

PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA INCREMENTAR LA COMPETITIVIDAD: EMPRESAS DE LA FRONTERA NORESTE DE MÉXICO

Dr. Fernando Hernández Contreras
fernando@uat.edu.mx¹

Dr. Juan Antonio Herrera Izaguirre
derechointernacional@hotmail.com²

Ing. Gabino Hernández Contreras
gabinoamer@hotmail.com³

Ing. José Fernando Hernández González
word110@hotmail.com⁴

Lic. Abigail Barrientos Flores
abarrientos@uat.edu.mx⁵

Resumen.

Propósito y Método de Estudio. Esta investigación está orientada a la solución del problema de lograr el crecimiento, la competitividad y la internacionalización de las empresas locales, mediante el aprovechamiento efectivo de la recuperación del compresor housing como componente del turbocargador en área de desensamble con la aplicación de la metodología de seis sigma. Analiza la Aplicación de la metodología de seis sigma para la reducción de Scrap en los compresores housing, elemento del turbocargador en área de desensamble, para disminuir el desecho en un 27 % del acumulado, mediante el seguimiento a la aplicación de seis sigma como un método de mejora continua, la Realización de réplica de este proyecto en los diferentes componentes del turbocargador, el mantenimiento y control del proceso de salvamento en los compresores que no aparecen en la pantalla ya que quedan fuera los demás compresores por otras causas que se van al desperdicio, la revisión del proceso cada mes durante un año para analizar los beneficios, la revisión del diagrama de flujo del proceso de desensamble y la realización de la mejora del diagrama de flujo. Analiza el proceso de decisión empresarial de usar permanentemente la aplicación de la metodología de seis sigma, como una técnica de control de la calidad para reducir el nivel de desperdicios de los compresores housing en el área de desensamble. Se utilizó la metodología 6 Sigma (σ) como elemento de influencia en el proceso de la reducción del nivel de desperdicio en los compresores housing en el área de desensamble.

Contribuciones y Conclusiones: La aportación más importante en esta investigación es la aplicación de la metodología de seis sigma, como una técnica de control de calidad para reducir el nivel de desperdicios de los compresores housing en el área de desensamble. En esta investigación, basado en la aplicación de la metodología de seis sigma, en el área de desensamble, la variabilidad en los procesos, los desfases de áreas, y el no estar preparados para un cambio de modelo en cualquier componente del turbocargador influyen en la posibilidad de elevar el nivel de desperdicio en las áreas afectadas. Al lograr la implementación y el dominio de la metodología de seis sigma para la empresa en el Municipio de Nuevo Laredo, representará para la empresa local exportadora y no exportadora mejorar la posibilidad de éxito, mejorar la eficiencia y competitividad en el proceso de remanufactura.

Palabras clave: control de calidad, eficiencia, mejora continua, competitividad.

Summary

Purpose and Study Method. This work is focused on solving problems regarding growth, competitiveness, and internationalization of local companies, through the effective use of the housing compressor of the turbocharger in the ensemble area with the application of the six sigma methodology. It analyzes the application of the six sigma methodology in the reduction of scrap in the housing compressors, turbocharger element in the disassemble area, to reduce in 27 percent of accumulated waste, through the application of the sigma method of continuous improvement, the implementation of this process in the turbocharger, the maintenance and control of the saving process of the compressors that do not appear in the screen since they are not used and become waste, a process review every month during a year to analyze the benefits. It analyzes the decision taken process in using permanently the application of the sigma methodology, as a quality control technique to reduce the waste level of housing compressors in the disassemble area.

¹ Profesor Investigador del Sistema Nacional de Investigadores en México y Coordinador del Cuerpo Académico Negocios Internacionales de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.

² Profesor Investigador del Sistema Nacional de Investigadores en México y Coordinador de la Clínica Multidisciplinaria de Derecho Ambiental, Investigación y Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.

³ Maestro especialista en la metodología de seis sigma del Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo.

⁴ Alumno de Doctorado de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

⁵ Alumna de Maestría de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Contributions and Conclusions:

The most important contribution in this work is the application of the six sigma methodology, as a quality control technique to reduce the waste level of housing compressors in the disassemble area. It is also based in the application of this methodology in the disassemble area, the variability of the process, the phase change of areas, and the lack of preparedness for a model change in any turbocharger component influence the possibility of increasing the waste level in the affected areas. After implementing the six sigma methodology for the company in the Municipality of Nuevo Laredo, it will represent for the local exporter company an improvement in the possibility of success, an improvement in the efficiency and competitiveness in the remanufacture process.

Key Words: Quality control, efficiency, quality improvement, competitiveness.

Introducción

La internacionalización de las empresas es un fenómeno actual que ha evolucionado con mucho dinamismo y que desde muy diversas expectativas mantiene interesados a todos los investigadores. Con el paso del tiempo y con la finalidad de dar respuesta a las nuevas condiciones que nos impone la globalización, surgen numerosas teorías que intentan explicar éste fenómeno, no obstante su complejidad, aún cuando no ha podido configurarse un único modelo válido, con éste proyecto nos podemos dar cuenta de la importancia de utilizar técnicas o métodos de mejora continua en los procesos, para proporcionar a los clientes una alta calidad en los productos. Para las empresas crecer con calidad, es hoy más que nunca una meta que se deben tener en mente, el reto que representa la competitividad se convierte en el eje central con vías a la internacionalización de las empresas ya que eso les permite un crecimiento y un enorme potencial de ser auténticas unidades de producción, innovadoras, proveedoras y generadoras de empleo, prósperas, con perspectivas de clase mundial y con un entorno competitivo como soporte para crecer.

Para lograr este objetivo, se necesita tener una serie de retos los cuáles se deben de enfrentar mediante un modelo o herramienta que nos ayude a incrementar la competitividad, con reglas de acción como el cambio de cultura hacia la innovación tecnológica, el cambio de actitud para la creación de empresas con alto potencial de crecimiento, una nueva cultura de intercambio de redes de información empresarial y la implementación de una cultura de desarrollo regional, lo que representa nuevas dimensiones, dentro del mercado global. Esto representa una oportunidad de transformación por lo que si se efectúan éstos cambios tan necesarios se podrá desarrollar en el mercado local y hacerlo más competitivo en el mercado internacional.

Objetivo.

Esta investigación está orientada a la solución del problema de lograr el crecimiento, la competitividad y la internacionalización de las empresas locales, mediante el aprovechamiento efectivo de la recuperación del compresor housing como componente del turbocargador en área de desensamble con la aplicación de la metodología de seis sigma. Utilizando la metodología de seis sigma proporciona una reducción en el nivel de desperdicio, ayuda a reducir la variabilidad en el proceso, reducción costos y mejorar la calidad de los productos dentro de la empresa, la variabilidad en los procesos, los desfases de áreas, y el no estar preparados para un cambio de modelo en cualquier componente del turbocargador influyen en la posibilidad de elevar el nivel de desperdicio en las áreas afectadas. Al lograr la implementación y el dominio de la metodología de seis sigma para la empresa en el Municipio de Nuevo Laredo, representará para la empresa local exportadora y no exportadora mejorar la posibilidad de éxito, mejorar la eficiencia y competitividad en el proceso de remanufactura.

Planteamiento de la investigación.

A continuación, se presenta el análisis de los estudios previos sobre el tema, particularmente los relacionados con los modelos para asegurar la calidad. Se dio especial énfasis a los estudios que buscan encontrar fundamentos en teorías de diferentes disciplinas, que ya han sido estudiadas y aplicadas, y que se relacionan con las mismas. Se define el modelo conceptual teórico, donde se conjunta las conclusiones de estudios previos. Después se realiza un análisis bajo el enfoque de la metodología de seis sigma. En esta investigación se utilizó el enfoque de la metodología seis sigma que tiene su fundamento centrada en la eliminación del desperdicio, aumenta la calidad y mejora los rangos financieros de las empresas. Los resultados de la investigación se presentan y explican mediante el modelo resultante. Por último, se expresan también las conclusiones finales de la investigación donde se indican los resultados globales trascendentes.

Estudios Previos.

