

# **SIMULADOR PARA ENTRENAMIENTO EN DECISIONES – MEDICIÓN DE VARIABILIDAD EN LOS PROCESOS**

M. en C. Leopoldo Viveros Rosas

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

TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE COACALCO

Unidad de Estudios de Posgrado e Investigación.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL VALLE DE MÉXICO

División de Ingeniería Industrial

M. en C. Rebeca Díaz Téllez

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

TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE COACALCO

División de Ingeniería Ambiental

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL VALLE DE MÉXICO

División de Ingeniería Informática

Dr. Mario Luis Chew Hernández

[mchew@tesco.edu.mx](mailto:mchew@tesco.edu.mx)

TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE COACALCO

Unidad de Estudios de Posgrado e Investigación.

## **SIMULADOR PARA ENTRENAMIENTO EN DECISIONES – MEDICIÓN DE VARIABILIDAD EN LOS PROCESOS**

### **RESUMEN**

En este trabajo se muestra la necesidad de desarrollar un laboratorio de simulación como herramienta que permita el entrenamiento para toma de decisiones referentes a calidad de procesos. De igual forma se plantea la estructura que deberá llevar y se presenta la propuesta del caso de estudio para la el desarrollo de la primera parte del simulador consistente en la medición de la variabilidad del proceso por medio de cartas de control. Para dicho simulador se utilizaran los datos proporcionados por una empresa dedicada a la fabricación de filtros para gasolina en su proceso de galvanizado.

## **ABSTRACT**

This paper presents the need to develop a laboratory of simulation as a tool enabling the training for decision-making concerning quality of processes. Similarly arises the structure that should be and is presented the proposal for the case study for the development of the first part of the simulator consists in the measurement of the variability of the process using control charts. For the Simulator were used data provided by a company dedicated to the manufacture of filters for gasoline in their process of galvanized.

## **INTRODUCCIÓN**

Como lo menciona (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2013) es muy importante para una organización decidir qué y cómo se va a medir la salud y el desempeño organizacional ya que la elección de lo que el negocio mide y analiza, comunica valor, encauza el pensamiento de los colaboradores y fija las prioridades. Así, la medición es parte vital en el Control Estadístico y la estrategia de mejora de procesos Seis Sigma. Considerando que la estadística es un conjunto de técnicas y conceptos orientados a la recolección y análisis de datos tomando en cuenta la variación de los mismos, el control estadístico de la calidad y la metodología  $6\sigma$  buscan aplicar esas técnicas estadísticas a la disminución de la variabilidad tanto de procesos industriales como administrativos. Tal como lo menciona (Pérez Marqués, 2011)],  $6\sigma$  utiliza herramientas estadísticas para la caracterización y el estudio de los procesos persiguiendo la reducción de la variación, los defectos y los errores en todos los procesos para así, lograr aumentar la participación en el mercado de la organización incrementado la productividad por medio de la reducción de costos y desperdicios. En la Tabla 1 se muestran algunas de las herramientas típicas asociadas a cada una de las fases de dicha metodología

### FASES DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA

	DEFINIR	MEDIR	ANALIZAR	MEJORAR	CONTROLAR
HERRAMIENTAS TÍPICAS QUE SE UTILIZAN	Diagrama de flujo de procesos	Modelación de las características de calidad	Análisis exploratorio de datos	Análisis de correlaciones	CEP
	Diagrama de causa efecto	Evaluación de la normalidad de los datos	Ajuste de distribuciones	Regresión simple	Muestreo de Aceptación
	Diagrama de Pareto	Evaluación de la exactitud y linealidad	Contrastes de hipótesis	Regresión múltiple	Análisis de habilidad del proceso
	Histogramas	Evaluación de la repetibilidad y reproducibilidad	Intervalos de confianza	ANOVA unifactorial y multifactorial	
	Gráficos de tendencia	Análisis de fiabilidad	Capacidad de los procesos	Método Taguchi	

