



## **Diseño de un modelo híbrido para la mejora de la distribución de planta, aplicado a una empresa de muebles con cambios frecuentes en sus modelos.**

B. A. Borrego Gómez, C. Sánchez Ramírez, P. Pérez Villanueva,  
Corporación Mexicana de Investigación en Materiales  
Saltillo, Coahuila

**Resumen:** En un mercado globalizado, donde la exigencia por productos más innovadores a bajo costo es una constante, a provocado que las empresas mejoren sus procesos para ser más flexibles y competitivas, por lo que recurren al empleo de herramientas y metodologías enfocadas a la mejora de la productividad. Un paso fundamental a considerar para lograr esta flexibilidad y productividad, es el diseño de la distribución de planta.

Es por lo anterior, que el presente artículo tiene como objetivo mostrar el diseño de un modelo híbrido que considera herramientas y metodologías como manufactura esbelta, SLP (Systematic Layout Planning) y Simulación; con la finalidad de ayudar a la mejor toma de decisiones sobre el diseño más adecuado de distribución de planta, en una empresa de muebles donde los cambios a sus modelos es frecuente.

Palabras clave: Distribución de planta, Manufactura esbelta, systematic layout planning (SLP), Simulación.

**Abstract:** In a globalized market, where demand for more innovative products produced at a lower cost is constant, companies are required to improve their processes to be more flexible and competitive. For these reasons they resort to the methodologies more focused on the improvement of their productivity. The layout design of their plants is a fundamental step to consider in attempts of achieving the flexibility and productivity to maintain competitive in the market.

It is with the preceding that the following article will demonstrate how the design of a hybrid model using

methodologies such as Lean Manufacturing, SLP (Systematic Layout Planning), and Simulations will help identify the best layout design suitable for a furniture company where changes to their models are frequent.

Keywords: Lean Manufacturing, Systematic Layout Planning (SLP), simulation.

### **Introducción**

En la actualidad, la toma de decisiones en las empresas se centra en la búsqueda de alternativas y herramientas que les permitan mejorar y flexibilizar sus procesos, y esto a su vez, ayude a adaptarse a los cambios constantes de los requerimientos de sus clientes.

Una de estas decisiones es la distribución de planta, ya que tiene influencia en la productividad de la empresa, que se ve reflejada en términos de costo y tiempo. La distribución en planta es fundamental en la industria, determina la eficiencia y, en algunos casos, la supervivencia de una empresa. Sin embargo, de acuerdo a Raman D [1], es necesario desarrollar un método de medición para evaluar la efectividad en una distribución de planta en el que se consideren varios factores simultáneamente.

Otra metodología que contribuye de manera significativa a mejorar y flexibilizar los procesos en la Industria, es la manufactura esbelta, la cual tuvo sus orígenes en Toyota, empresa dedicada a la fabricación de automóviles. La manufactura Esbelta o Lean Manufacturing, es considerada por especialistas del ámbito académico y profesional [2] como la mejor manera de administrar una empresa de manufactura. Los principales objetivos de la Manufactura Esbelta son implantar una filosofía de Mejora Continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la

---

Ing. Beatriz Adriana Borrego Gómez, [beatrizborrego@comimsa.com](mailto:beatrizborrego@comimsa.com);  
MC. Cuahutemoc Sánchez Ramírez, [csr@comimsa.com](mailto:csr@comimsa.com); Pedro Pérez Villanueva, [pperez@comimsa.com](mailto:pperez@comimsa.com). Corporación Mexicana de Investigación de Materiales; Blvd. Oceanía No.190 Fracc. Saltillo 400, CP 25290 Saltillo, Coahuila, México.



satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

Partiendo de que las empresas necesitan realizar análisis que estén sustentados en información confiable, de calidad y a un bajo costo, se tiene que una de las ventajas más importantes de la industria sin duda alguna es la simulación. Según, T. Huang [3]. La simulación ayuda a representar un sistema real, para mejorar y acrecentar la comunicación de ideas y diseños, sin necesidad de muestras y/o cambios físicos. De acuerdo a Martínez [4]; la simulación computacional aun no ha logrado resolver eficientemente los problemas que presenta una celda de manufactura real, realizó además un comparativo de software de simulación, tomando en cuenta los siguientes aspectos; capacidad, amigabilidad, visualización y resultados estadísticos

#### Antecedentes

La empresa en estudio se encuentra ubicada en Saltillo, Coahuila. Es una empresa mueblera que produce sillones reclinables. Distribuye sus productos a Canadá, Estados Unidos, México, y Latinoamérica. Debido al incremento de producción que ha tenido la planta, así como la introducción de una variedad de nuevos modelos, ha obligado a la empresa a buscar nuevas alternativas y herramientas que ayuden a afrontar estos retos en la demanda.