En la época reciente algunas empresas tuvieron más iniciativa para lograr una eficiencia en la calidad y tener cero defectos en sus procesos. La información generada por estas grandes empresas contribuye de manera significativa al logro de mejores resultados, en aspectos de reducción de costos y mejora de las utilidades⁶. Para lograr la mejora y la reducción de costos⁷ es necesario incluir técnicas o metodologías durante la fase operativa que prevenga la ocurrencia de errores, esto es un sistema de chequeos sucesivos, para asegurar la calidad del producto en el origen y es más efectiva para lograr cero defectos⁸. Estos métodos se basan en la aplicación de técnicas estadísticas para la reducción de la variación en los procesos, con lo que se minimizan los defectos y los errores.

Para la aplicación de las técnicas o métodos existe un organismo de normas llamadas ISO 9000⁹, que están integradas por un conjunto de modelos y documentos sobre gestión de calidad. En 1987, se publicaron las normas internacionales actuales sobre aseguramiento de la calidad, por primera vez, cada una de ellas sirve como un modelo de calidad dirigido a determinada área de la industria, la manufactura o los servicios. En la actualidad cubren todas las funciones o posibilidades de desempeño, y tienen el objetivo de llevar la calidad o la productividad de los productos o servicios que se oferten.

Aunque los antecedentes más remotos de la existencia de la norma ISO 9000 datan de hace más de 50 años, es importante destacar que la aceptación internacional de la normalización ha tenido vigencia, sobre todo, a partir de la década de los 80s. Una de las metodologías que están dentro de la norma ISO 9000 es la llamada seis sigma que tiene su fundamento centrada en el cliente, que elimina el desperdicio, aumenta la calidad y mejora los rangos financieros de las empresas. Seis Sigma no es una herramienta de calidad, es una herramienta de gestión que busca la mejora continua integrando el factor humano en los procesos¹⁰.

Una de las empresas de mayor prestigio a nivel mundial es General Electric que hizo de seis sigma la filosofía gerencial más popular de la historia. La información generada por esta gran empresa contribuye de manera significativa al logro de mejores resultados, en aspectos de reducción de costos y mejora de las utilidades. Este método se basa en la aplicación de técnicas estadísticas para la reducción

⁶ Don Hellriegel, Susan E. Jackson, Jhon W. Slocum Jr. (2005) Administración un enfoque basado en competencias. 10ª edición. Cap. 2 la evolución de la administración. Pág. 58 Ed. International Thomson. Editores. México.

⁷ Thompson/Strickland. (2004). Administración Estratégica. 13ª edición. Cap. 1 El proceso de la administración estratégica. Pág. 13 Ed. Mc Graw Hill México.

⁸ David Noel Ramírez Padilla. (2008). Contabilidad Administrativa. 8a. edición. Modelo cero defectos. Pag. 140. Editorial Mc. Graw Hill. Mexico.

⁹ David Munoz Negron. Sergio Romero Hernandez. (2006). Introduccion a la Ingenieria un enfoque industrial. Pag. 89. Editorial International Thomson . Mexico.

¹⁰ Antony J, Kumar M, Cho B. (2007). "Six sigma in service organizations: Benefits, challenges and difficulties, common myths, empirical observations and success factors". International Journal of Quality & Reliability Management. Vol. 24 No. 3, p. 294-311.

de la variación en los procesos¹¹, con lo que se minimizan los defectos y los errores¹². Las empresas dedicadas a la remanufactura de componentes, la calidad es la clave para no solo sobrevivir, sino también para competir y surgir en el ambiente de los negocios tan competitivo en que se vive actualmente¹³.

Donde el sector industrial es uno de los principales sectores en el desempeño económico de Nuevo Laredo¹⁴, dentro de las actividades más importantes que se realizan en este municipio son las que a continuación mencionamos la construcción, electrónica, mueblero, celulosa, textil, mecánico, automotriz, calzado¹⁵. La gran infraestructura y su colocación dentro de la situación geográfica, que solo da la ciudad fronteriza de Nuevo Laredo¹⁶ la colocan como una de las principales zonas de ubicación para la remanufactura en la industria maquiladora del país. Dentro de algunas de estas referencias mencionadas existe una actividad llamada remanufactura, en dicha ciudad, frontera Noreste de México con el país más poderoso del Mundo Estados Unidos. Es decir que en el proyecto de recuperación de los compresores housing en área de desensamble como un componente del turbocargador utilizando la metodología de seis sigma proporciona una reducción en el nivel de desperdicio, también ayuda a reducir la variabilidad en el proceso, reducción costos y mejorar la calidad de los productos dentro de la empresa, incrementando la competitividad de la misma.

Definición del problema.

El problema se presenta dentro del área de desensamble y es el desecho constante de los compresores housing, como componente principal de los turbocargadores, la empresa trata de salvar la mayoría de los compresores para remanufacturarlos y usarlos dentro del proceso con la misma calidad que uno nuevo. El desecho de los compresores housing dentro del área de desensamble solamente en el año 2006 fue de 9000 compresores housing al mes, equivalentes a \$182,250.00 y al año fue de 108,000 compresores con un equivalente de \$6,480,000.00 dólares, y la causa principal del desecho de compresores housing, fue que no aparecía en la pantalla. La relevancia de este problema es que tiene un costo elevado, esto acarrea que se tiene que poner una parte nueva o compresor nuevo (NPU) en el producto terminado del turbocargador, y no un compresor remanufacturado.

Las probables causas del desecho de los compresores housing son el de no aparecer en la lista de materiales, no aparecen en la pantalla, no tiene proceso de salvamento, o son obsoletos, al encontrar la causa del problema se mide el porqué de la causa, del porque ocurrió esto, en la Figura 1 muestra en donde se describe el problema vital del porque o causa que origino el nivel de desecho de los compresores.

¹¹ Reyes Aguilar Primitivo. (2002). Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. Revista Contaduría y Administración. No. 205. Pag. 63.Abril-junio 2002.

¹² Eckes G. (2001). The Six sigma revolution: How GE and Others turned process into profits. 1era edición. Canadá. Jhon Wiley & Sons. ISBN:0-471-38822-X

¹³ Gerry Johnson.Kevan Scholes.Richard Whittington. (2006). Dirección estratégica. 7a edición. Sostenibilidad de la ventaja competitiva. Pag. 252,253.Pearson Prentice Hall. Madrid España.

¹⁴ Hernández Contreras, Fernando (2006) Propuesta de un modelo integral de competitividad económica para las empresas del municipio de Nuevo Laredo Tesis doctoral accesible a texto completo en <http://www.eumed.net/tesis/2006/fhc/>

¹⁵ R. Ayuntamiento de Nuevo Laredo. (2010). Inversión y Desarrollo. Accesado el día 2 de julio de 2010. <http://www.nuevolaredo.gob.mx/inversion/index.php>

¹⁶ Marco Aurelio Navarro y José Luis Pariente. (2004) Tamaulipas Los retos del desarrollo. Colección Misión XXI Editorial Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria Tamaulipas.

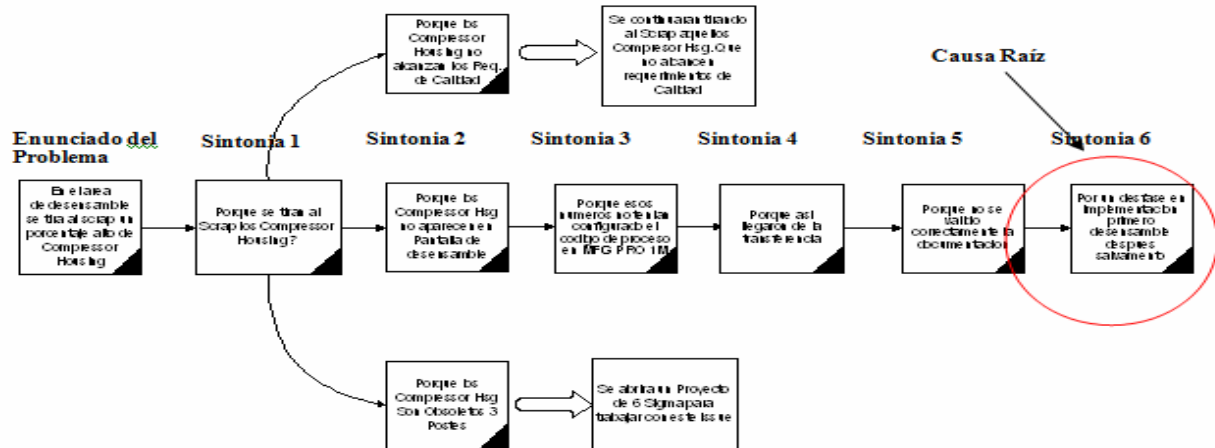


Figura 1. Los 5 porqués de la causa raíz proceso del compresor housing remanufacturado.