**Tabla 1.- Herramientas típicas asociadas a cada una de las fases de la metodología Seis Sigma**

Por otro lado (Yacuzzi E. , 2007)], confirma que la toma de decisiones es una práctica que no es particular de la alta dirección en una organización; la toma de decisiones es una práctica cotidiana que en algunos casos se lleva a cabo por la experiencia ganada por el decisor. A este respecto (Franklyn Fincowsky, 2011) define las decisiones de rutina como aquellas que se toman ante circunstancias relativamente comunes sin mayor complicación. Estas decisiones, generalmente, se encuentran contempladas en las normas, procedimientos o criterios operativos que las organizaciones siguen cotidianamente. Las decisiones de adaptación se hacen ante una combinación de factores que salen un poco de lo habitual; de allí que impliquen una mejora o modificación de la rutina habitual. Por último, las decisiones innovadoras se basan en el descubrimiento, la identificación y el diagnóstico de problemas inusuales y ambiguos y/o el desarrollo de alternativas únicas o creativas. Estos tres tipos de decisión se encuentran presentes para la mejora continua de procesos, por medio de implementación de herramientas de calidad; o las decisiones de rutina se llevan a cabo en el momento de desarrollo e implementación de las herramientas básicas del control de calidad; sí con la aplicación de dichas herramientas se requiere modificaciones de los procedimientos, la organización se encuentra ante una situación de decisiones de adaptación. Las decisiones innovadoras se presentan después del análisis de la información proporcionada por las

herramientas de calidad, es en ese momento donde se identifican las oportunidades de mejora y se requiere de entrenamiento para identificar dichas oportunidades y desarrollar las alternativas correspondientes. La intención del laboratorio de simulación es entrenar a personas encargadas del control de procesos para que identifiquen situaciones de decisión de innovación y se conviertan en decisiones de rutina.

Dentro de la literatura existen documentadas diversas aplicaciones de las herramientas de calidad para la mejora de procesos, por ejemplo en (Lazibat T, 2010) se muestra cómo las herramientas de administración de la calidad han mejorado la industria textil en Croacia. Se debe hacer notar que existe muy poca literatura concerniente al entrenamiento para la aplicación de herramientas de calidad para mejora e incluso no se encuentran reportes de un laboratorio de entrenamiento para ello. Sin embargo (Yacuzzi E. , 2006) hace una distinción entre la educación para la calidad y entrenamiento para la calidad. La primera busca formar gente identificada íntimamente con los conceptos modernos de calidad y que sea, además, capaz de hacerlos progresar, se orienta a transmitir la teoría y sobre todo a desarrollar actitudes para su implementación, incluyendo la iniciativa, la capacidad de optar entre alternativas, el ejercicio de la libertad en la selección de objetivos y métodos. La segunda pone el acento en la imitación, la repetición, la práctica y el control; su meta ideal es hacer de cada integrante de una organización un experto en la aplicación de herramientas para la solución de problemas. Cabe mencionar que tanto la educación para la calidad como el entrenamiento para la calidad se enseñan en el aula, ya sea universitaria o industrial.

Además, (Smits, 2006) menciona la importancia de identificar los motivos que tiene la organización para el aprendizaje de los trabajadores y uno de estos motivos siempre se relaciona con los beneficios económicos de la organización y los trabajadores así como las mejoras en los procesos. Se puede observar una estrecha relación entre el entrenamiento y la implementación y desarrollo de herramientas de calidad para la mejora de procesos; sin embargo no se encuentra reporte en la literatura sobre las decisiones que se deben tomar, ni de las alternativas que se generan con la información procedente de las herramientas de calidad. Por último en (Viveros Rosas, Díaz Téllez, Chew Hernández, & Velázquez Romero, 2013) se muestra una amplia aplicación de como se ha utilizado la simulación y los casos de estudio para entrenar a tomadores de decisiones con respecto a habilidades de ingeniería industrial

