155 Descartes Totales < 1,2% Descartes Totales < 1,2% Descartes Totales < 1,2%		
Tiempo entre tubo y tubo de 3,5 min	***Utilización Disponible > 75%***		
Tiempo de Inicio y fin de turno <15 min Promedio de 100 Tubos/Turno 0 Defectos	Utilización Disponible > 75% Utilización Disponible > 75% Total Rejection < 1,2%		
Cumplimiento de la Fecha de Entrega +/- 1 semana	*% Cumplimiento Cliente Final*	Cumplimiento del 100% de las cantidades Cumplimiento del 100% de las dimensiones	***Utilización Disponible > 75%*** Descartes Totales < 1,2%
Normas de Calidad ISO 9001-2000 y API 5CT y API 5L	Descartes Totales < 1,2%		

Como se puede observar la selección del objetivo del proyecto Mejora de utilización disponible es correcta al estar este indicador íntimamente ligado a los CTQ's de los clientes internos y externos del área de Laminación, pues contribuye y mide desde adentro del proceso la capacidad que tiene para cumplir en 100% con las entregas al cliente externo en tiempo y cantidades requeridas.

4.1.4 Mapear el proceso

Para mapear el proceso definido para el estudio es necesario definir las entradas, las variables que participan y las salidas del proceso.

La técnica "Snackes and ladders" (Víboras y escaleras) permite mostrar la relación entre el proceso de negocio – o subproceso de negocio – y el proyecto bajo análisis por el equipo 6 Sigma, de esta manera como este contribuye al proceso del negocio. Para el caso de estudio de la Utilización Disponible el mapeo se realiza del proceso de Laminación en donde el indicador esta involucrado en este caso. Para ello se definen las variables que participan en el sistema:

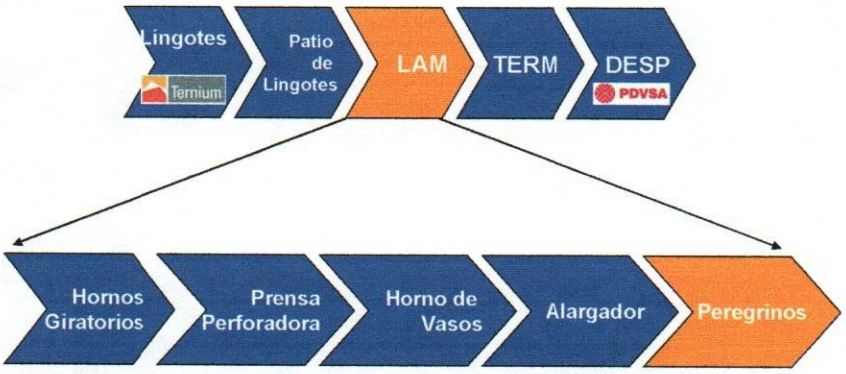

Figura 17. Mapa del proceso de Laminación. Técnica "Snackes and ladders"

El subproceso Peregrinos será analizado globalmente, para ello es usual, dentro del Six Sigma, utilizar el Modelo "SIPOC" que identifica las salidas del proceso que no necesariamente ocurre al terminar el proceso. Para realizar el Modelo es necesario enfocar el análisis en el Peregrino sobre la cual se están calculando todos los indicadores de Gestión Industrial (Criterio de Ingeniería Industrial/Lineamiento Tenaris), se deben

identificar las variables de entrada y salida que participan y afectan el calculo de Utilización Disponible de Laminación

Figura 18. Modelo SIPOC del proceso Peregrino de Laminación

4.1.5 Identificar los Y's que necesitan mejora

Luego de identificar los CTQ's y los indicadores que mejor los representan y con el mapa de proceso en esta etapa se debe identificar los indicadores de salida del proceso que correspondan, estos Y's son los indicadores que mostrarán el estado inicial y servirán, luego en la etapa de Control, para verificar la mejora.

Vale mencionar que tanto los indicadores de los CTQ's como los Y's deben incluir, cuando corresponda, las tolerancias admitidas.

Para los CTQ's identificados como estratégicos por la Alta Gerencia de TenarisTavsa (CEO de la compañía) el *100% Cumplimiento* significa que al cliente externo (PDVSA) se le cumple en tiempo (fecha promesa es el mes que solicito se le entregara la orden) y en cantidades (Longitud de tubo en metros que solicito); para cumplir este CTQ de cumplimiento *es necesario cumplir un CTQ interno en el área de*

Terminación que es la llegada de un tubo cada 3,5 minutos y por ende cumplir con un indicador interno de Laminación que es la Utilización Disponible. Los Y's asociadas a este indicador y que se deben controlar a lo largo del proyecto 6 Sigma son las Demoras asociadas a: Operaciones y Mantenimiento (medidas todo en el cuello de botella de Laminación – Peregrinos)

Tabla 4. Relación entre CTQ's e Y's del área de Terminación

Necesidad/Requerimiento	Entrega a tiempo a Terminación
CTQ's	Tiempo entre tubo y tubo de 3,5 min
Indicador que mejor lo representa	Utilización Disponible
Especificación	> 75%
Y's	Demoras Operativas y No Operativas

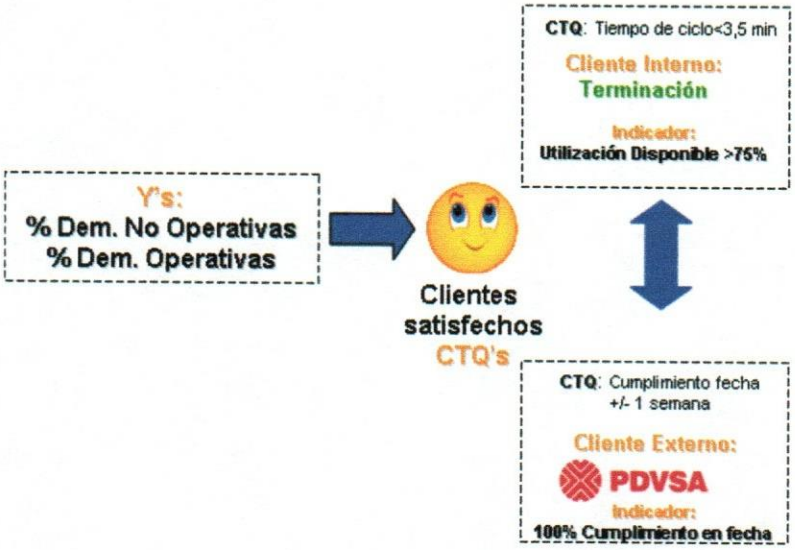

Figura 19. Y's relacionado con los CTQ's seleccionados para el proyecto.