#### Revisión Literaria

El estudio de la distribución de planta, tiene sus orígenes en los años 60s, sin embargo es evidente que la mayoría de los modelos contemplan solamente las primeras etapas de la fase de diseño. Raman [1] desarrolló un modelo para medir la eficiencia de la distribución de planta donde incorporo 3 factores: flexibilidad del layout, utilización del área de producción y disminución de trayectorias.

De acuerdo a la investigación realizada por Raman [1]; Yaman (1993), argumento que una distribución efectiva es la distribución con la mínima distancia de traslado entre procesos, para esto desarrollo una heurística basada en un método de sorteo con el objetivo de minimizar el costo por manejo de materiales. En el mismo artículo menciona que MaK, et al, (1998),

desarrollaron un método basado en algoritmos genéticos para determinar la efectividad de la distribución minimizando el manejo de materiales, en una planta manufacturera. Finalmente menciona que Chan, et al. (2006) desarrolló un algoritmo genético para minimizar el movimiento intracelular. Investigadores han diseñado distribuciones flexibles, concentrando o generando un conjunto de matrices de flujo, que representan la variación en la demanda de la producción por diferentes productos/periodos de producción y diseño de alternativas de distribución.

Siller [5] formó la distribución de una celda de manufactura, utilizando grupos tecnológicos y un algoritmo genético (ART), con la finalidad de minimizar el área en uso. Huang T. [3] realizó un prototipo virtual, utilizando el software de simulación Delmia-Quest. Prakash, A. [6] Presentó un Modelo de simulación de un Sistema de Manufactura Flexible, utilizo el software SIMAN IV. La simulación es una técnica excepcional por su versatilidad. Se puede usar (con diferentes grados de dificultad) para investigar virtualmente cualquier tipo de sistema estocástico. [7].

El principal objetivo de este estudio es desarrollar una metodología que ayude a incrementar la producción además de facilitar la integración de nuevos productos en la empresa. Se busca además que los resultados de este estudio se puedan replicar en otras empresas filiales a la compañía.

#### Metodología

El método empleado para el desarrollo de esta investigación se baso en un proceso de investigación abductivo el cual combina experiencias prácticas y métodos científicos. El desglose de pasos que comprende la metodología híbrida propuesta para la mejora de la distribución de planta, es presentada en la Figura 1

A continuación se describirán las metodologías, herramientas y métodos utilizados para llevar a cabo este estudio.

Primeramente se recolectaron datos, y se llevo a cabo el análisis de esta información, por medio de una grafica ABC. El gráfico ABC (regla del 80/20 o ley del menos



significativo) es una herramienta que permite visualizar ésta relación y determinar, en forma simple, cuáles artículos son de mayor valor, optimizando así la administración de los recursos de inventario y permitiendo tomas de decisiones más eficientes. Según este método, se clasifican los artículos en clases, generalmente en tres (A, B o C), permitiendo dar un orden de prioridades a los distintos productos [7].

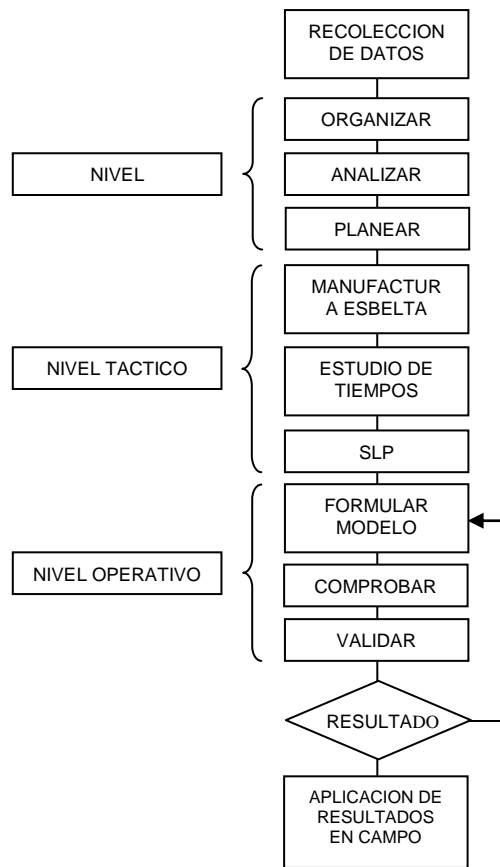


Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología híbrida

La planta cuenta con cuatro categorías de productos: (A) Motion Sectional, (B) Home Theater HTS, (C) Chair Designs y (D) Sillas reclinables; se evaluó el porcentaje de ventas de cada una de las categorías mencionadas por medio de una gráfica ABC; resultando lo siguiente; la categoría con mayor porcentaje en ventas es el producto “A” (Motion Sectional) con un 67.4 ver figura 2. En base a esto se concluyó que el proyecto se enfocará a analizar la mejor distribución de

planta, que garantice un incremento en la producción. A una sola línea de productos.