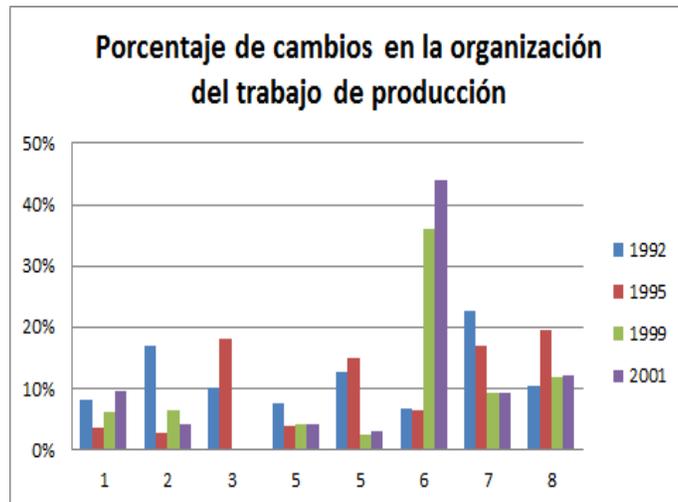
La Secretaria del Trabajo y Previsión Social (STPS) proporciona información sobre los principales cambios realizados en la organización de la producción, los cuales se listan a continuación.

1. Introducción del sistema Justo a Tiempo.
2. Rotación de puestos de trabajo.
3. Aumento o reasignación de tareas.
4. Control estadístico del proceso de producción.
5. Introducción de equipos de trabajo.
6. Control total de la calidad.
7. Reordenamiento de equipo, materiales e instalaciones.
8. Aumento de la supervisión.
9. Establecimiento de normas y procedimientos formales escritos.
10. Se permite la participación de los trabajadores.
11. Estándares de rendimiento.
12. No sabe.
13. Otro.

La Figura 1 muestra el porcentaje del tipo de investigación y/o desarrollo tecnológico de establecimientos manufactureros, de la cual se observa el gran auge que ha tenido el tratar de implementar Control Total de Calidad en las Organizaciones.

Este trabajo se centra en la identificación de oportunidades de mejora mediante la identificación y medición de la variabilidad para lo cual se requiere de personal con la habilidad para implementar herramientas

básicas de calidad: dicha habilidad se pretende lograr por medio de entrenamiento con simulador y caso de estudio.



**Figura 1. Porcentaje del tipo de investigación y/o desarrollo tecnológico efectuado. METODOLOGÍA**

Considerando que en (Lee, 2007) se muestra la relación que existe entre calidad y productividad, en éste sentido se debe entender que una mejora en los procesos de la organización conlleva a una mayor productividad, y tomando en cuenta que para poder mejorar es necesario contar con las métricas correctas, se considera que es necesario la utilización de herramientas de calidad que permitan monitorear los procesos y poder tomar decisiones basadas en hechos y no únicamente por intuición. Además (Liang, 2010) menciona que el uso de herramientas de calidad para mejorar los procesos es una práctica común de las organizaciones.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

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

ISBN: 978-607-95635

Aun cuando existe una diferencia entre herramientas estadísticas y herramientas no estadísticas se observa que para propiciar un cambio sostenido y un buen enmarcamiento de las situaciones problemáticas de la organización, las herramientas estadísticas deben ser el primer paso para desarrollar alternativas de mejora. Por su parte (Deshpande & Tantalean, 2009) muestran las ventajas que se presentan al reducir la variabilidad una vez que se determina el control de procesos, más aún, indican que el control de procesos es parte fundamental para la implementación de mejoras con la metodología seis sigma.

La aplicación de las herramientas de calidad no es exclusiva para las organizaciones manufactureras, los prestadores de servicios también deben aplicar dichas herramientas de mejora tal como lo muestra (Pierdant Rodríguez & Rodríguez Franco, 2009). Sin embargo se presenta una mayor dificultad para determinar las métricas correspondientes para cada parte del proceso.