Para identificar las variables que se deben analizar para la Mejora del Indicador de Utilización Disponible Real se debe conocer la relación que existen entre ellas y como se calcula por ende el indicador en estudio:

$$Utilización.Disponible = 100 - \%Interrupciones$$

$$\%Interrupciones = \frac{Tiempo.de.demora}{Tiempo.disponible}$$

$$Tiempo.disponible = Tiempo.calendario - Paradas.donde.la.línea.no.esta.disponible.para.operar^{(1)}$$

$$Tiempo.de.Demora = Tiempo.\sin.producción. \geq 5\min^{(2)}$$

(1) Puede ser:

.- Que la línea esta en condiciones operativas pero el personal para operarlo no esta Ejemplo: Paro Sindical a estas paradas se les llama No Posible

.- Que el personal este en el lugar para operar la línea pero que la línea no este en condiciones de producción Ejemplo: Mantenimiento programado o Cambios de Calibre. A estos tiempos se les llama No disponible

(2) 5 min es el umbral de tiempo actual para que una parada se contabilice como una demora o interrupción de Laminación

Como la Utilización Disponible es directamente proporcional a la cantidad de demoras o interrupciones e inversamente proporciona al Tiempo Disponible de la línea, *las variables Y's objeto del estudio 6 Sigma serán: las Demoras asociadas a Operaciones y Mantenimiento.*

4.1.6 Diseñar la estrategia de abordaje

Una vez definido los puntos anteriores se deben identificar los grupos que se verán afectados o involucrados en el proceso de cambio del Proyecto 6 Sigma; analizar los comportamientos y potenciales resistencias al cambio que pueden presentar estos grupos de interés con el objetivo de Movilizar y ganar compromiso y respaldo en los objetivos del equipo.

Se deben realizar reuniones e involucrar a la gente para venderles la idea y beneficios asociados al proyecto; para anticipar acciones que favorezcan el desarrollo del proyecto es necesario analizar las reacciones y comportamientos de los diferentes grupos de interés; en la planilla siguiente se muestra algunos de los principales grupos que se verán afectados por el proyecto 6 Sigma en TenarisTavsa.

Tabla 5. Estrategia de abordaje con el personal

Grupo de Interés	Personal Operativo Laminación	Personal de Mantenimiento	Jefaturas de Operaciones y Mantto
Impacto del Cambio	Mayor carga de trabajo	Mayor carga de trabajo	Enfásis en supervisión de personal más eficiente
Mentalidad	Trabajar poco y ganar "mucho"	Trabajar poco y ganar "mucho"	Apoyo a la mejora
Apoyo Requerido	Alto	Alto	Alto
Problemas / Resistencias esperadas	Presión del sindicato	Presión del sindicato	Resistencia de subordinados ante el seguimiento
Interesés	Bajo	Bajo	Alto
Estrategia a emplear	Hacerlos participar de las mejoras que se realicen	Hacerlos participar de las mejoras que se realicen	Capacitación en coaching y liderazgo

4.1.7 El Storyboard o la documentación del equipo 6σ

El Storyboard en el Six Sigma comunica la historia del proyecto en forma visual, con muy pocas palabras. Para no generar tiempos excesivos de preparación, debe ser creado en tiempo real durante la ejecución del proyecto y debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Mostrar lógica. Es decir que siga la metodología escogida en el proyecto DMAIC, muestre las técnicas utilizadas y conclusiones del equipo.
- Consistencia. La terminología, gráficos, matrices y demás elementos deben ser consistentes entre sí.

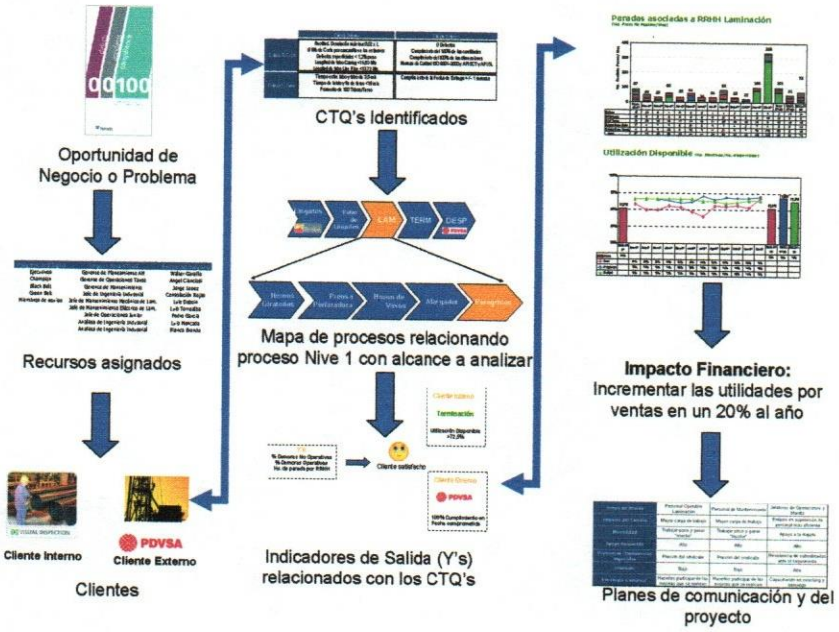

Figura 20. Síntesis del Storyboard del Proyecto Seis Sigma de TenarisTavsa

4.2 MEDIR

Permite identificar el nivel de desempeño actual del proceso y las mediciones desde la perspectiva del cliente, una vez definido el proceso y los requerimientos de los clientes, debe medirse el desempeño actual del proceso a través de las variables críticas, tanto de proceso como de resultado final, producto o servicio.

4.2.1 Mapa detallado del proceso

A partir del mapa de proceso se debe construir un flujograma del proceso o una diagrama causa efecto del indicador a estudiar en el caso de TenarisTavsa será la Utilización Disponible del Peregrino. El proceso a relevar es el que en realidad esta siendo ejecutado no lo que debería ser o lo que se considera que es.

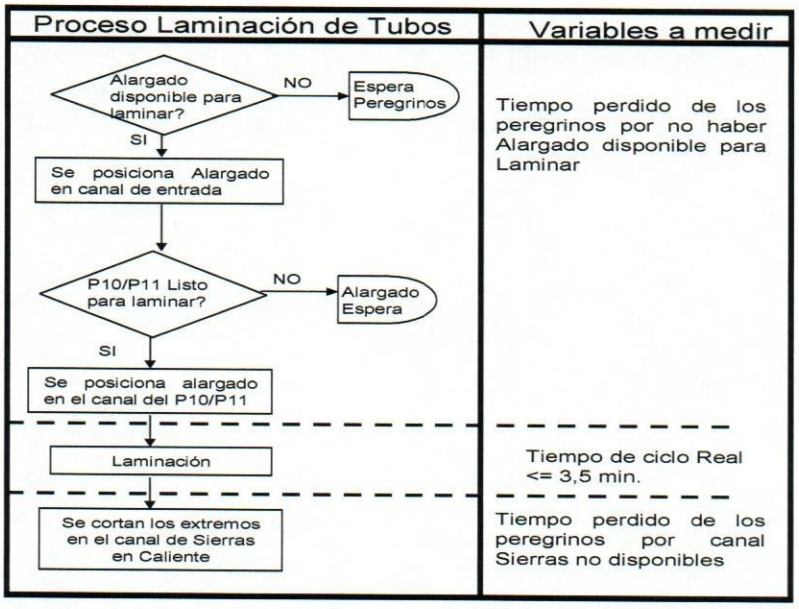

Figura 21. Flujograma de Proceso de Laminación

Para conocer el nivel de desempeño actual del proceso se identifican las variables involucradas en cada parte (entrada, proceso y salida) relacionándolos con el CTQ crítico definido anteriormente que para este caso es el tiempo de ciclo de un tubo que no debe exceder a 3,5 minutos

Se deben indicar las posibles causas de variación del CTQ a lo largo del proceso relacionándolos con el problema en estudio que es la Mejora de la Utilización Disponible de Laminación

4.2.2 Seleccionar las variables a Medir

Son todas aquellas actividades o entradas al proceso que generan fluctuaciones en el indicador del CTQ relacionado con el problema u oportunidad. *En el caso del tiempo de laminación serán todas las causas o fallas del personal o equipos (demoras o interrupciones) que puedan hacer que el tiempo de Laminación excedan el estándar de 3,5 minutos definidos*

Para su determinación puede ser utilizada diferentes técnicas entre ellas las de secuencia libre como: Torbellino de ideas, Diagrama Árbol o diagrama causa-efecto, Por Qué y Votación múltiple o la Guiada como AMFE Análisis de Modo de Falla y sus efectos.

