



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

# DESARROLLO DE FASE DE MEJORA DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN UNA EMPRESA METAL- MECÁNICA

## AUTORES

Candidata a Maestra en Ingeniería Administrativa

Ing. Jocelyn Hernandez Rojas

[jocelyn\\_h\\_rojas@hotmail.com](mailto:jocelyn_h_rojas@hotmail.com)

Catedrática en Área Posgrado

Dra. Alejandra Torres López

[atorreslo@hotmail.com](mailto:atorreslo@hotmail.com)

**INSTITUCIÓN:** Instituto Tecnológico de Apizaco



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

## Desarrollo de Fase de Mejora de la Metodología DMAIC en una Empresa Metal-Mecánica

Ing. Jocelyn Hernandez Rojas, Dra. Alejandra Torres López

[Área de participación: Ingeniería](#)

### Resumen

Un procedimiento fundamental para cualquier tipo de proceso es determinar soluciones adecuadas de mejora, para ser implementadas una vez que se ha identificado la causa raíz del problema. En el presente trabajo se muestra el desarrollo de la cuarta fase de la metodología DMAIC que corresponde a Improve (Mejora) para lograr la optimización del proceso de aplicación de pintura en polvo en piezas metálicas de una empresa metal-mecánica del Estado de Tlaxcala, para llevar a cabo esto, se parte de los resultados obtenidos en las anteriores etapas de la metodología, que proporcionaron la información necesaria para realizar el ajuste de aquellos parámetros que originan la problemática y de esta manera implementar la mejora en fechas posteriores.

**Palabras clave:** Optimización, Mejora, DMAIC.

### Abstract:

An essential procedure for any type of process is to determine the appropriate solution to any given problem, to be implemented once the root of the problem has been identified. Here we can see the development of the fourth phase



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

of the DMAIC methodology that corresponds to Improve and achieve optimization of the process of applying powder paint on metal parts at a metalworking company in the state of Tlaxcala. To accomplish this it is necessary to analyze the obtained results in previous stages of the methodology, which provided the necessary information to perform the adjustment of those parameters that caused the problem and implementing thereby improving subsequent dates.

**Keywords:** Optimization, Improvement, DMAIC.

### I. INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de cualquier compañía es llevar la calidad hasta niveles próximos a la perfección con la finalidad de proporcionar procesos confiables y de clase mundial, comenta Miranda (2006) para que una empresa a través de sus recursos humanos y materiales mejore su productividad, elabore productos de buena calidad y alcance una posición competitiva en el mercado tanto interno como externo, es fundamental que los dueños, accionistas y/o directores generales (alta dirección) estén convencidos, comprometidos y sobre todo involucrados para que participen activamente en su implantación, sin olvidar tomar en cuenta las variaciones de los procesos. La variabilidad es una medida de la calidad de un producto o proceso. La estrategia general es hacer el producto más robusto a las variaciones del material y proceso de manufactura. Ajustar los parámetros críticos, mediante tolerancias adecuadas y relajar otras, manifiesta Figuera (2006). Para que exista calidad en un proceso es necesario eliminar la variabilidad de los mismos es por esta razón que para lograrlo se implementan herramientas como Six Sigma que es una metodología de calidad que elimina defectos en los procesos y productos con el objetivo de disminuir los costos y el tiempo de ciclo, mejorar la calidad y la satisfacción del cliente. La empresa metal-mecánica que se analiza en este trabajo presenta una problemática de excedente



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

de pintura en polvo en las piezas metálicas que fabrica, cabe mencionar que como antecedente a esta etapa de la metodología DMAIC se llevaron a cabo las tres primeras fases de Definición, Medición y Análisis, la cuarta fase se desarrolló en el periodo de Abril-Septiembre del presente año, se obtuvo información para establecer las estrategias de mejora que se presentan en este trabajo y posteriormente desarrollar modificaciones al proceso.

## II. METODOLOGÍA

### Conocer el problema

El proceso analizado es la aplicación de pintura en polvo electrostática en piezas metálicas que está conformado por 4 etapas (ver Figura 1), este proceso es llevado a cabo con equipo electrostático el cual consta del centro de mando, depósito de polvo, cabinas con extractores y pistolas.