Diversos autores manejan diferentes metodologías para el desarrollo de un modelo de simulación, en este trabajo se utilizará la descrita por (García Dunna, García Reyes, & Cárdenas Barrón, 2006) la cual consiste en:

- ✓ Definición del sistema.
- ✓ Formulación del modelo.
- ✓ Colección de datos.
- ✓ Implementación de modelo en la computadora.
- ✓ Validación.
- ✓ Experimentación.
- ✓ Interpretación
- ✓ Documentación.

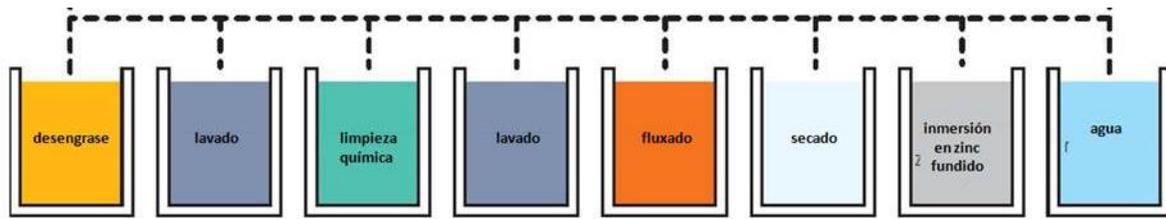
### RESULTADOS

En (American Galvanizers Association, 2011) se dice que el galvanizado es un proceso a través del cual el zinc es adherido metalúrgicamente al acero, proporcionando a este el revestimiento anticorrosión más avanzado y eficiente en términos de costo. Este proceso permite que el recubrimiento de zinc no sólo se



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

deposite en la superficie, sino que forma una aleación zinc – hierro de gran resistencia a los distintos agentes de corrosión. En la Figura 2 se muestra un descripción general del proceso de galvanizado; el cual consiste en: desengrase, lavado, limpieza química, lavado, fluxado, secado, inmersión en zinc fundido, agua.



**Figura 2. Descripción general del proceso de Galvanizado<sup>1</sup>**

El criterio para determinar la calidad del galvanizado por inmersión son el aspecto superficial o visual, la adherencia y el espesor. De estos, el espesor es el más relevante dado que la duración es directamente proporcional a su espesor. Varias son las normas utilizadas para el control de ésta característica de calidad.

La Tabla 2 muestra el requerimiento de espesor y capa de zinc, según la norma ASTM A 153 (American Society for Testing and Materials).

<sup>1</sup> Tomado de “Guía para la Galvanización por inmersión en caliente.



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

Clase de material	Masa mínima de la capa de Zn Gr/m <sup>2</sup>		Espesor mínimo de la capa de Zn en micrones		
	Promedio del muestreo	Espécimen individual	Promedio del muestreo	Espécimen individual	
<b>CLASE A: PIEZAS FUNDIDAS EN HIERRO Y ACERO</b>					
	610	550	87	78	
<b>CLASE B: PIEZAS DE ACERO LAMINADAS. PENSADAS Y FORJADAS EXCEPTO LAS CLASES C Y D</b>					
B1:	Espesor > 5 mm Longitud > 200 mm	610	550	87	78
B2:	Espesor > 5 mm Longitud > 200 mm	460	380	65	54
B3:	Espesor > 5 mm Longitud > 200 mm	400	340	56	48
<b>CLASE C: TORNILLOS, BULONES DIÁMETROS &gt; 9 MM, ARANDELAS DE ESPESOR 5 A 7 MM</b>					
		380	305	54	43
<b>CLASE ESPECIAL ASTM A 394: TORNILLOS, BULONES PARA TORRE</b>					
		490	460	70	65

**Tabla 2 Requerimientos de espesor y capa de zinc**

El análisis situacional del proceso de galvanizado de la empresa donde se desarrollará el caso estudio muestra las operaciones del proceso, productos empleados, la concentración, tipos de controles, frecuencia, observaciones y comentarios. En la Tabla 3 se muestra el concentrado de la información.