La regla de oro para identificar las mediciones críticas del proceso o KPV (Key Process Variable) es: sí una variable sale de control y, sin embargo, el efecto o impacto es eliminado o razonablemente disminuido aguas abajo en el proceso, entonces esa variable no es una autentica KPV. Tomando el criterio de que las causas con mayor

probabilidad de riesgo deben ser las consideradas por el equipo Six Sigma como base para definir las variables a medir.

Durante el establecimiento de los estándares de Tiempo de ciclo de Laminación se encontró que las principales fuentes de variación del tiempo de ciclo son las Demoras asociadas a Mantenimiento Mecánico y Operaciones y el lugar donde se miden es el peregrino. Por definición del grupo Tenaris si el tiempo de ciclo excede a los 3,5 minutos del tiempo de ciclo + 5 minutos. de tiempo adicional, se considera la línea detenida y se empieza a computar la demoras desde el mismo momento en que excedió los 3,5 min. de tiempo estándar

Siendo el tema de estudio un Diseño Conceptual del Enfoque Six Sigma en esta fase de la aplicación de la metodología se determino la Utilización disponible como el KPV para la mejora de la producción, se obvia Torbellino de ideas, Diagrama Árbol o diagrama causa-efecto porque en la elaboración de estos deberían participar los integrantes del equipo Seis Sigma.

4.2.3 Recolectar los datos

En este punto se deben identificar las fuentes de datos, validar los datos y el sistema de medición, planificar la recolección de datos y recolectar los datos.

Para el caso de estudio las demoras operativas y no operativas se capturan de manera manual por el supervisor de cada turno de trabajo de laminación, no existe un sistema automatizado para su medición, es el supervisor del turno quien lleva nota en una planilla la hora de inicio y finalización de las interrupciones en el peregrino que

superen 5 minutos en su reloj de pulsera analógico. En otras plantas Tenaris (Tamsa, Dalmine y Siderca) la captura es automática a través de señales de los motores y lectores ópticos y computadoras instaladas en las cabinas de producción lo que hace las mediciones de mayor precisión.

Existe un sistema llamado PIP (Producción Integral de la Planta) en donde el supervisor carga las interrupciones por turno y que a su vez genera una base de datos de interrupción histórica que se almacena en la Base de datos informacional de la compañía y que es usada para el control de gestión Industrial y para el análisis de data del presente trabajo de grado.

Las fuentes de datos debe cumplir ciertas condiciones: ser confiable, representar al proceso, producto o servicio que se desea medir con adecuada precisión y exactitud, ser suficientes, relevantes, representativos y consistentes.

Aunque la captura de información es manual se ha relevado durante turnos completos con cronometro, las demoras y tiempos de ciclo de laminación (en paralelo con la medición del supervisor) y la diferencia entre la medición del supervisor y con el cronometro con la precisión de 1 segundo es de menos del 1%.

Las demoras que no registra el supervisor por ser menor a 5 minutos quedan reflejadas como parte del tiempo de ciclo. Además se considera que esta base de datos es confiable ya que ha mostrado a través del tiempo (en los análisis de Gestión por turno, diario y mensual) la consistencia de la información independientemente del turno, cuadrilla de trabajo y supervisor de turno para las mismas condiciones de operación.

En Tavsa se llevan tableros de comando por turnos, diarios y mensuales de la producción de Laminación y Terminación con esta información

4.2.4 Determinar el desempeño del proceso y las mediciones 6σ

Determinar el desempeño del proceso implica calcular valores que permitan:

- Establecer claramente el nivel de desempeño actual del proceso.
- Comparar con otros procesos, aunque sean de otra naturaleza
- Comparar, en la etapa de control, con el desempeño final del proceso, determinando así el grado de mejora.

Se deben entonces analizar los datos, calcular la capacidad del proceso y calcular los indicadores Six Sigma. Se pueden utilizar diferentes técnicas en esta etapa como: Control estadístico de procesos, costos de la no calidad, definiciones operacionales, gráficos de control, histogramas mediciones seis sigma genéricas, QFD quality function deployment, técnicas de dinámica de equipo.

En el calculo de la capacidad del proceso se cuantifica el grado con el que proceso satisface las especificaciones del indicador relacionado con el CTQ's, en este caso en que grado la Utilización Disponible es mayor o igual a 75% que permita alcanzar las 60 Mton/Año.

4.2.4.1 Calculo de la Capacidad del Proceso

La capacidad del proceso Cp es un valor que ayuda a definir el comportamiento de un proceso respecto a las especificaciones establecidas.

Los requisitos que se deben cumplir para calcular la capacidad del proceso es:

1. El proceso bajo análisis debe estar bajo control (es decir afectado por causas comunes de variación)
2. Los cálculos deben realizarse para el tipo de distribución que corresponda, por tanto habrá que estudiar la normalidad de la distribución y calcular la capacidad del proceso para esa distribución en particular.

Para calcular Cp (Capacidad del proceso) será igual a la distancia entre los límites de especificación establecidos por el sistema dividido por seis veces la desviación estándar.

$$Cp = \frac{Z\max - Z\min}{6 * Desv.Es\tan dar}$$

Zmax: Limite Superior

Zmin: Límite Inferior

Un proceso es capaz si tienen una distribución cuyos valores extremos se localizan dentro de las tolerancias superior e inferior para un producto o servicio.

El valor Cp indica que tan dentro o fuera de especificación podemos esperar el proceso. Las empresas por lo general, eligen un valor "arbitrario" como objetivo para reducir la variabilidad del proceso y lo consideran como aceptable de Cp. Ese valor para el caso de Tenaris es 1.33 e indica que el proceso ***es capaz cuando es mayor que 1,33***. Si Cp=1 indica que el proceso es tan amplio como la tolerancia permitida. Estamos en frente de un caso límite; por lo tanto hay que estar alerta porque, aún cuando no está fuera de especificación puede ocasionar problemas a corto plazo o si se produce un ligero cambio en las condiciones del proceso

Lo que significa que el equipo Seis Sigma debe construir gráficos de control y establecer los límites de tolerancia mínimos y máximos para la Utilización Disponible a partir del cual se medirá la Capacidad del proceso para TenarisTavsa.