**Figura 1. Mapeo del proceso de aplicación de pintura electrostática.**  
Fuente: Elaboración propia (2013).

Con la finalidad de tener una visión más amplia y completa del proceso se definieron los elementos del sistema, en especial se identificó quien es el cliente con ayuda del diagrama SIPOC (véase Figura 2).



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635



Figura 2. Diagrama SIPOC del proceso de aplicación de pintura electrostática.

Fuente: Elaboración propia (2013).

Así se determinó que nuestro cliente es el departamento de ensamble y que la parte del proceso que presenta mayor variabilidad o problema es en la operación donde se pintan las piezas metálicas, se identificaron las críticas para la satisfacción CTQ's y los CTC's, como se muestran en el Figura 3, de esta manera se define que el crítico de la calidad a analizar es la fluctuación en el espesor de pintura debido a que mejorando este se logrará tener una disminución en el costo de la pintura. Se procedió a identificar las posibles causas potenciales de dichas variaciones, para lo que se realizó un diagrama de Ishikawa, en donde se representa el problema y sus causas, trasladando el enfoque del síntoma a las causas raíz como se ilustra en la Figura 4.

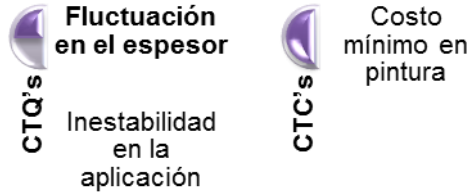


“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635



Capacitación

Figura 3. CTQ's y CTC's del proceso de aplicación de pintura electrostática.

Fuente: Elaboración propia (2013).



Figura 4. Diagrama de Ishikawa para el problema de variación de espesor de pintura.

Fuente: Elaboración propia (2013).

Para tener un contexto más amplio del objetivo que se quiere alcanzar se desarrolló la herramienta de las 5W y 1H como se muestra en la Tabla 1. Para identificar y profundizar en las causas que originan el problema y encontrar, en el mismo nivel de profundidad las soluciones correspondientes se realizó un análisis causal, dejando los resultados mostrados en la Figura 5.

Análisis de datos



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

Se analizaron estadísticamente 9630 datos reales históricos de espesores de pintura en piezas metálicas del año 2012, de las cuales el 40,4% de las piezas metálicas exceden el espesor de pintura en cuanto a la normativa interna de planta (2,5 a 3,5 milésimas de pulgada), en base a la norma ASTM D 1186-01, lo que incrementa el desperdicio de materia prima.

**Tabla 1. Desarrollo de 5 W y 1 H. Fuente: Elaboración propia (2013).**

5 W y 1 H		
<b>What</b>	Qué (objeto)	Desarrollar cuarta fase (Improve/Mejora) de metodología DMAIC
<b>Why</b>	Por qué (propósito)	<p>La empresa necesita mejorar sus procesos operativos para tener mayor ahorro en sus insumos.</p> <p>El área de pintura presenta un desperdicio en su Materia Prima.</p> <p>Desarrollando esta fase se podrá reducir el espesor de pintura electrostática en las piezas.</p> <p>De esta manera se podrá tener un mejor control del proceso.</p>
<b>When</b>	Cuándo (tiempo, secuencia)	<p>Se analizaron datos de la temporada 2012.</p> <p>Se desarrollaron las primeras tres etapas de Abril-Septiembre de 2013.</p> <p>La etapa de mejora se desarrolló de Septiembre-Noviembre de 2013.</p> <p>La última y quinta etapa se implementará en Enero –Abril de 2014.</p>
<b>Who</b>	Quién (persona)	<p>Analistas: Jocelyn Hernandez Rojas y Alejandra Torres López</p> <p>3 pintores</p> <p>Coordinador de Área de Pintura</p> <p>Gerente de Manufactura</p>



# “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

<b>Where</b>	Dónde (área)	Departamento de Pintura
<b>How</b>	Cómo (método)	<p>Desarrollar un diagrama de Análisis Causal tomando en cuenta la información generada del diagrama de Espina de Pescado.</p> <p>Determinar cuáles son los factores que tendrían mayor impacto al mejorarlos.</p> <p>Definir la mejora de esos factores.</p>

Posteriormente se determinó la capacidad del proceso, donde se observó que este es impreciso ya que muestra una distribución ampliamente dispersa, donde la media es superior al objetivo y que los extremos caen fuera de los límites de especificación, ver Gráfica 1.