Con los resultados de la Tabla 3 se generan las variables aleatorias para la simulación de cada operación del proceso de galvanizado. Para ello se utiliza el método de la inversa para crear los valores correspondientes suponiendo que estos se comportan como una variable aleatoria que sigue una distribución normal centrada en el punto medio.



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”**

Multidisciplinario

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

ISBN: 978-607-95635

Operación	Productos	Concentración	Controles	Frecuencia
Desengrase Electrolítico	Electrocleaner RTW	60 a 80 g/l	Analisis Volumetrico	Inicio de cada Turno
Doble Enguaje	Agua Tratada	Ph de 8 a 10	Medicion con papel Indicador	Inicio de cada Turno
Activado Acido	C- 2321	30 a 40 g/l	Analisis Volumetrico	Inicio de cada Turno
Doble Enguaje	Agua Tratada	Ph de 8 a 10	Medicion con papel Indicador	Inicio de cada Turno
Zincado	Sosa y/o Potasa	165 a 180 g/t	Analisis Volumetrico	Inicio de cada Turno
	Zinc Metalico	18 a 25 g/l	Analisis Volumetrico	Inicio de cada Turno
	Aditivo Base	8 ml/l	Analisis celda Hull	Inicio de cada Turno
	Aditivo Brillo	1.5 ml/l	Analisis celda Hull	Inicio de cada Turno
	Purificador 1 y 2	4 a 6 ml/l	Analisis celda Hull	Inicio de cada Turno
	Aditivo Starter	8 ml/l	Analisis celda Hull	Inicio de cada Turno
	Aditivo Brighthener	1.5 ml/l	Analisis celda Hull	Inicio de cada Turno
Doble Enguaje	Agua Tratada	Ph de 8 a 10	Medicion con papel Indicador	Inicio de cada Turno
Sello de Nitrico	Acido Nitrico	ph de 1.8 2.2	Medicion con papel Indicador	Cada 2 horas
Doble Enguaje	Agua Tratada	Ph de 8 a 10	Medicion con papel Indicador	Cada 2 horas
Sello de Cromatos	Cromatec	ph de 1.8 2.2	Medicion con papel Indicador	Cada 2 horas
	Hipro Tri	ph de 1.8 2.2	Medicion con papel Indicador	Cada 2 horas
	Hipro Yellow	ph de 1.8 2.2	Medicion con papel Indicador	Cada 2 horas
	Lanthane 335 A	ph de 1.8 2.2	Medicion con papel Indicador	Cada 2 horas
	Lanthane 334 B	ph de 1.8 2.2	Medicion con papel Indicador	Cada 2 horas
	Cromatec	ph de 1.8 2.2	Medicion con papel Indicador	Cada 2 horas
Doble Enguaje	Agua Tratada	Ph de 8 a 10	Medicion con papel Indicador	Cada 2 horas
Horneado	Temperatura	80 a 100 Co	Medicion con Pirometro	Inicio de cada Turno
	Velocidad	40 a 50 rpm	Medicion con Variador	Inicio de cada Turno

**Tabla 3. Datos para el proceso de galvanizado en el caso de estudio.**



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

## CONCLUSIONES

El trabajo hasta este momento ha permitido la identificación de las operaciones del proceso de galvanizado, se propone el desarrollo del simulador en este proceso ya que los resultados que se obtengan de los escenarios, permitirán a los participantes hacer una propuesta de diseño experimental para la mejora de la calidad en el galvanizado.

Una vez demostrada la factibilidad del desarrollo de un laboratorio de simulación que permita el entrenamiento en toma de decisiones referentes a la mejora de procesos se están teniendo pláticas con la empresa en cuestión para que se alcancen los convenios correspondientes que permitan el desarrollo del mismo.