4.2.4.2 Calculo de las Tolerancias del proceso

Para establecer las tolerancias del proceso es necesario realizar el grafico de control del proceso.

Es importante señalar que puede existir más de un criterio para establecer los límites, en este trabajo de grado presentaremos dos de ellos:

- Método 1: para procesos con distribución normal (centrados y con una desviación estándar pequeña) y con metodología DMAIC es de 4,5σ.
- Método 2: para procesos que no siguen una distribución normal y que poseen una alta dispersión queda a criterio de la empresa que este aplicando 6σ establecer de la manera más realista posible una primera aproximación de lo que el equipo espera reducir en dispersión del proceso.

Con la data analizada se construyo el siguiente gráfico de control en donde se observa la dispersión de 18% actual y el objetivo del equipo Seis Sigma de 75% de utilización

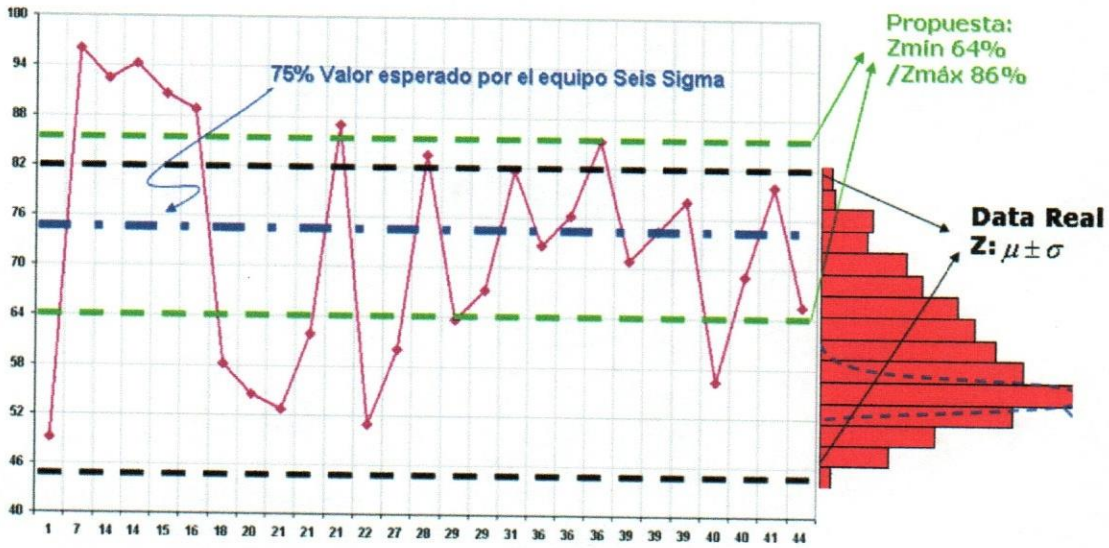

Figura 22. Grafico de Control de Utilización Disponible

Siguiendo el **Método 1** descrito anteriormente en la siguiente tabla se muestra el cálculo de las tolerancias para procesos que estén dentro de control

Tabla 6. Calculo de las Tolerancias de utilización Disponible TenarisTavsa bajo el criterio 6 Sigma

Sigma	Defectos por millon		Rendimiento	Zmin	Zmax
σ	DPM		(100% - DPM)* 100	$75 \pm 75 * (1 - \text{Rendimiento}\%)$	
4,5	1350	0,0013500	99,86500	74,8988	75,1013

Para el caso en estudio al aplicar la metodología DMAIC se espera que solo se alcance 4,5 Sigma por lo cual se espera encontrar 1350 defectos en un millón de oportunidades, y los límites de la utilización quedarían de la siguiente manera:

Zmínimo ≤ Utilización Disponible ≤ Zmáximo

74,8988%≤ **Utilización Disponible**≤75,1013%

Es decir la Utilización disponible debe tener una dispersión tal que sus valores estén entre 74,8988% y 75,1013%

El cálculo de los límites de tolerancia "Z" usando el Método 2 será:

Promedio Real [μ]

μ=64%

Desviación Real [σ]

σ=18%

Utilización Disponible Objetivo [UD]

UD=75%

Se usará entonces los datos considerados como más relevantes en el equipo que son: el promedio de la data analizada 64% y el valor objetivo del Equipo Seis Sigma de 75%

$$Z = UD \pm (UD - \mu)$$

Z=75% ±(75%-64%)

Zmín= 64%

Zmáx=86%

Realizando el cálculo anterior se llega a establecer los límites del equipo Seis Sigma para la Utilización Disponible de TenarisTavsa:

Limite Inferior ≤ Utilización Disponible ≤ Limite Superior

64% ≤ Utilización Disponible ≤ 86%

De una muestra de 935 datos de demoras se calculo la utilización disponible de junio 2006 y noviembre 2007 por turno de trabajo y se genero el siguiente histograma, se puede observar que la Utilización Disponible no cumple con el objetivo que es 75% para alcanzar 60 Mton/año.

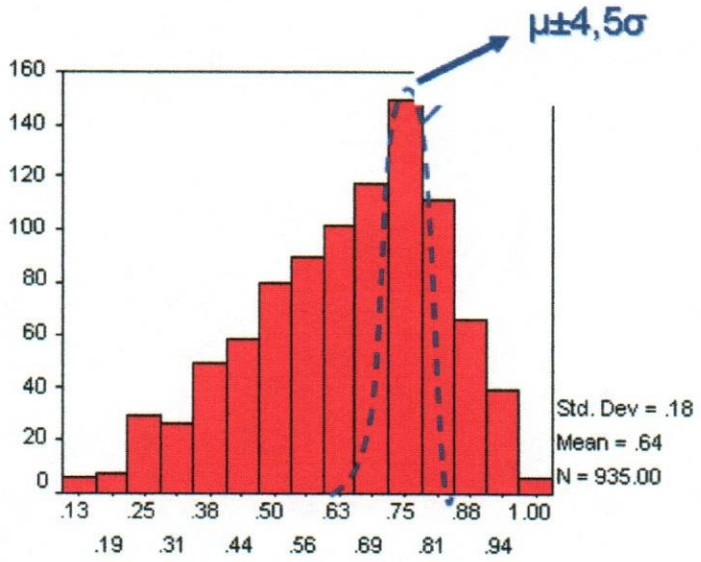

Figura 23. Histograma de utilización disponible

La media de la utilización en el periodo estudiado es de 64% con una desviación estándar de 18%. Si se usará el cálculo de los límites siguiendo el criterio que el proceso esta dentro de control podríamos decir que el proceso esta completamente alejado de la meta 6σ que en este caso seria que la utilización estuviera en los siguientes límites:

$$74{,}8988\% \leq \textbf{Utilización Disponible} \leq 75{,}1013\%$$

Por tanto y para efectos del presente trabajo de grado se tomará como los límites de tolerancia para el calculo de la capacidad del proceso los resultantes del método 2 (establecidos con criterios discutidos dentro del equipo 6σ

$$64\% \leq \text{Utilización Disponible} \leq 86\%$$

La capacidad del proceso quedaría de la siguiente manera:

$$Cp = \frac{Z\max - Z\min}{6 * Desv.Es\tan dar}$$

$Cp=0{,}20 \quad \therefore Cp < 1$

Significa que el proceso posee mucha dispersión lo que implica una distribución de puntos muy variada y por tanto es mayor que la tolerancia. Se dice que el proceso **no es capaz,** es decir no tienen capacidad de producir dentro de las especificaciones por lo cual se deben establecer las medidas correctivas que incidan en alcanzar las tolerancias del proceso.