Para la elaboración del diagrama de los cinco porqués el equipo de trabajo del proyecto, realizó una reunión donde se empezó con la pregunta porque en el área de desensamble se tira un porcentaje tan alto de compresor housing y se dieron algunas respuestas tales como; porque no alcanzan los requerimientos de calidad, esto se seguirá realizando cuando no reúna las características del cliente o porque son compresores de tres postes, otro de los porqués es que no aparece en la pantalla, estos significa que el número de compresor no tenía configurado el código de proceso en MFG PRO 1M, esta causa fue la que originó el problema en el compresor, el equipo de trabajo cuestionó el porqué debe tener el código de proceso en MFG PRO 1M, la respuesta fue porque llegaron de esa forma al realizar la transferencia del proceso, además no se validó correctamente la documentación, debido a que se dio un desfase en la implementación de los procesos, primero fue área de desensamble y después área de salvamento, esto fue la causa-raíz del problema.

La empresa requiere de implementaciones y técnicas en sus procesos para la mejora continua y reducción de costos. La justificación de este proyecto se basa en una técnica que se implementará para el desarrollo del proyecto llamada seis sigma, nos servirá para la reducción y recuperación de los compresores de los turbocargadores e incrementar el uso de los otros componentes del turbocargador. En este proyecto de investigación el componente a analizar es el compresor housing, donde el NPU¹⁷ fue de 65% en el 2006, la necesidad de reducir este indicador es crítico para el éxito de este negocio. Actualmente en este 2007 un 40% de los compresores housing rechazados en el área de desensamble son debido a componentes obsoletos y/o no listados en el BOM (Bill de Materiales).

Por este motivo, se ha considerado trascendente estudiar el desecho de los compresores housing, con el propósito de ver las causas y disminuir los niveles tan altos que ocasionan estas pérdidas. El análisis de este proyecto, nos permitirá establecer un sistema adecuado en el área de desensamble para medir y controlar los desechos.

¹⁷ NPU Indicador Nuevas Partes Usadas

Objetivo general.

La recuperación del compresor housing como componente del turbocargador en área de desensamble con la aplicación de la metodología de seis sigma.

Objetivos específicos.

1. Aplicación de la metodología de seis sigma para la reducción de Scrap en los compresores housing, elemento del turbocargador en área de desensamble, para disminuir el desecho en un 27 % del acumulado. 2. Dar seguimiento a la aplicación de seis sigma como un método de mejora continua. 3. Realización de réplica de este proyecto en los diferentes componentes del turbocargador. 4. Mantener y controlar el proceso de salvamento en los compresores que no aparecen en la pantalla, quedan fuera los demás compresores por otras causas que se van al desperdicio. 5. Revisar el proceso cada mes durante un año para analizar los beneficios. 6. Revisión del diagrama de flujo del proceso de desensamble. 7. Realización de la mejora del diagrama de flujo.

Método de Resolución del Problema

Se ha desarrollado como sistema para la resolución de problemas el método DMAMC¹⁸, este método es llevado a la práctica por grupos especialmente formados para dar solución a los diversos problemas u objetivos de la compañía. La clave del método DMAMC se encuentran en lo siguiente: medir el problema, esto significa que siempre es bueno tener una clara noción de los defectos que se están produciendo en cantidades y expresados en valores monetarios. Para desarrollar el método DMAMC es necesario llevar una secuencia de pasos e ir definiendo el objetivo, como se describe a continuación. En este proyecto de investigación se analizó la estratificación de los compresores housing, mediante las gráficas mostradas en la figura 2 y 3, aquí se puede observar que el 70% de los compresores housing no están en la pantalla de ahí se desprende la oportunidad de recuperarlos y disminuir el desecho, el restante 30% de los compresores son obsoletos, esto indica que van directo al Scrap, y algunas de las causas son: 10% son de tres postes. 2% tienen golpes en el difusor. 4% con la rosca dañada. 1% tiene rallado en Inducer. 3% tiene golpes en el diámetro. 6% desgaste en el Outlet. 4% área de sellado en el backplate.

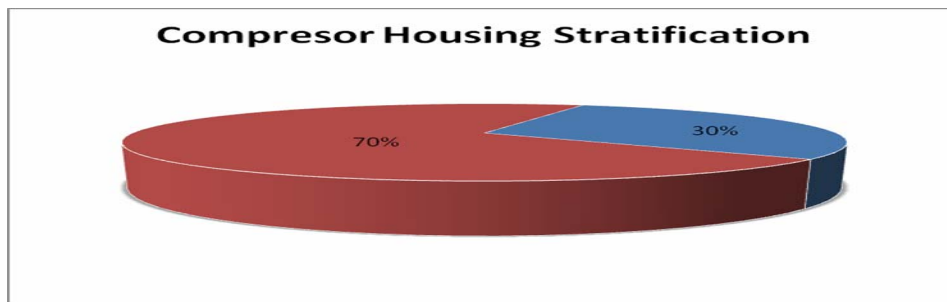


Figura 2. Estratificación de los compresores housing.

¹⁸ DMAMC Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar.

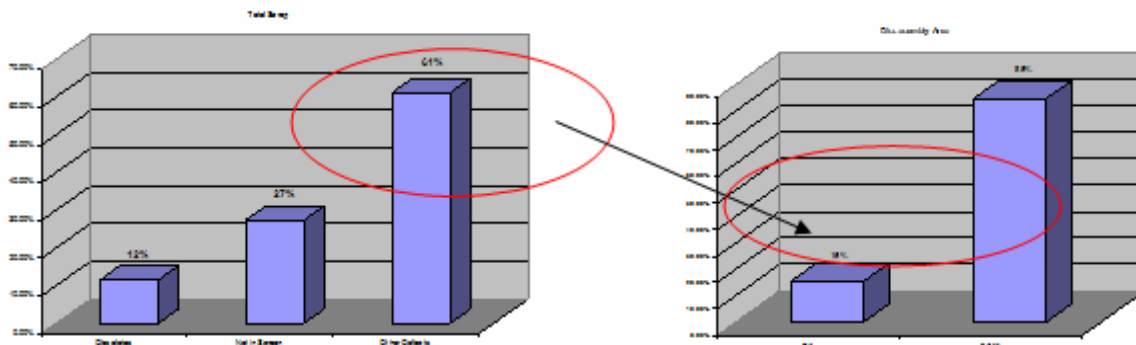


Figura 3. Estratificación de los compresores housing.

Dentro de la recolección de datos, se elabora una línea de base del desensamblado diario de los turbocargadores, con un porcentaje de rendimiento del 15% y 27% como muestra en la tabla 4.11 y 4.12 el porcentaje de rendimiento esta dado por un coeficiente ya establecido por la empresa, en base de datos históricos.

En la tabla 1 nos indica el 15% de rendimiento de piezas buenas al día de 105 compras a un costo promedio por compresores de \$ 75 dólares, hacen un total de \$7,875.00 dólares, es decir, 2520 compras al mes un total \$189,000.00 dólares y 30240 compras al año \$ 2, 268,000.00 dólares, pero si se analiza el scrap encontramos un alto nivel de scrap con un total diario de \$44,625.00 dólares, al año \$12,852,000.00, junto a este análisis el 27% de estos compresores que van al scrap no aparecen en la pantalla esto se transforma en un beneficio anual de \$3,598,560.00 dólares, si se logra disminuir el 14% de los compresores que no aparecen en la pantalla se puede obtener un beneficio de \$1,799,280.00.

| | | | | | | |
|---|------------------------------|------------|-------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Baseline | Costo Promedio por Compresor | | \$75 | | | |
| Desensamblable diario en los tres turnos 700 | % Yield | Día | Mes | Año | | |
| | 0.15 | Buenos Pzs | 105 | 2520 | 30240 | |
| | | Buenos \$ | \$7,875.00 | \$189,000.00 | \$2,268,000.00 | |
| | | Día | Mes | Año | | 27% No en Pantalla |
| | 0.85 | Scrap pzs | 595 | 14280 | 171360 | 68544 |
| | | Scrap \$ | \$44,625.00 | \$1,071,000.00 | \$12,852,000.00 | \$3,598,560.00 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | 14% No en Pantalla | Beneficio Anual | |
| | | | | 34272 | 34272 | |
| | | | | \$1,799,280.00 | \$1,799,280.00 | |
| | | | | \$1,799,280.00 | \$1,799,280.00 | |