Cabe mencionar que la dificultad más grande que se ha enfrentado hasta el momento es conseguir los datos estadísticos que permitan el desarrollo del caso de estudios y el simulador correspondiente.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Pan, C. (2000). La Organización Jerárquica en Sistemas de Alta Productividad. *Temas de Management*, 19-27.
2. American Galvanizers Association. (2011). *Zinc Coatings, A Comparative Analysis of Process and Performance Characteristics*. Colorado, EU: American Galvanizers Association.
3. Araújo, D. (2011). De la toma de decisiones, al curso de las decisiones. *Revista de psicología del deporte*, 20(1), 639-643.
4. Asociación Latinoamericana de ZINC - Instituto de Metais Não Ferrosos. (s.f.). *Guía para la Galvanización por Inmersión en Caliente*. Lima, Perú: LATIZA - ICZ.
5. Deshpande, P., & Tantalean, R. (2009). Unifying framework for six sigma and process control. *HYDROCARBON PROCESSING*, 73-78.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

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

ISBN: 978-607-95635

6. E. Díaz, E., Díaz, C., C. Flores, L., & Heyser, S. (2009). Estudio de la variabilidad de procesos en el área de envasado de un producto en polvo. *Infoemación Tecnológica*, 20(6), 105-113.
7. Franklyn Fincowsky, E. B. (2011). Toma de Decisiones Empresariales. *Contabilidad y Negocios*, 6(II), 113-120.
8. García Dunna, E., García Reyes, H., & Cárdenas Barrón, L. E. (2006). *Simulación y análisis de sistemas con PROMODEL*. México: Pearson / Prentice Hall.
9. Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2013). Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma. México, México: McGraw Hill.
10. Lazibat T, J. M. (2010). Application of the Quality Management Tools in the Textil Industry. *Annals of DAAAM for 2010 & Proceedings of the 21st International DAAAM Symposium*, 21(1), 605-606.
11. Lee, W.-R. (2007). A Study on the Quality - Productivity. *The Engineering Economist*(52), 117-139.
12. Liang, K. (2010). Aspects of Quality Tols and Total Quality Management. *Modern Applied Science*, 4(9), 66-75.
13. M. Vanalle, R., C. Lucato, W., Vieira Júnior, M., & D. Sato, I. (2012). Uso de simulación Monte Carlo para la toma de decisiones en una línea de montaje de una fábrica. *Información Tecnológica*, 23(4), 33-44.
14. Navarro Guzmán, E. (2007). Las condicionantes de la transformación educacional en la toma de decisiones: La eficiencia y la calidad. *Gestión y Estratategia*(37), 69-84.
15. Ortiz Lara, R. A., & Galleguillos Peralta, L. (2011). Mejoramiento del servicio de galvanizado mediante seis sigma y el analisis de la información. *Ingeniería Industrial*, 10(2), 81-102.
16. Pérez Marqués, S. (2011). Metodología Seis Sigma a través de EXCEL. México: AlfaOmega.
17. Pierdant Rodríguez, A. I., & Rodríguez Franco, J. (2009). Costrol Estadístico de la Calidad de un Servicio Mediante Gráficas X - R. *Política y Cultura*(32), 151 - 169.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

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

ISBN: 978-607-95635

18. Smits, W. (2006). The Quality of Apprenticeship Training. *Education Economics*, 14(3), 329-344.
19. Viveros Rosas, L., Díaz Téllez, R., Chew Hernández, M. L., & Velázquez Romero, V. (2013). Entrenamiento para toma de decisiones por medio de simulación y casos de estudio. *Revista Internacional de la Educación en Ingeniería*, 6(1), 1-11.
20. Viveros Rosas, L., Díaz Téllez, R., Velázquez Romero, V., & Chew Hernández, M. L. (25 de Octubre de 2012). Aplicación de programación multicriterio y AHP para decidir. *Memorias de Coloquio de Investigación Multidisciplinaria*. Orizaba, Veracruz, México.
21. Westlund, A., & Löthgren, M. (2001). The interactions between quality, productivity and economic performance: The case of Swedish pharmacies. *Total Quality Management*, 12(3), 385-396.
22. Yacuzzi, E. (2006). Apuntes sobre la educación y entrenamiento para la calidad. *Documentos de trabajo*(328), 1-6.

Yacuzzi, E.