4.2.5 Refinar la descripción del problema u oportunidad.

En esta etapa se debe analizar junto al black belt y champion la brecha entre el desempeño calculado y las necesidades y expectativas planteadas; establecer los

objetivos de mejora de manera especifica y cuantificada respondiendo a las preguntas: ¿Qué esta mal?, ¿cuánto?, ¿Dónde?, ¿Quiénes están involucrados?

Una utilización de 64% significa que el restante 36% del tiempo disponible del equipo corresponde 26% a Interrupciones No Operativas y un 10% a las Interrupciones operativas de acuerdo al análisis realizado de la data.

Por tanto, para reducir la dispersión en la utilización se deben reducir las demoras o interrupciones operativas y no operativas en frecuencia y tiempo de aparición en la línea de producción. Planteando un nuevo objetivo para cada uno de estos. Se debe iniciar analizando la causa, frecuencia y duración de cada interrupción según su tipo y ver en que medida de estas es realista plantear un nuevo objetivo de mejora, tomando en cuenta planes de acción e inversiones en capacitación y repuestos que puedan impactar positivamente.

De acuerdo a las principales interrupciones el equipo Six Sigma debe cuantificar en que proporción los planes de acción tendientes a la mejora que implementaran reducirán el % de interrupciones y por tanto incrementaran la Utilización Disponible que es el foco de estudio.

4.3 ANALIZAR

El objetivo de esta etapa es encontrar las relaciones entre las variables de proceso de entrada y las de salida y su relación con los CTQ's. Los pasos a seguir en esta etapa son:

- Confirmar la estrategia de análisis (DMAIC o DMADV) para el caso en estudio es DMAIC
- Identificar causas raíces o fuentes de variación
- Identificar el desperdicio o no valor
- Integrar las conclusiones
- Establecer objetivos operativos de mejora

Algunas de las herramientas comúnmente usadas para establecer las causas de un problema es el diagrama causa – efecto y los paretos.

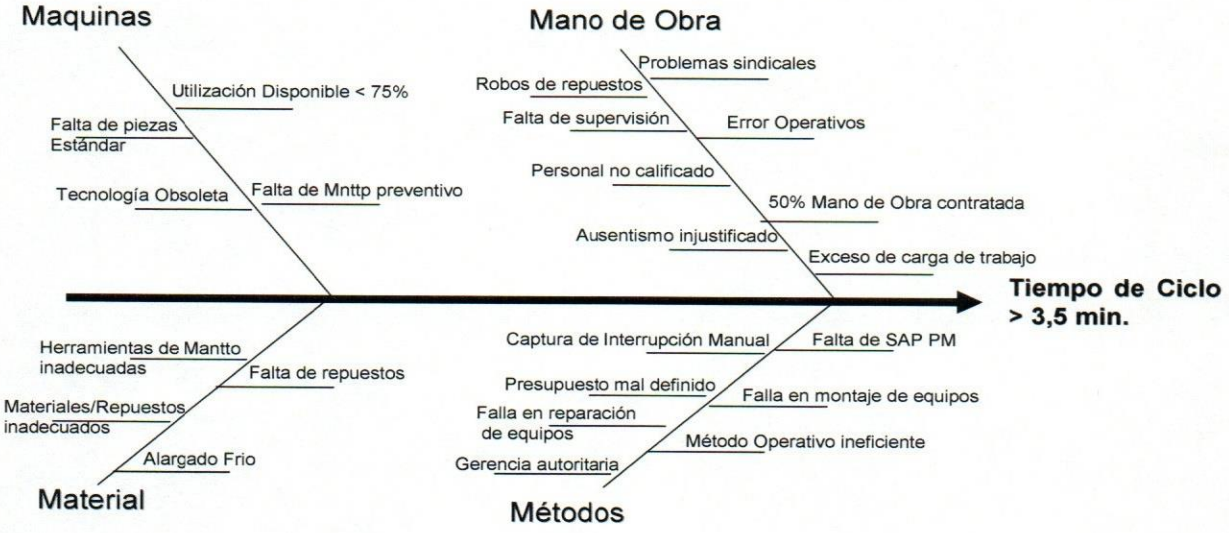

Figura 24. Diagrama Causa Efecto

Mediante el diagrama causa efecto se puede ratificar que la variable crítica es la utilización disponible.

La utilización Disponible esta afectada principalmente por las interrupciones No Operativas. En el siguiente pareto se establece de una muestra de 935 interrupciones el análisis de las demoras no operativas mostrando su criticidad por equipo.

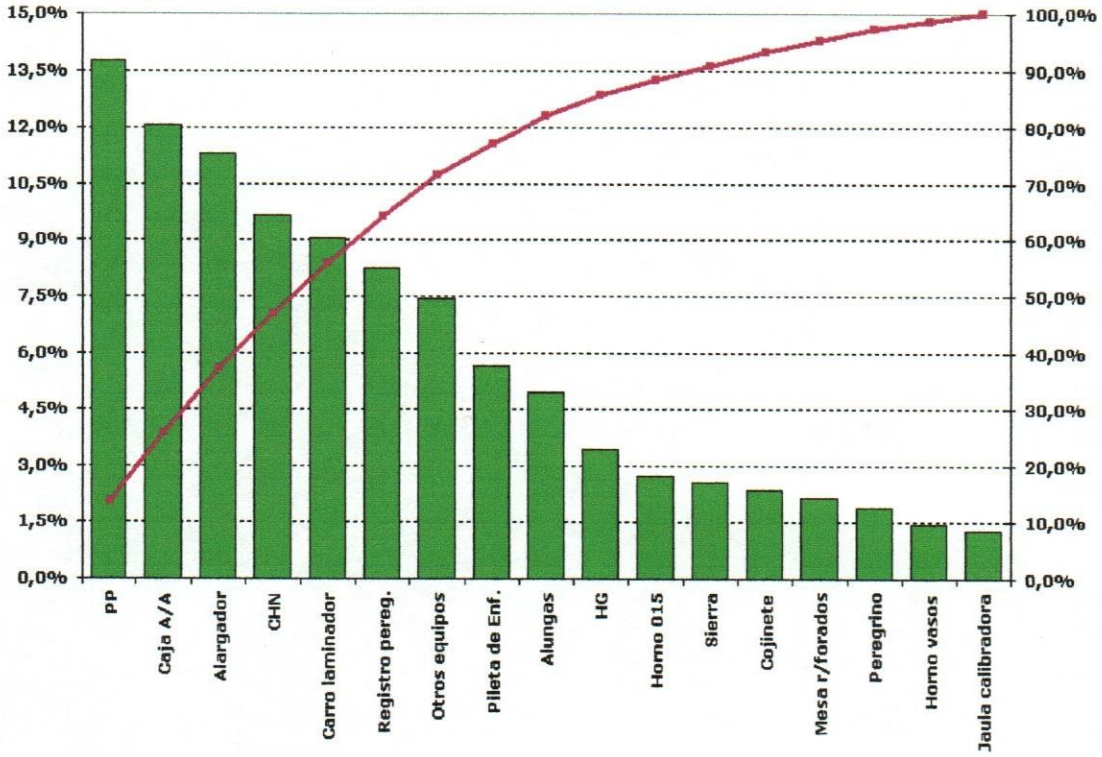

Figura 25. Pareto de Equipos de Laminación por frecuencia de demora

La prensa perforadora en Laminación es el equipo que posee el 14% del total de las interrupciones No operativas y sobre el cual se puede iniciar el análisis. Sobre este equipo podemos definir el siguiente pareto de sub-equipos.