Tabla 1. Inicio del proyecto recuperación de los compresores housing. Con eficiencia de 15%

En la tabla 2 nos indica el 27% de rendimiento de piezas buenas al día de 189 compras a un costo promedio por compresor de \$ 75 dólares, hacen un total de \$14,175.00 dólares, es decir, 4536 compras al mes un total \$ 340,200.00 dólares y 54432 compras al año \$ 4,082,400.00 dólares, si se analiza el scrap tenemos un alto nivel de scrap con un total diario de \$ 38,325.00 dólares, al año \$ 11,037,600.00 junto a este análisis el 27% de estos compresores que van al scrap, no aparecen en la pantalla esto se transforma en un beneficio anual de \$ 1,814,400.00 dólares.

| Desensamble diario | % Yield | Día | Mes | Año |
|--------------------|---------|------------|--------------|---------------|
| 700 | 0.27 | Buenos Pzs | 189 | 4536 |
| | | Buenos \$ | \$ 14,175.00 | \$ 340,200.00 |
| | | | | 4,082,400.00 |
| | | | | |
| | | Día | Mes | Año |
| | 0.73 | Scrap pzs | 511 | 12264 |
| | | Scrap \$ | \$ 38,325.00 | \$ 919,800.00 |
| | | | | 11,037,600.00 |
| | | | | |
| | | | | \$ |
| | | | | 1,814,400.00 |

Tabla 2. Inicio del proyecto para la recuperación de los compresores housing. Con una eficiencia 27%

Para analizar a fondo los compresores housing que no aparecen en la pantalla se lleva a cabo un diagrama de Pareto de los componentes de los turbo, el cual constituye un sencillo método gráfico de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las que son menos (los muchos y triviales), la ventaja de utilizar este tipo de diagrama es la de ayudarnos a concentrarnos en las causas que tienen mayor impacto en caso de ser resueltas, nos proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas, y ayuda a evitar que se empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras. Para determinar cuál es la causa clave de un problema, separándola de otras presentes pero menos importantes, contrastar la efectividad de las mejoras obtenidas, comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes, pueden ser así mismo utilizados tanto para investigar efectos como causas, y comunicar fácilmente a otros miembros de la organización.

Los diagramas de Pareto son muy útiles en el análisis de datos de defectos en sistemas de manufactura, la figura 4 nos muestra el diagrama de Pareto de los compresores que no están en la lista de materiales.

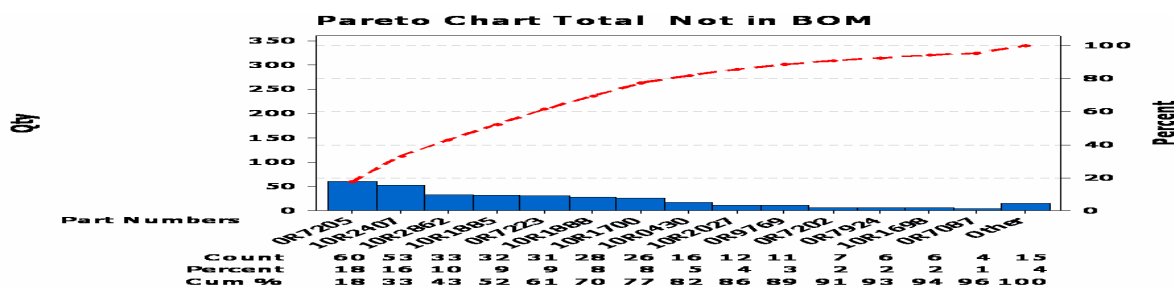


Figura 4. Pareto de los compresores que no están en el bill de materiales del proyecto recuperación de los compresores housing.

Con el diagrama de Pareto¹⁹ se termina la fase de medición en el análisis del proyecto se muestran las fases realizadas hasta este momento que son definición y medición del problema, ver figura 5, las salidas de los elementos claves en la fase de medición son: Recolección de los datos. Estratificación del problema. Inicio de la línea de datos. Medición de los compresores. Cantidad de desecho de los compresores. Próxima fase analizar la oportunidad.

¹⁹ Charles T. Horngren. Srikant M. Datar. George Foster. (2007). Contabilidad de Costos. 12a edición. La perspectiva de procesos de negocios internos: analizando los problemas de calidad y mejorando la calidad. Pág. 664-665. Editorial Pearson Prentice Hall. Mexico.

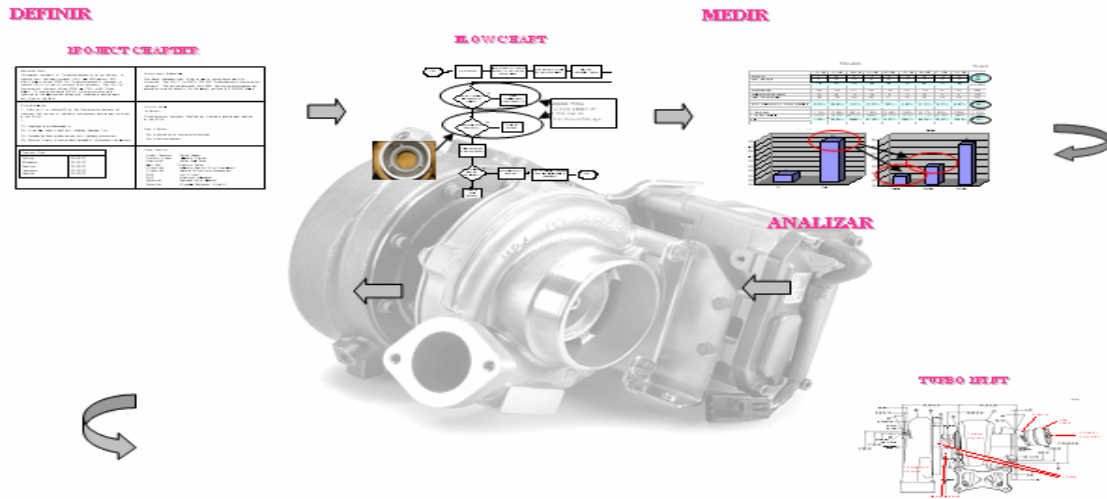


Figura 5. Mural de la fase definir-medir del proyecto de recuperación de compresores

Analizar La Oportunidad.

Objetivo: Estratificar y Analizar los compresores housing para un mejor entendimiento del problema establecido, en las tablas 3, 4 y 5 se muestra el número de turbocargadores y compresores donde se basa el proyecto.

| | Total de compresor |
|----|--------------------|
| 1 | 447297-9040 |
| 2 | 447297-9041 |
| 3 | 447297-9042 |
| 4 | 447297-9043 |
| 5 | 451963-9023 |
| 6 | 451963-9032 |
| 7 | 704569-9003 |
| 8 | 704569-9033 |
| 9 | 704606-9016 |
| 10 | 705696-0037 |
| 11 | 709557-9002 |
| 12 | 709557-9005 |
| 13 | 726692-9014 |
| 14 | 741143-9002 |
| 15 | 742431-9001 |
| 16 | 742865-9002 |
| 17 | 743498-9001 |
| 18 | 754056-9001 |