## Desarrollar soluciones

En esta parte se plantean a través de lluvia de ideas las posibles soluciones que incidirán significativamente en la eliminación de las causas raíces que se presentan en la Tabla 2. Para la ponderación de las causas se consideró la opinión de los operadores y el encargado del área de pintura, además del gerente de manufactura y se acordó aplicar las soluciones planteadas para aquellas causas que tienen una ponderación de 0.15, que son las críticas. Para llevar a cabo el plan de acción acuerdo a las soluciones encontradas se determinó el siguiente plan de acción:

1. Desarrollar un programa de capacitación: Determinando la técnica de pintado adecuada para las piezas, tomando en cuentas su tamaño, forma, la presión del aire y la velocidad de la cadena transportadora, pistolas (fluidización y aire de inyección), la carga electrostática (voltaje), la orientación de las pistolas y la distribución del polvo, son algunos de los



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

factores más importantes que influyen en la aplicación eficiente de la pintura.

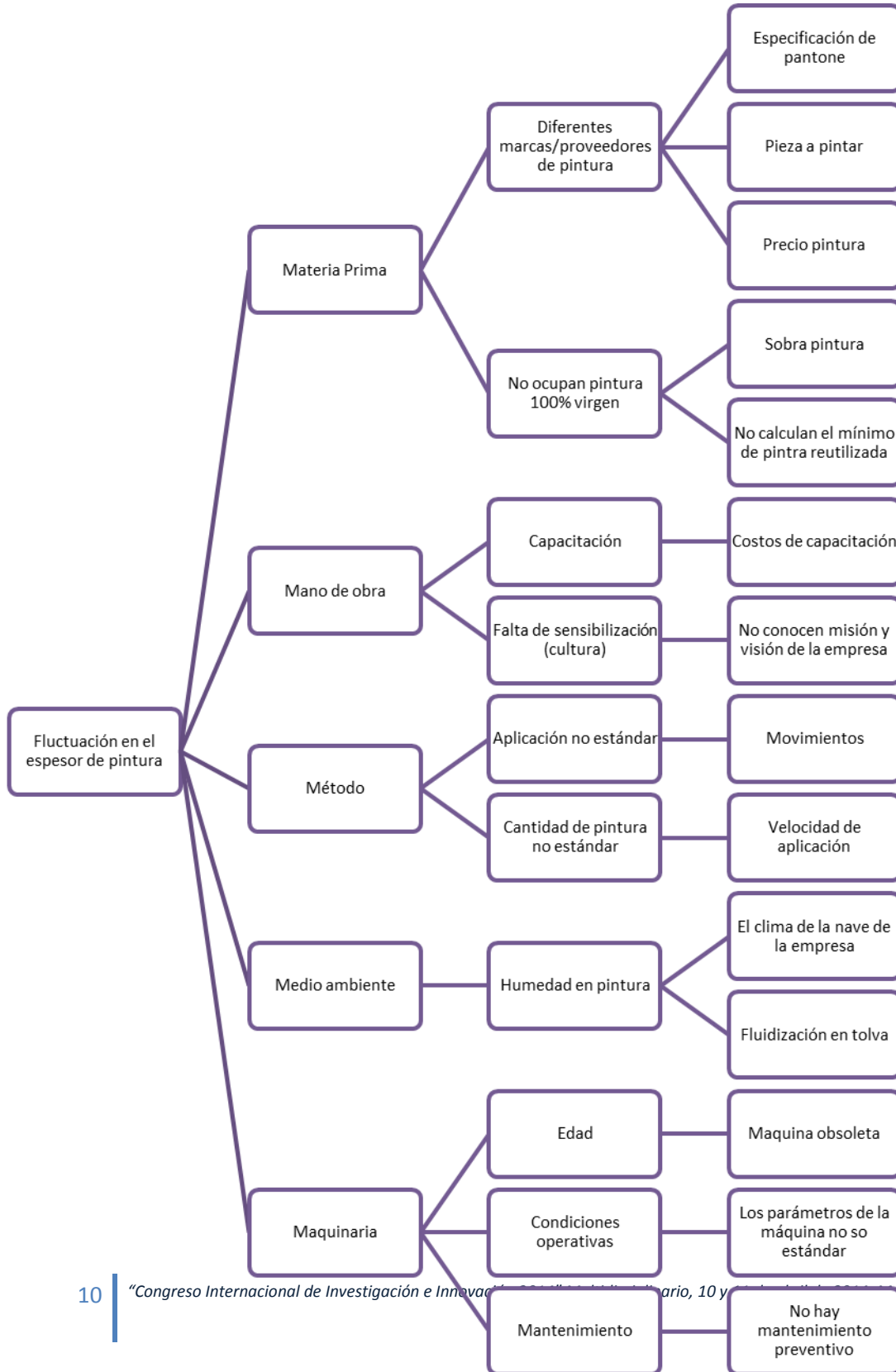


“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635





# “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

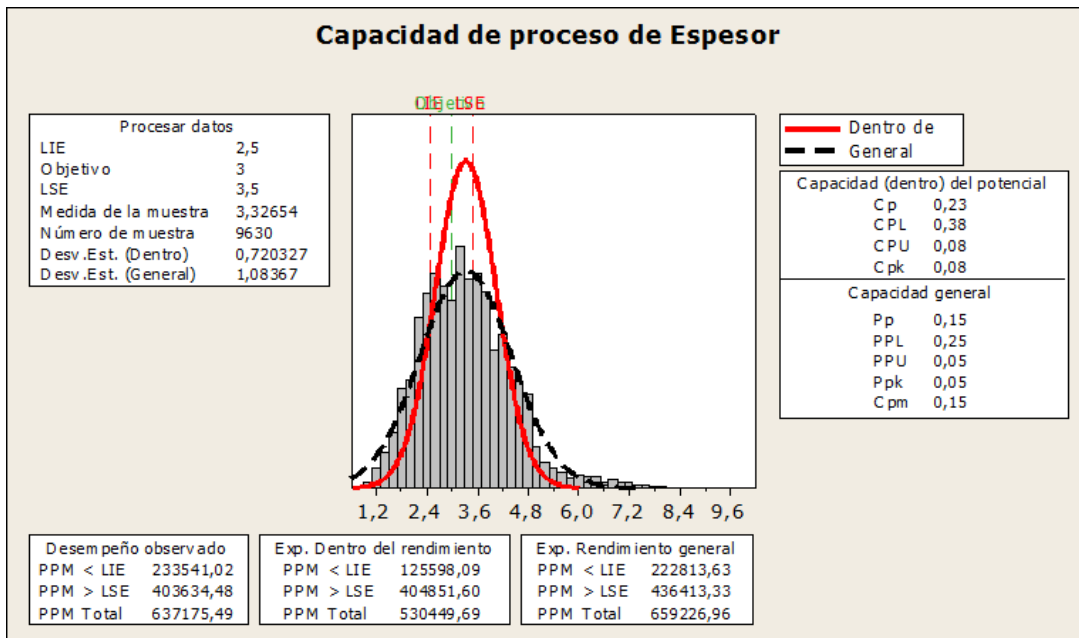
Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

**Figura 5. Diagrama de análisis causal. Fuente: Elaboración propia (2013).**

Por otra parte el uso de al menos el 60% de pintura virgen en la aplicación es determinante para obtener las características deseadas.



**Gráfica 1. Gráfica de capacidad del proceso de aplicación de pintura electrostática. Fuente: Elaboración propia (2013).**

- Establecer un plan de mantenimiento preventivo y correctivo a través del diseño de un instrumento de seguimiento para las inspecciones en: paredes de cabina, recubrimiento de lámparas, rejillas del piso, sistema de aire comprimido, tuberías y filtros de alimentación de pintura, turbinas, sistemas de extracción de polvos, filtros de pisos y techo.

### III. RESULTADOS



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

Para la identificación de una mejora del proceso de pintura en polvo electrostática, con la finalidad de disminuir el consumo de pintura se determinaron las posibles causas que ocasionan el problema, indicados en Tabla 2.

Con respecto a la materia prima, una variable que puede ocasionar variación en el consumo de pintura es la fórmula del proveedor de la misma, debido a que cada uno de ellos presenta especificaciones diferentes, lo que ocasiona que la pintura se adhiera más fácil o no a la pieza.