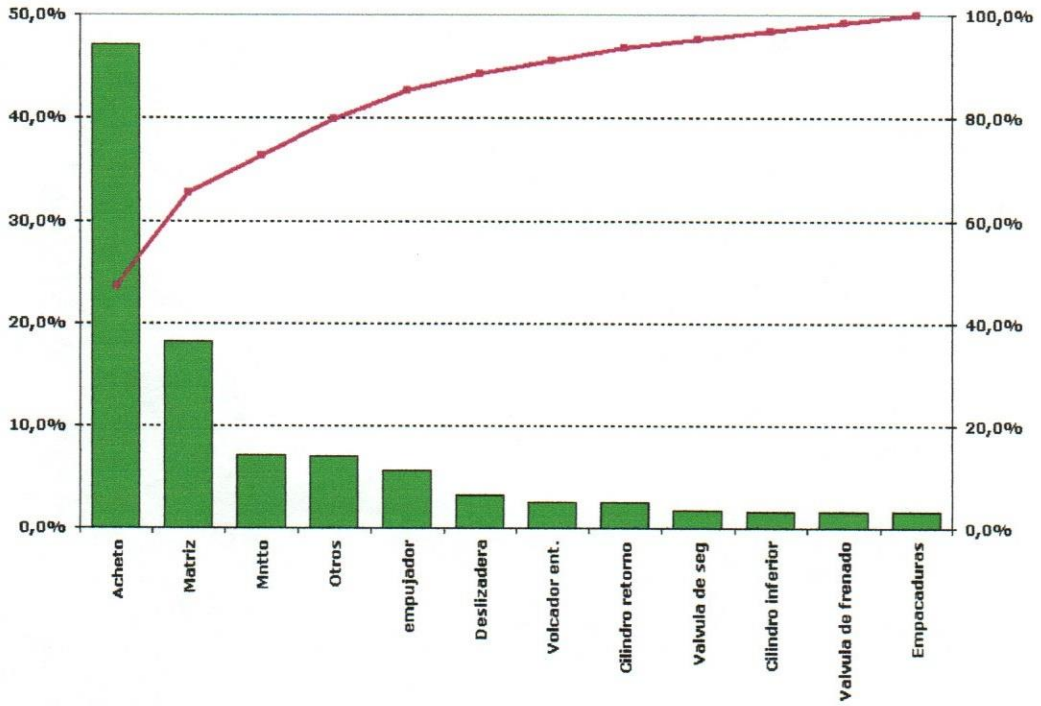

Figura 26. Pareto de Sub-Equipos de Laminación por frecuencia de demora

El acheto es el principal subequipo que presenta mayor ocurrencia de falla de la prensa perforadora, este equipo es una mesa basculante que recibe el lingote al salir del horno giratorio y lo posiciona en la matriz-punzón de la prensa perforadora, luego que el lingote es perforado lo traslada a la cadena de entrada del horno vaso. Con el paso de los años algunos de sus componentes no se encuentran en el mercado por lo que parte de sus piezas han sido fabricados bajo plano y en los últimos tiempos se ha tenido que mejorar los aceros que estaban indicados en los planos originales para alargar la vida útil de estas partes.

Otro tipo de conclusiones también pueden hacerse de estas interrupciones no operativas el personal de mntto de la planta ha sido históricamente un 50% contratado buscando la flexibilidad de la mano de obra en el caso que se requieran reducir turnos de

trabajo, lo que lleva a una alta rotación de personal y una baja calificación técnica del personal que interviene los equipos en general.

Del anterior análisis se puede decir que si se reduce en un 100% las interrupciones No Operativas por la Prensa perforadora se estaría incrementando la Utilización Disponible de 64% actual a 68% que resulta de mejorar el 14% del 26% de las No operativas.

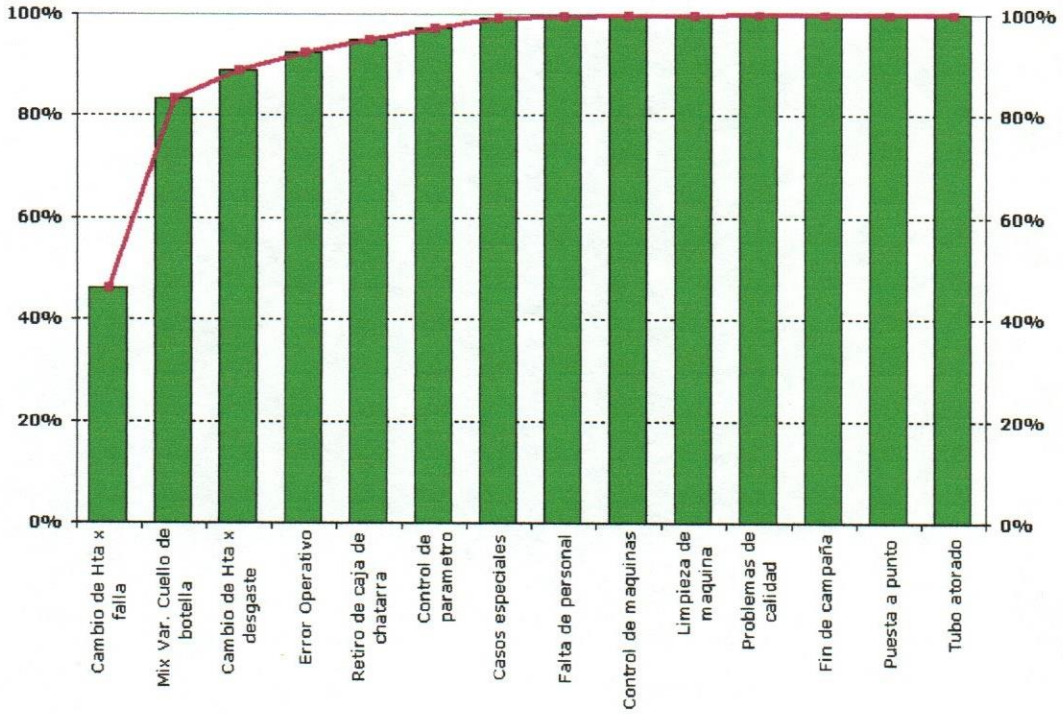

Figura 27. Pareto de Interrupciones Operativas por frecuencia de demora

Para el caso de las demoras Operativas se realizo el siguiente pareto llegándose a la conclusión que las principales demoras Operativas son las asociadas a Cambio de Herramientas por falla (esmerilado de cilindros) y Mix / variación de cuello de botella que es denominada en TenarisTavsa como "Desabalanceo de línea", lo que representa un

80% de las causas del 10% del total de demoras operativas es decir que se incrementaría la Utilización disponible de 68% a 76% alcanzándose y superando el objetivo del equipo Seis Sigma de 75% de utilización disponible con tolerancias de 64% ≤ Utilización Disponible ≤ 86%

Es necesario señalar que luego de haber logrado estas mejoras es necesario rehacer los gráficos de control y establecerse nuevos límites de control y la nueva Capacidad del proceso.