| PARA DE TURBOCARGADOR COMPRESOR | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|
| # | COMPRESOR | TURBO | COMPRESOR | TURBO | COMPRESOR | TURBO | COMPRESOR | TURBO | COMPRESOR | TURBO | COMPRESOR |
| 1 | 447297-9040 | 0R7068 | 447297-9040 | 0R7068 | 447297-9040 | 0R7068 | 447297-9040 | 0R7068 | 447297-9040 | 0R7068 | 447297-9040 |
| 2 | 447297-9041 | 0R7087 | 447297-9041 | 0R7087 | 447297-9041 | 0R7087 | 447297-9041 | 0R7087 | 447297-9041 | 0R7087 | 447297-9041 |
| 3 | 447297-9042 | 0R7201 | 447297-9042 | 0R7201 | 447297-9042 | 0R7201 | 447297-9042 | 0R7201 | 447297-9042 | 0R7201 | 447297-9042 |
| 4 | 447297-9043 | 0R7202 | 447297-9043 | 0R7202 | 447297-9043 | 0R7202 | 447297-9043 | 0R7202 | 447297-9043 | 0R7202 | 447297-9043 |
| 5 | 451963-9023 | 0R7204 | 451963-9023 | 0R7204 | 451963-9023 | 0R7204 | 451963-9023 | 0R7204 | 451963-9023 | 0R7204 | 451963-9023 |
| 6 | 451963-9032 | 0R7205 | 451963-9032 | 0R7205 | 451963-9032 | 0R7205 | 451963-9032 | 0R7205 | 451963-9032 | 0R7205 | 451963-9032 |
| 7 | 704569-9003 | 0R7223 | 704569-9003 | 0R7223 | 704569-9003 | 0R7223 | 704569-9003 | 0R7223 | 704569-9003 | 0R7223 | 704569-9003 |
| 8 | 704569-9033 | 0R7693 | 704569-9033 | 0R7693 | 704569-9033 | 0R7693 | 704569-9033 | 0R7693 | 704569-9033 | 0R7693 | 704569-9033 |
| 9 | 704606-9016 | 0R7924 | 704606-9016 | 0R7924 | 704606-9016 | 0R7924 | 704606-9016 | 0R7924 | 704606-9016 | 0R7924 | 704606-9016 |
| 10 | 705696-0037 | 0R9769 | 705696-0037 | 0R9769 | 705696-0037 | 0R9769 | 705696-0037 | 0R9769 | 705696-0037 | 0R9769 | 705696-0037 |
| 11 | 709557-9002 | 10R0430 | 709557-9002 | 10R0430 | 709557-9002 | 10R0430 | 709557-9002 | 10R0430 | 709557-9002 | 10R0430 | 709557-9002 |
| 12 | 709557-9005 | 10R1053 | 709557-9005 | 10R1053 | 709557-9005 | 10R1053 | 709557-9005 | 10R1053 | 709557-9005 | 10R1053 | 709557-9005 |
| 13 | 726692-9014 | 10R1054 | 726692-9014 | 10R1054 | 726692-9014 | 10R1054 | 726692-9014 | 10R1054 | 726692-9014 | 10R1054 | 726692-9014 |
| 14 | 741143-9002 | 10R1055 | 741143-9002 | 10R1055 | 741143-9002 | 10R1055 | 741143-9002 | 10R1055 | 741143-9002 | 10R1055 | 741143-9002 |
| 15 | 742431-9001 | 10R1698 | 742431-9001 | 10R1698 | 742431-9001 | 10R1698 | 742431-9001 | 10R1698 | 742431-9001 | 10R1698 | 742431-9001 |
| 16 | 742865-9002 | 10R1700 | 742865-9002 | 10R1700 | 742865-9002 | 10R1700 | 742865-9002 | 10R1700 | 742865-9002 | 10R1700 | 742865-9002 |
| 17 | 743498-9001 | 10R1885 | 743498-9001 | 10R1885 | 743498-9001 | 10R1885 | 743498-9001 | 10R1885 | 743498-9001 | 10R1885 | 743498-9001 |
| 18 | 754056-9001 | 10R1888 | 754056-9001 | 10R1888 | 754056-9001 | 10R1888 | 754056-9001 | 10R1888 | 754056-9001 | 10R1888 | 754056-9001 |

Tabla 4. Números de Compresores a analizar.

Tabla 3. Números de turbocargadores y Compresores a analizar.

Tabla 5. Números de Compresores a analizar.

| # Turbo | # Compresor |
|---------|-------------|
| 0R7068 | 447297-9040 |
| 0R7087 | 447297-9043 |
| 0R7201 | 447297-9043 |
| 0R7202 | 447297-9043 |
| 0R7204 | 447297-9043 |
| 0R7205 | 447297-9042 |
| 0R7223 | 447297-9042 |
| 0R7693 | 451963-9032 |
| 0R7924 | 704606-9016 |
| 0R9769 | 447297-9041 |
| 10R0430 | 709557-9002 |
| 10R1053 | 451963-9023 |
| 10R1054 | 451963-9023 |
| 10R1055 | 451963-9023 |
| 10R1698 | 705696-0037 |
| 10R1700 | 726692-9014 |
| 10R1885 | 709557-9005 |
| 10R1888 | 741143-9002 |
| 10R2027 | 742865-9002 |
| 10R2407 | 743498-9001 |
| 10R2862 | 742431-9001 |
| 10R3284 | 754056-9001 |
| 0R7923 | 704569-9033 |

En la tabla 3 se especifica los números de turbocargadores donde existen compresores que no están en la lista de materiales, también es de mencionar que algunos de los turbocargadores tienen los mismos compresores housing, en la tabla 4 y 5 se concentran únicamente en los números de compresores que no aparecen en la lista de materiales.

Nos concentramos en trabajar solamente con los 18 compresores housing, para esto se utiliza una de las herramientas de salida al analizar estos compresores, la realización un diagrama de Pareto ver

la Figura 5 y 6 donde se ve un poco más claro el porcentaje de problemas de los compresores en el mes de marzo en área de desensamble y los compresores que no aparecen en la lista de materiales esto nos da el alcance en el proyecto.

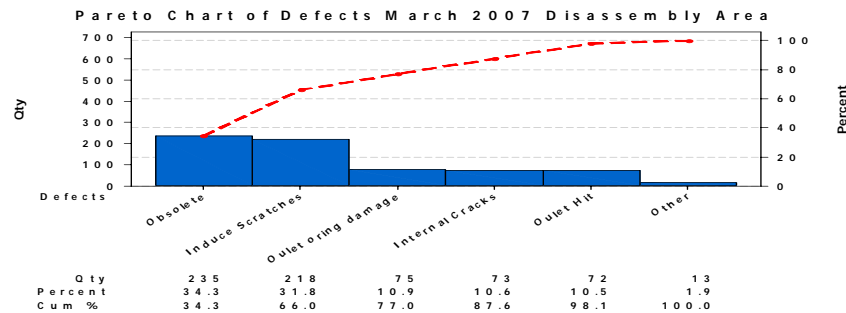


Figura 5. Pareto de números de compresores con defectos en el área de desensamble.

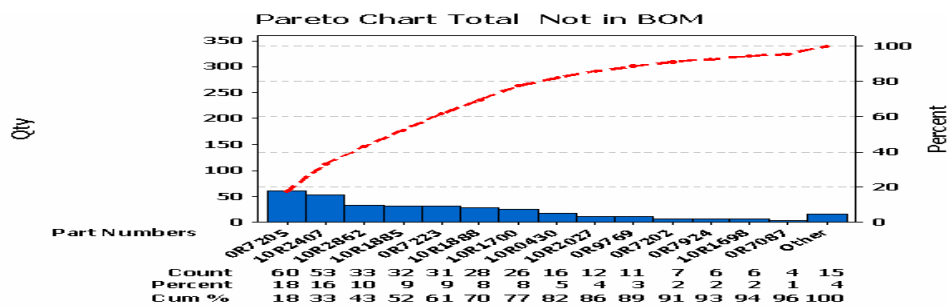


Figura 6. Pareto de números de turbos que no aparecen en la pantalla.

Después de analizar el diagrama de Pareto se pueden ver las especificaciones de cada uno de los turbos y las especificaciones del compresor housing, en el área de desensamble, esto sirve para ir localizando la causa-raíz, del problema en específico.

Se llevara a cabo el análisis del porque en el problema con el equipo del proyecto, para esto se conformó un diagrama de los 5 porqués, que nos sirve para identificar la ruta de las causas-raíz, Ver Figura 5 nos muestra en donde se describe el problema vital del porque o causa que origino el nivel de desecho de los compresores.

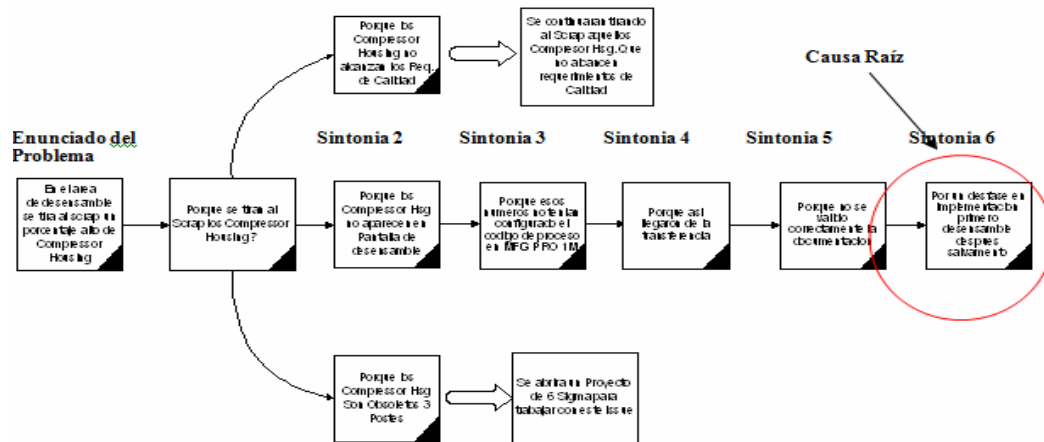


Figura 7. De los 5 porqués de la causa raíz proceso del compresor housing remanufacturado.