**Tabla 2. Posibles soluciones para disminuir el consumo de pintura en polvo.**  
Fuente: Elaboración propia (2013).



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

PONDERACIÓN PROBLEMA	NIVEL DEL PROBLEMA	NIVEL CORRESPONDIENTE DE LA SOLUCIÓN
0.05	Diferentes marcas/proveedores de pintura	Estandarizar a solo 2 proveedores.
0,05	No ocupan pintura 100% virgen	Al recuperar la pintura y al colocarla en la tolva alimentadora, el contenido de ésta debe de ser 60% virgen con 40% recuperada.
0.15	Capacitación	Contactar a proveedores de pintura para solicitar una capacitación y adiestramiento de la aplicación de pintura.  Capacitación operativa y mandos intermedios del proceso de pintura.
0,10	Falta de sensibilización (cultura)	Programar charlas instructivas dirigidas al personal operativo y mandos intermedios.
0.10	Aplicación no estándar	Definir una aplicación estándar para todos los pintores tomando en consideración la forma y dimensión de la pieza a pintar y recuperación de pintura.
0.15	Cantidad de pintura no estándar	Estandarizar la cantidad de capas de pintura a aplicar en piezas.
0.05	Humedad en pintura	No tener un inventario grande para evitar largos periodos de almacenamiento e impedir la humedad en la pintura, se aconseja no tener polvo en almacén si no se va a consumir en un periodo de 6 meses.
0.05	Edad	Cambiar partes de maquinaria que no cumplen con su función ya que es imposible cambiar la maquinaria en su totalidad.
0.15	Condiciones operativas	Estandarizar el voltaje y fluidización de la máquina.
0.15	Mantenimiento	Desarrollar un procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo para las máquinas del área de



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

pintura.

Para la mano de obra no se ha realizado una capacitación del proceso de aplicación ocasionado por los costos que conlleva, así como por la falta de cultura del personal tanto operativo como directivo. El método de aplicación de pintura no se encuentra estandarizado, así como la cantidad de pintura, la velocidad de la aplicación y el número de capas aplicadas por operario. Otra variable importante es la humedad, ya que esta afecta las características y propiedades de la pintura, esto depende de las condiciones de almacenado. Finalmente con respecto a la maquinaria, lo que influye al excedente de consumo de pintura en piezas, es la edad de la misma ya que es obsoleta, por lo que los parámetros de utilización no son estándar pues la define cada operario.

#### IV. CONCLUSIONES

La metodología DMAIC fue utilizada para desarrollar un plan de mejora para obtener una disminución en el consumo de pintura, todo esto dentro de los estándares internos de planta, cabe mencionar que algún descuido en alguna de las áreas del proceso puede ocasionar problemas en el terminado del producto, por lo que el encargado del área de pintura debe supervisar exhaustivamente que se esté llevando una técnica de aplicación correcta de acuerdo a lo establecido en la capacitación otorgada a los operario y en el plan de mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo al seguimiento de las inspecciones. La implementación de esta fase se llevará a cabo a partir del siguiente año.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

### V. BIBLIOGRAFÍA

- Figuera, P. V. (2006). Optimización de productos y procesos industriales. Barcelona: Ediciones Gestión 2000.
- Gómez, L. G., & Sáez, S. R. (2006). Sistema de mejora continua de la calidad en el laboratorio: Teoría y práctica. Valencia: Universidad de Valencia.
- Miranda, R. L. (2006). Seis Sigma: Guía para principiantes. Mexico: Panorama Editorial S. A. de C. V.
- Prieto, M. C. (2009). Seis Sigma a la práctica: guía para la aplicación en proyectos. (España: Asociación española para la calidad.
- Summers, D. C. (2006). Administración de la calidad. México: Pearson Educación de México S. A. de C. V.
- Villafaña, R. F. (2009, Julio 20). Administración de la calidad. Retrieved Octubre 09, 2013, from Innovación Estratégica y Tecnológica: <http://inn-edu.com/Calidad/Calidad.html>
- Villafaña, R. F. (2009, Febrero 08). Administración Estratégica. Retrieved Septiembre 25, 2013, from Innovación Estratégica y Tecnológica: <http://inn-edu.com/Estrategia/Estrategia.html>