Algunas de las claves para esta etapa de análisis son:

- Identificar las restricciones para incrementar su capacidad y respaldarla con los otros recursos
- Identificar lo que no agrega valor
- Tener una estrategia de análisis, estructurar una línea de pensamiento para buscar las causas de error y oportunidades de mejora
- Establecer los nuevos objetivos de mejora estos habrán de clasificarse en indispensables aquellos que deben lograrse sí o sí y forman parte del proyecto original y los deseables que convendría lograr si no se encontraran inconvenientes como conflictos de diseño o inversiones excesivas.

Las técnicas más utilizadas para este paso son: Análisis de capacidad, ANOM, ANOVA, Box Plots, Correlación, CEP (Control estadístico de procesos), Diagrama de dispersión, diseño de experimentos, gráficos de control, gráficos de pareto, gráficos de tortas, gráficos multivariables, histogramas, inferencia estadística, regresión, test de confiabilidad, test de hipótesis.

4.3.1 Redefinir el Objetivo y alcance del proyecto

Redefiniendo el objetivo del proyecto crítico 6σ para TenarisTavsa podemos describir entonces:

Mejora de Utilización Disponible mediante la reducción de paradas No Programadas de 26% a 12% para alcanzar 60 Mton/Año

El beneficio esperado producto de alcanzar este objetivo es:

Incrementar las utilidades por ventas en un 20% al año

4.4 MEJORAR

Para diseñar las acciones de mejora, ponerlas a prueba y diseñar el plan de implementación. El equipo Seis Sigma analiza, determina, decide e implementa las soluciones. Se deben:

4.4.1 Establecer los niveles adecuados para cada X

Del análisis de datos de la etapa Medir mas la nueva aplicación de las técnicas como el diseño de experimentos, deben llevar al equipo a definir los niveles de las variables significativas

4.4.2 Diseñar potenciales soluciones

Se deben analizar los cambios para evitar desperdicios. Este paso consiste en generar una gran cantidad de ideas, para luego seleccionar aquellas claves para los objetivos, las que harían la diferencia, para diseñar estas ideas y métodos que servirán luego para diseñar las soluciones, el uso del torbellino de ideas es sugerible.

4.4.3 Seleccionar la solución

Corresponde en esta etapa determinar cuales son las soluciones sobre las que se seguirá trabajando. Una matriz costo-beneficio o la votación múltiple serán aliadas al momento de tomar la decisión sobre las alternativas sobre las cuales seguir adelante.

Black Belt y Green Belt deben asegurar la objetividad en la elección de la solución

4.4.4 Refinar la solución.

Definir a detalle el nuevo diseño de la solución. Los pasos para refinar la solución:

- Terminar el diseño inicial
- Analizar potenciales errores y riesgos
- Generar el plan de control

- Estandarizar las operaciones y los controles
- Actualizar los beneficios potenciales
- Actualizar el análisis de reacción de los grupos de interés

Esta etapa debe incluir: que se debe hacer, quien debe hacerlo, como se relaciona con el resto del proceso, opciones para contingencias, comunicar a los operadores del proceso y proveedores.

4.4.5 Verificar con el plan piloto

Es una prueba de la aplicación e una mejora realizada a pequeña escala o en una zona especifica y bajo atenta observación, pero del sistema completo. Permite revisar la mejora integralmente, disminuyendo el riesgo de fallas potenciales, obtener sugerencias del personal involucrado con las mejoras y los cambios y anticipar potenciales inconvenientes en la implementación.

4.4.6 Implementar

En esta etapa es recomendable planificar la implementación e implantar las modificaciones así como festejar con los integrantes del equipo.

4.5 CONTROLAR

Se verifican las mejoras para asegurar que se haya cumplido con los objetivos y que sean sostenidas en el tiempo. Es una interpretación de las mejoras instaladas.

Se controla las variables de entrada, de proceso y los CTQ's, se verifican las mejoras a largo plazo.

El objetivo es reducir las oportunidades de que se produzcan desvíos en el desempeño del proceso, producto o servicio. Sostener las mejoras a lo largo del tiempo lo que implica asegurar el cumplimiento de los CTQ's.

Los pasos sugeridos en esta etapa serán las técnicas ya utilizadas en el equipo Seis Sigma sobre todo los de la etapa medir. El proceso de controlar debe llevarse a acabo siguiendo los siguientes pasos:

- Verificar la nueva capacidad del proceso
- Transferir el proceso a la operación
- Monitorear el proceso, los Y's y los CTQ's
- Cerrar el proyecto y celebrar.

Se sugiere en esta etapa generar un tablero de control mediante un sistema de información y plan de acción para el cumplimiento de todos los objetivos. Se debe vigilar la resistencia al cambio y que la información se deje de usar basándose en los actuales paradigmas de la organización

5 Definir e instalar la estructura 6σ en TenarisTavsa

Para asegurar el éxito de la implementación del proyecto y antes de avanzar en el diseño y aplicación conceptual del enfoque se debe definir los integrantes del equipo 6 sigma; que nivel en la estructura de la organizativa deben tener, cual va a ser su dedicación en el proyecto, así como el nivel de capacitación necesaria para su implementación. En la Tabla siguiente se muestran los temas que deben ser incluidos en el entrenamiento de cada uno de los roles comprendidos por el enfoque. Los círculos rojos significan los temas que cada rol debe conocer a fondo. Por otro lado, los círculos blancos indican los temas que deben conocer.

Tabla 7. Matriz de capacitación entrenamiento de roles

	Ejecutivos	Champion	Black Belt	Green Belt	Miembros de equipo
Conceptos 6 Sigma	●	●	●	●	●
Liderazgo	●	●	●	○	
Proceso 6 Sigma	●	●	●	○	○
Gestión del cambio	●	●	●		
DMAIC	○	○	●	●	●
DMADV		○	●	○	
Técnicas Estadísticas		○	●	●	○
Tec. Estadísticas avanzadas			●	○	
Técnicas Lean		○	●	●	○
Trabajo en equipo	○	●	●	●	●
Gestión de proyectos	○	●	●	○	

Los integrantes del grupo 6 sigma en TenarisTavsa quedaría conformado de la manera siguiente:

Tabla 8. Propuesta de integrantes del equipo Seis Sigma

Integrante de 6 Sigma	Cargo en TenarisTavsa	Nombre del Integrante
Ejecutivos	Gerente de Planeamiento AM	Walter Garaffo
Champion	Gerente de Operaciones Tavsa	Angel Cianciosi
Black Belt	Gerente de Mantenimiento	Jorge Lopez
Green Belt	Jefe de Ingeniería Industrial	Consolación Rojas
Miembros de equipo	Jefe de Mantenimiento Mecánico de Lam.	Luis Daboin
	Jefe de Mantenimiento Eléctrico de Lam.	Luis Torrealba
	Jefe de Operaciones Junior	Pedro Garcia
	Analista de Ingeniería Industrial	Luis Moncada
	Analista de Ingeniería Industrial	Bianca Brando

El Black Belt y Green Belt tendrán dedicación exclusive al proyecto, los demás integrantes del equipo tendrán dedicación parcial según las necesidades en el desarrollo del trabajo.