La causa del problema en los compresores housing fue porque llegaron de esa forma al realizar la transferencia del proceso, y porque no se validó correctamente la documentación, y porque no se validó correctamente, la respuesta es que hubo un desfase en la implementación de los procesos primero fue el área de desensamble y después el área de salvamento, esto fue la causa- raíz del problema.

A continuación se presentará un mural donde se muestran las fases realizadas en definir, medir, analizar, ver la figura 8, donde se observara las salidas de la tercera fase y las mejoras que se van dando en cada etapa, las salidas que arrojaron la fase 3 analizar son: Numero de compresores a analizar. Diagramas de estratificación de compresores. Diagramas de Pareto. Causa – Raíz del problema. Próxima fase Mejorar.

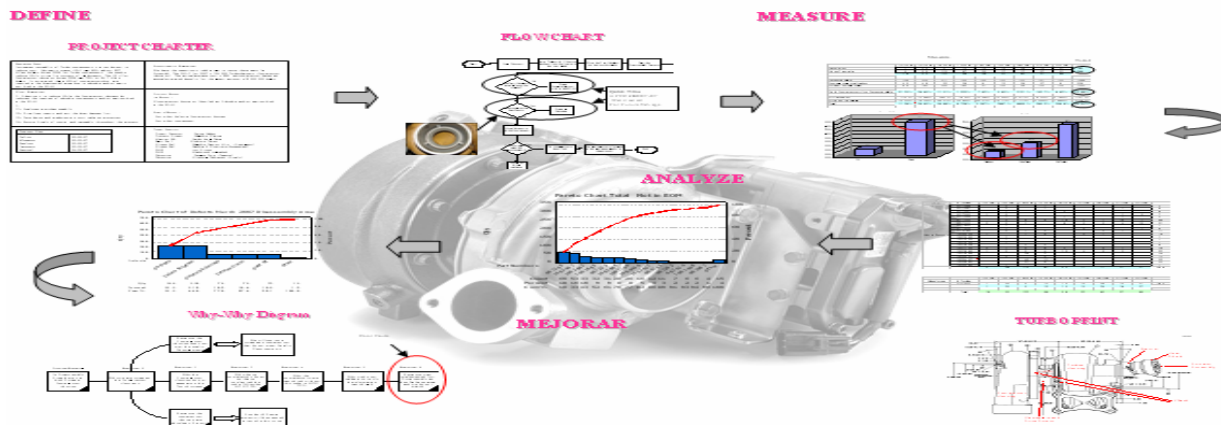


Figura 8. Mural de la fase definir-medir-analizar del proyecto recuperación de compresores

Mejorar la oportunidad.

Objetivo.- Significa evaluar y seleccionar la posible solución correcta para desarrollar los cambios manejados apropiadamente y aprobados por la organización en la adaptación de la introducción de los cambios a través de la implementación de la solución. Las actividades a desarrollar, es la solución de ideas generadas, determinación del impacto en la solución estamos hablando de los beneficios, y el desarrollo del mapeo del proceso nuevo a implementar.

Para seleccionar la posible solución en el proyecto de recuperación de compresores housing el equipo de trabajo realizó una junta donde cada uno de los integrantes mencionó las posibles soluciones al problema,

sin dejar de mencionar las fases anteriores que nos ayudaron a mejorar el proceso de recuperación de los compresores housing, para la realización de la mejora se hizo lo siguiente: Se cambió en el programa computacional de la empresa (software) MFG Pro el código x (Scrap) por el de código M (proceso) para los primeros 18 compresores housing. Véase la figura 7 y figura 8 donde se introduce el número de turbocargador, para que nos arroje los componentes que tienen proceso de salvado.

Al realizar este movimiento evitamos que los compresores housing en el área de desensamble fueran desecho. Para realizar los cambios en el paquete computacional es necesario llenar una serie de requisitos que tienen que ser evaluados por la gerencia de algunos departamentos tales como: ingeniería, producción, control de calidad, gerencia general.

Después de la mejora, los compresores se están almacenando para futuro salvamento y para darle proceso de remanufactura y de allí al área de ensamble del turbocargador, esto nos ayuda a disminuir en un 100% los niveles de desecho, con la mejora realizada fue necesario modificar el diagrama de flujo del desensamble de turbocargadores.

Se presentará un mural donde se muestran las fases realizadas, además se pueden observar las salidas de la cuarta fase y las mejoras que se dieron en esta etapa, ver figura 9 y las salidas son: Cambio de código en pantalla de MFG Pro el código X (Scrap) por el código M (Process) para los 18 Compresor housing.

Mejorar el diagrama del proceso en área de desensamble.



Figura 9. Mural de las fases definir, medir, analizar y mejorar el proceso del compresor housing en el área de desensamble

Controlar la oportunidad.

Objetivo. Es la fase final de proyecto donde se observaran los beneficios que contrajo el proyecto de recuperación de los compresores housing en el área de desensamble como un componente de los turbocargadores. En la tabla 6 se muestran los primeros beneficios del proyecto mediante la metodología de seis sigma durante la primera quincena de marzo de 2007.

Benefits

| | | 9 to 28 March 2007 | | | | | |
|-----------|--------------------|--------------------|-------------------|---------------|---------|----------------|---------------|
| | Compressor Hsg | Qty in Sequencer | Cost/Unit (Reman) | Total | | Future Salvage | Total |
| | 447297-9040 | 2 | \$ 137.48 | \$ 274.96 | | 0 | \$ - |
| | 447297-9041 | 16 | \$ 94.62 | \$ 1,513.92 | | 0 | \$ - |
| | 447297-9042 | 15 | \$ 87.30 | \$ 1,309.50 | | 36 | \$ 3,142.80 |
| | 447297-9043 | 2 | \$ 91.27 | \$ 182.54 | | 11 | \$ 1,003.97 |
| | 451963-9023 | 43 | \$ 37.22 | \$ 1,600.46 | | 5 | \$ 186.10 |
| | 451963-9024 | 5 | \$ 52.27 | \$ 261.35 | | 0 | \$ - |
| | 451963-9032 | 25 | \$ 52.27 | \$ 1,306.75 | | 0 | \$ - |
| | 704569-9033 | 78 | \$ 49.83 | \$ 3,886.74 | | 92 | \$ 4,594.36 |
| | 704606-9016 | 8 | \$ 100.73 | \$ 805.84 | | 5 | \$ 503.65 |
| | 709557-9002 | 35 | \$ 135.83 | \$ 4,754.05 | | 3 | \$ 407.49 |
| | 709557-9005 | 33 | \$ 127.26 | \$ 4,199.98 | | 2 | \$ 254.52 |
| | 726692-9014 | 39 | \$ 145.68 | \$ 5,681.52 | | 0 | \$ - |
| | 741143-9002 | 15 | \$ 40.41 | \$ 606.15 | | 0 | \$ - |
| | 742431-9001 | 14 | \$ 29.04 | \$ 406.56 | | 1 | \$ 29.04 |
| | 742865-9002 | 4 | \$ 27.91 | \$ 111.64 | | 0 | \$ - |
| | 743498-9001 | 33 | \$ 31.77 | \$ 1,048.41 | | 0 | \$ - |
| | 754056-9001 | 5 | \$ 95.42 | \$ 477.10 | | 0 | \$ - |
| nuevo | 717391-9003 | | | | | | |
| nuevo | 451963-9045 | | | | | | |
| | | 372 | | \$ 29,427.07 | 13 days | 155 | \$ 10,111.93 |
| | | | | \$ 43,733.00 | Month | | \$ 15,555.38 |
| | | | | \$ 524,796.00 | Year | | \$ 186,664.56 |
| | | | | Level I | | | |
| Avg March | Disassembly 313 | | | | | | |

Tabla 6. Beneficios del proyecto recuperación del compresor housing en el área de desensamble

Los beneficios del proyecto de recuperación de los compresores housing en el área de desensamble, mostrados en la tabla anterior se ve como los números de los compresores que se analizaron dentro del proyecto ahora ya están en el almacén de compresores esto significa que no se desechan.