6 Alternativas para la capacitación de los miembros en TenarisTavsa

Existe hoy en día muchas alternativas para la capacitación de Seis Sigma una de las instituciones acreditadas para esta labor es la Asociación latinoamericana de Seis Sigma ALASEISSIGMA, S.C. cuya misión es difundir el aprendizaje y uso de la metodología Seis Sigma y la Teoría de restricciones en Latinoamérica, utilizando simuladores y otras técnicas avanzadas para apoyar el desarrollo de las empresas del área.

Es una asociación de maestros en las metodologías utilizadas en el Seis Sigma y la teoría de restricciones, con instituciones educativas interesadas en crear centros de desarrollo empresarial y con consultores de empresa interesados en proporcionar herramientas competitivas a las empresas latinoamericanas

Los Niveles certificados de Seis Sigma por ALASEISSIGMA S.C. y su detalle son los que se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 9. Temas de capacitación sugeridos por ALASEISSIGMA, S.C.

Temas	Tipo de Cinta				
Metodología Seis Sigma	Amarilla	Roja	Verde	Negra	Maestro cinta negra
Teoría de restricciones					
Simuladores de empresa					
Estadistica					
Metodología DMAIC					
Construcción de simuladores estaticos y dinamicos industriales y financieros					
Llevar a cabo un proyecto de implementación con beneficio > 100 MUSD					
Llevar a cabo o supervisar 10 proyectos exitosos de implementación					
Aprobación de socios ALSEISSIGMA, S.C.					

Tabla 10. Detalle de capacitación en ALASEISSIGMA, S.C.

Tipo de Cinta	Participantes	Duración	Instructor
Amarilla	Empleados	2 días	Cinta negra certificado por ALSEISISGMA
Roja	Directivos	3 días	Cinta verde, Negra o maestro cinta negra
Verde	Mandos medios	12 a 15 días	Cinta Negra o maestro cinta negra
Negra	Lideres que esten implementando al menos 1 proyecto Seis Sigma	180 Hs.	Maestro cinta negra
Maestro Cinta Negra	Lideres que hayan implementando al menos 10 proyecto Seis Sigma	Haber cursado todos los niveles anteriores	Se requiere aprobación de directivos de ALSEISSIGMA

CONCLUSIONES

- La metodología Seis Sigma es una "nueva generación" del TQM y mejora continua con rigurosas metodologías de implementación, hace énfasis en el uso de herramientas estadísticas, simuladores y en la capacitación y desarrollo de los miembros de los equipos mediante una curricula bien definida
- Es condición deseable que las empresas que decidan implementar Seis Sigma hayan recorrido previamente el camino del TQM y mejoramiento continuo y que la alta dirección de la empresa este realmente comprometido con la satisfacción del cliente,
- Las líneas estratégicas de TenarisTavsa dictadas por el CEO para los próximos años son 0 defectos, 0 accidentes y 100% de cumplimiento. Por ser un diseño conceptual de implementación de Seis Sigma se establece por el CEO de la compañía que la Utilización disponible es el indicador que mejor representa los CTQ's
- Al establecer el mapa proceso-cliente del área de Laminación de TenarisTavsa se define el Area de Terminación como el cliente interno y PDVSA como el cliente externo. Se define como Y's el tiempo entre tubo y tubo de 3,5 min y como indicador o CTQ que mejor lo representa la Utilización disponible que debe exceder el 75%
- El plan de despliegue requiere un minucioso conocimiento del proceso y aplicación de diversas técnicas como DOFA para establecer o validar los CTQ, los

diagramas SIPOC para establecer las entradas y salidas del proceso, flujogramas para revisar y validar los indicadores que mejor representa a los Y's escogidos.

- Por ser un proceso ya existente se debe aplicar la metodología DMAIC definir, medir, analizar, mejorar y controlar. No requiere innovación de un producto.
- La utilización disponible del proceso de Laminación ha sido del 64% respecto a un 75% planteado como objetivo en el periodo de estudio. El 36% del tiempo esta representado por un 26% de Int. No Operativas y un 10% de Int. Operativas para alcanzar un 100% de disponibilidad de línea,
- La capacidad del proceso es de 0,20 lo que significa que no se están cumpliendo con las especificaciones establecidas para los clientes es decir con los límites de tolerancia de 64% a 86%.
- Del pareto de las no operativas se concluye que el equipo que presenta el 14% del total de falla es la Prensa Perforadora y de esta el subequipo principal de falla es el Acheto. Con respecto a las Operativas el cambio de herramientas por falla y desbalanceo de línea representan el 80% de estas paradas.
- Con la reducción de las demoras del acheto, cambio de herramientas por falla y desbalanceo de línea se logrará incrementar la utilización de 64% a 76%

RECOMENDACIONES

- TenarisTavsa debe iniciar el camino hacia el Seis Sigma iniciando el análisis de los problemas bajo las herramientas de la mejora continua y TQM, luego de que se personal maneja e internalice estos conceptos se debe implementar Seis Sigma
- La alta dirección de la empresa debe estar convencida y "vender" el proyecto de implementación de Seis Sigma, así como suministrar los medios necesarios para la capacitación de los lideres y facilitadores del equipo
- Aprovechar la experiencia de los Equipos de Mejora continúa establecidos en Tamsa México para tomarlos como punto de partida para la implementación de Seis Sigma.
- Profundizar en el análisis de la estadística de interrupciones ampliando y actualizando la base de datos hasta el 2009. La data utilizada para el análisis debe ser validada mediante pruebas estadísticas para garantizar su confiabilidad por ser un diseño conceptual esta etapa se obvio
- El despliegue del proyecto requiere la planificación en el tiempo de lo la capacitación; quienes, donde y cuando se preparan para ser black belt, green belt e impartir el conocimiento a la compañía.

BIBLIOGRAFIA

- Molteni R., y Cecchi O. (2005). El liderazgo del Lean Six σ. Buenos Aires. Ediciones Macchi
- Santalla Z., (2006). Guía para la elaboración formal de reportes de investigación.
- Tenaris University (2008). Control estadístico de Procesos. Campana: Autor.
- Matt B. y McCarty T. (2005). La nueva Seis Sigma. Mexico. Editorial Trillas.
- Arrache R. y Cone G. (2005).Guía de implementación de Seis Sigma. Mexico. Editorial Trillas.