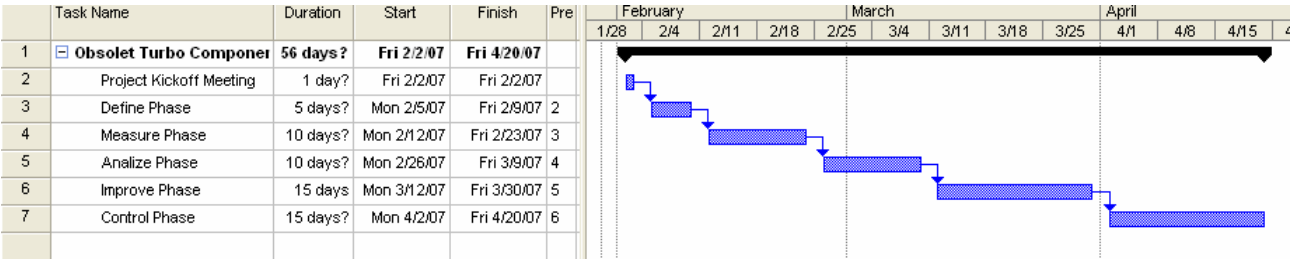
El sequencer es un almacén de compresores ya remanufacturados donde están listos para ir al área de ensamble de los turbocargadores, cuando el área de producción lo requiera. En la fase de control del proyecto de investigación es necesario tener en cuenta la realización de las etapas. Asegurarse de que estos compresores completen el proceso hasta el sequencer. Hecho. Entrenar a la gente. Hecho. Asegurarse que estén disponibles las herramientas Hecho. Revisión del actual NPI del proceso y asegurarse que esta causa-raíz no vuelva a ocurrir en el futuro, Para esto es necesario ver la planificación del proyecto de recuperación de los compresores housing en el área de desensamble como un componente del turbocargador. Hecho. Analizar si tiene alguna replica en otros componentes del turbocargador. Hecho. Entregar el proceso al dueño, Esto se realiza por medio de una presentación donde asisten todos los involucrados con el proyecto e indicando las mejoras a realizar para disminuir el nivel de desecho de los compresores en el área de desensamble, las ganancias rápidas, los beneficios, y como se llevara a cabo el control de estos beneficios, cuando el dueño del proceso lo valida, se pasa un informe. Hecho. Documentar las lecciones aprendidas Hecho.

Lecciones aprendidas.

1. En futuras introducciones de nuevas partes usadas, tenemos que validar las concordancias del sistema de información entre el área de desensamble y el área de salvamento, para asegurarnos que tengan un proceso para salvar cualquier componente del turbocargador.
2. Los operadores del área de desensamble se comunicarán con su supervisor o con el black belt, cuando algún componente no aparece en la pantalla.

Diagrama de Gantt: sirve de herramienta para mostrar tanto la cantidad de tiempo empleado en el proyecto en el inicio y término del proyecto, a su vez nos ayuda a darle seguimiento a la programación

actual, de manera que se noten fácilmente las diferencias entre el inicio. En la tabla 7 muestra las fases de planeación del proyecto y las fechas reales del cierre del mismo.



| Planeación del proyecto. | |
|--------------------------|-----------|
| Definir. | 02/09/07. |
| Medir. | 02/23/07. |
| Analizar. | 03/09/07. |
| Mejorar. | 03/30/07. |
| Controlar. | 04/20/07. |

| Real Close Date | |
|-----------------|-------------|
| 02/09/07 | ON TIME |
| 02/23/07 | ON TIME |
| 03/02/07 | Before Time |
| 03/09/07 | Before Time |
| 03/30/07 | Before Time |

Tabla 7. Fechas de termino del proyecto de recuperación del compresor housing en área de desensamblaje

Se presentará un mural donde se muestran las fases realizadas en las cinco etapas, las salidas de la fase y las mejoras que se dieron, ver la figura 10 la cual muestra los resultados que arrojaron la fase 5 de control. Mostrar los beneficios. Lecciones aprendidas.

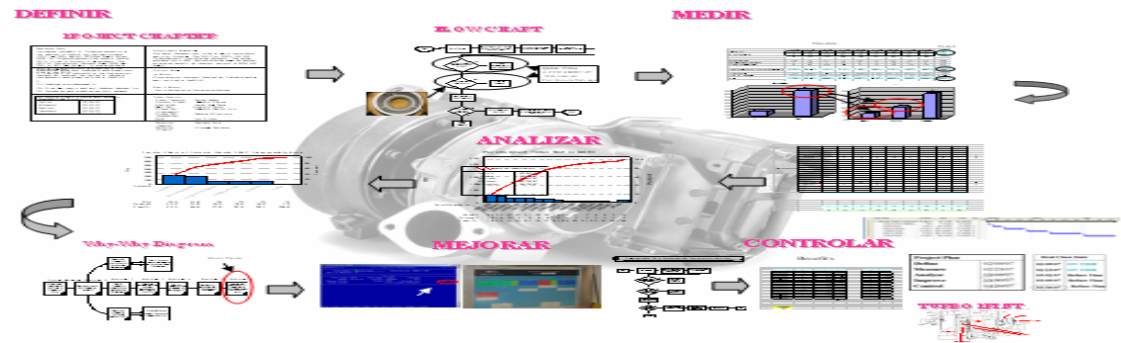


Figura 10. Mural de las fases Definir-Medir-Analizar-Mejorar –Controlar en el proceso del compresor housing en el área de desensamblaje

En la fase de cierre del proyecto. Es necesario subir el proyecto terminado al etracker de la empresa, donde se enviará los beneficios y las mejoras en el flujo el producto. Para realizar este paso es necesario abrir una página de Internet, donde se introduce una clave del black belt donde se sube la información recabada por el proyecto de recuperación de los compresores del área de desensamblaje como componente de los turbocargadores.

Los lineamientos que se describen son los siguientes:

1. Cerrar el proyecto los pasos siguientes.

- Análisis que mediste que descubriste que herramientas utilizaste del proyecto de recuperación de los compresores housing en el área de desensamble como componente del turbocargador.
- Mejorar es tu solución para una réplica de seis sigma.
- Diagrama de flujo diagrama de mejora.
- Análisis del problema.
- Control del sistema del proceso.
- Comunicación plan.
- Implementación del plan de trabajo.
- Registro de los beneficios.
- Replica de oportunidades.
- Y con esto se cierra el proyecto de la recuperación de los compresores housing como un componente de los turbocargadores en el área de desensamble.

Resultados.

Una vez obtenidos los análisis del nivel de desperdicios, en éste capítulo se presentan las explicaciones de los resultados de éstos, se realizó un análisis integral de la información. Se presenta una explicación de las salidas en cada una de las fases que resultaron significativas en esta investigación de tesis, así como de la forma en que se validó los resultados obtenidos, y con ello, la metodología de seis sigma como elemento de influencia en el proceso de la reducción del nivel de desperdicio en los compresores housing en el área de desensamble. Además de la explicación de los resultados encontrados, también se expresan las principales consideraciones en relación a: las limitaciones que enmarcan ésta investigación, las contribuciones que ésta aporta, y las propuestas de nuevas investigaciones que se visualicen a partir de los resultados de la presente.

Discusión de los resultados.

Los resultados obtenidos en la reducción del nivel de desperdicio fueron satisfactorios porque del 27% de los compresores obsoletos que se enviaban al scrap se recuperan el 100% de ellos con la mejora implementada en la pantalla del área de desensamble, se logra mejorar el diagrama del proceso del desensamble de los turbocargadores. Esto nos da una referencia eficaz aplicación de la metodología de seis sigma.

Impactos logrados.

Los impactos más relevante dentro del proyecto fue encontrar la causa-raíz del problema analizar en la recuperación de los compresores housing en el área de desensamble y los beneficios logrados en las piezas salvadas y las piezas en el sequencer como lo muestra la tabla 8 siguiente.

| Baseline | Average Cost by Compressor Housing | | | | \$60 | | |
|--------------------|------------------------------------|------------|--|--------------|------------------|-----------------|-----------------------|
| Dyssassembly daily | % Yield | | | Day | Month | Year | |
| 700 | 0.15 | Buenos Pzs | | 105 | 2100 | 25200 | |
| | | Buenos \$ | | \$ 6,300.00 | \$ 126,000.00 | \$ 1,512,000.00 | |
| | | | | Day | Month | Year | Actual |
| | 0.85 | Scrap pzs | | 595 | 11900 | 142800 | 27% Not in Screen |
| | | Scrap \$ | | \$ 35,700.00 | \$ 714,000.00 | \$ 8,568,000.00 | \$ 2,313,360.00 |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | Pzs in Salvage | 26989.2 | |
| | | | | | | \$1,619,352 | |
| | | | | | | | |
| | | | | | Pzs in Sequencer | 16194 | 67 |
| | | | | | | \$971,611 | \$ 80,967.60 \$ Month |

Tabla 8. Impactos logrados en el proyecto reducción del compresor housing en el área de desensamble

Contribuciones.

La principal contribución de esta investigación es la aplicación de la metodología de seis sigma, con esta técnica se busca reducir los niveles de desperdicio en los compresores housing en el área de desensamble. Así, como reducir los números de compresores nuevos usados para la remanufactura de los turbocargadores, esto significa la reducción de costos de los componentes. Y con esta investigación se cumple otro objetivo la réplica del proyecto en otros componentes para evitar el desperdicio de los componentes del tubo y poder usar nuevamente todos los componentes pero remanufacturados.

Conclusiones:

La aportación más importante en esta investigación es la de reducir los niveles de desperdicio en los compresores housing en el área de desensamble de turbocargadores y la mejora en los diagramas de procesos para la empresa, ya que proporciona una idea más clara estructura para manejar mejor los proceso.

En esta investigación, basado en la aplicación de la metodología de seis sigma, como una técnica de control de la calidad para reducir el nivel de desperdicios de los compresores housing en el área de desensamble, la variabilidad en los procesos, los desfases de áreas, y el no estar preparados para un cambio de modelo en cualquier componente del turbocargador influyen en la posibilidad de elevar el nivel de desperdicio en las áreas afectadas. Al lograr la implementación y el dominio de la metodología de seis sigma para la empresa, representará para la empresa local exportadora y no exportadora mejorar la posibilidad de éxito, mejorar la eficiencia y competitividad en el proceso de remanufactura.

Recomendaciones.

1. En el futuro en la introducción de nuevas partes, se debe de validar la concordancia en el sistema de información con las áreas de desensamble y salvamento para asegurarse que tenga un proceso, esto aplica a cualquier componente del turbocargador.
2. Los operadores del área de desensamble deberán de comunicar al supervisor cuando algún componente no aparece en la pantalla al introducir el numero de turbocargador.

Bibliografía

1. Aapo Hyvarinen (1993), "Independent Component análisis", Primera Edición, Edit, Prentice Hall.
2. Andrew Charles, Jackson Steve, & Kittman Lawrence; (2001), Quality Management for industrial process; encontrado en: <http://www.qualitymanagement.usa.edu>; 2001.
3. Anand M. Joglekar (1998), "Statistical methods for six sigma: in R&D and manufacturing", Segunda edición, edit. Princeton.
4. Antony J, Kumar M, Cho B . (2007). "Six sigma in service organizations: Benefits, challenges and difficulties, common myths, empirical observations and success factors" .International Journal of Quality & Reliability Management. Vol. 24 No. 3, p. 294-311.
5. Asociación de Maquiladoras de Mexicali (AMAQ), (2001), Información del Departamento de Estadística, 2001.
6. Charles T. Horngren. Srikant M. Datar. George Foster. (2007). Contabilidad de Costos. 12a edición. La perspectiva de procesos de negocios internos: analizando los problemas de calidad y mejorando la calidad. Pág. 664-665. Editorial Pearson Prentice Hall. México.
7. Chowdhury, Subir (2001), "El Poder de Seis Sigma", Edit. Prentice Hall.\ 2ª edición. México.
8. Entrevistas con empleados administrativos de las siguientes empresas: Caterpillar, Coca-Cola, Empresas-BIMBO, KENMEX (Kenworth Mexicana), 2001.
9. Eckes G .(2001). The Six sigma revolution: How GE and Others turned process into profits. 1era edición. Canadá. Jhon Wiley & Sons. ISBN:0-471-38822-X
10. Forest W. Breyfogle & James Cupello(1990), " Managing six sigma: a practical guide to understanding, assessing, and implementing the strategy that yields bottom-line success", Primera edición, Edit. Hannover.
11. Gerry Johnson.Kevan Scholes.Richard Whittington. (2006). Dirección estratégica. 7a edición. Sostenibilidad de la ventaja competitiva. Pag. 252,253.Pearson Prentice Hall. Madrid España.
12. Harry Mikel , Schoeder Richard; (2000), Six Sigma. The breakthrough Management Strategy; Mc Graw Hill Editorial; 2000.
13. Hellriegel Don. Jackson Susan E. Slocum Jhon W Jr.(2005) Administración un enfoque basado en competencias. 10ª edición. Cap. 2 la evolución de la administración. Pág. 58 Ed. International Thomson. Editores. México.
14. Hernández Contreras, Fernando (2006) Propuesta de un modelo integral de competitividad económica para las empresas del municipio de Nuevo Laredo Tesis doctoral accesible a texto completo en <http://www.eumed.net/tesis/2006/fhc/>.
15. Hernández Contreras Fernando (2007) El Reto del Desarrollo en Nuevo Laredo, Editores Plaza y Valdés, Madrid España.
16. Ingwer Borg (1990), "Modern Multidimensional Scaling: Theory and Applications (Springer Series in Statistics", Segunda Edición, Edit. Blue Mountain.
17. Jack B. ReVelle (1998), "The QFD Handbook", Segunda Edición, Edit. Prentice Hall.
18. Maya Héctor, Rodríguez-Salazar Jesús, Rojas Julieta, Zazueta Guillermo; (1996), Estrategias de Manufactura aplicando la metodología Six-Sigma; Editorial Oceánica.
19. Meter Pande, Robert P. Neuman (2002), "Las Claves de Seis Sigma", Edit. Prentice Hall.
20. Michael L. George (2002), "Lean Six Sigma for Service: How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Service and Transactions", Quinta Edición, Edit. Mc Graw Hill.
21. Mikel PHD Harry & Richar Schroedder (1995), "Six Sigma, The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World's Top Corporation", Segunda Edición. Hanover.
22. Muñoz Negrón David. Hernández Sergio. (2006). Introducción a la Ingeniería un enfoque industrial. Pag. 89. Editorial International Thomson . México.

23. Navarro Marco Aurelio y Pariente José Luis. (2004) Tamaulipas Los retos del desarrollo. Colección Misión XXI Editorial Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria Tamaulipas
24. R. Ayuntamiento de Nuevo Laredo. (2010). Inversión y Desarrollo. Accesado el día 2 de julio de 2010. <http://www.nuevolaredo.gob.mx/inversion/index.php>
25. Ramírez Padilla David Noel. (2008). Contabilidad Administrativa. 8a. edición. Modelo cero defectos. Pág. 140. Editorial Mc. Graw Hill. México.
26. Reyes Aguilar Primitivo. (2002). Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. Revista Contaduría y Administración. No. 205. Pag. 63. Abril-junio 2002.
27. Robertson David & Smith Hanniel; (2001), Six-Sigma Methodology applied to industrial process; encontrado en: <http://www.industrialprocess.service.usa.com>; 2001.
28. Steve, Morrinson George (1991), The Introduction to Six-Sigma Methodology; Brown; Editorial Trillas; 1991.
29. Thomas Pyzdek (1997), "The Six Sigma Handbook: The Complete Guide for Greenbelts, Blackbelts, and Managers at All Levels", Edición expandida y revisada. Edit. Harvard.
30. Thompson/Strickland.(2004). Administración Estratégica. 13ª edición. Cap. 1 El proceso de la administración estratégica. Pág. 13 Ed. Mc Graw Hill México.
31. Trevor F. Cox, Michael A, A. Cox, Trevor F. Cox. (2001), "Multidimensional Scaling", Segunda Edición, Edit. Hanover.