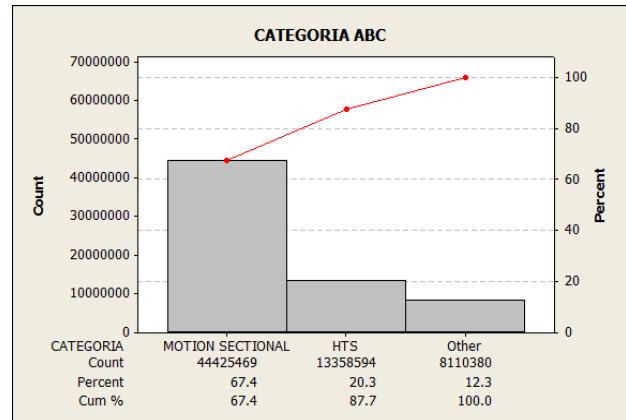


Figura 2. Resultados de la metodología “ABC”

Posteriormente se analizó la demanda por componentes de cada modelo de la categoría “Motion” Ver Figura 3.

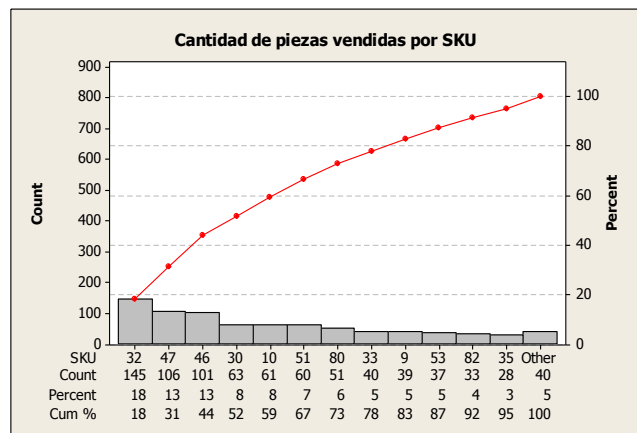


Figura 3. Cantidad de piezas vendidas por componente

En la gráfica se aprecia que el componente 32 representa el mayor porcentaje en ventas, convirtiéndose en una parte crítica dentro del proceso de producción de la categoría “Motion”.

Manufactura Esbelta

Como bien sabemos manufactura esbelta son varias herramientas que contribuyen a reducir desperdicios y mejorar las operaciones eliminando todas las



operaciones que no le agregan valor al producto, servicios y a los procesos.

Aplicando aspectos de la metodología de manufactura esbelta, se propuso en principio el uso de la metodología 5's; esta metodología está orientada a mejorar los ambientes de trabajo y crear hábitos de calidad en las personas. Ver Figura 4 (lado izq. antes de implementar 5's y lado derecho el resultado)



Figura 4. Resultados de la Implementación de 5's

Se desarrollo un estudio de tiempos de cada uno de los modelos de la categoría Motion. (Tabla 1).

Tabla 1. Estudio de tiempos del modelo "Motion"

ESTILO 40089 SKU(STOCK KEEPING UNIT)				TAPIZADO	COSTURA	CORTE	ARMADO	MECANISMOS	ESTAFEADO	EMPAQUE	EMBARQUE
40089	PICARD	3	Stat Love	55	80	39	35	15	12	11	8
40089	PICARD	9	Corner seat	70	100	44	35	11	15	11	8
40089	PICARD	10	Armless Chair	65	100	52	37	10	14	11	8
40089	PICARD	22	Sofa Bed 60"	75	100	44	39	10	15	11	8
40089	PICARD	26/27	RHF 54" Sofa Bed	75	90	47	39	13	12	11	8
40089	PICARD	30	Armless Recliner	75	99	49	39	11	14	11	8
40089	PICARD	32	R-Chair	75	115	41	39	9	13	12	8
40089	PICARD	33	S-Chair	75	100	45	35	13	11	11	8
40089	PICARD	35	WH-Chair	70	95	45	39	9	14	11	8
40089	PICARD	46/47	LHF Recliner	55	80	40	35	15	13	11	8
40089	PICARD	51	Sofa Recliner	60	99	47	30	13	15	11	8

Así mismo se realizaron equipos kaizen lo cual ayudó a fomentar en los trabajadores una cultura de mejora continua en la empresa. Por medio de estos equipos se inicio el control visual con lo cual nos dimos cuenta de que operaciones en particular estaban procediendo normal o anormalmente y de esta forma enfocar cada uno de los equipos a proyectos específicos.

El siguiente paso en la metodología fue buscar alternativas de distribución de plantas que contribuyan al incremento de producción; y se determino emplear la

metodología SLP (Systematic Layout Planning). Richard Muther en 1961, propuso el Systematic Layout Planning (S L P). Ésta metodología se basa en la lógica de la ecuación de la distribución de planta la cual se expresa a continuación [8]

Flujo de material+espacio requerido= distribución de planta

Con el fin de aplicar la metodología, fue necesario realizar un diagrama de flujo (Figura 5) para representar las etapas y secuencia e intersección del proceso.

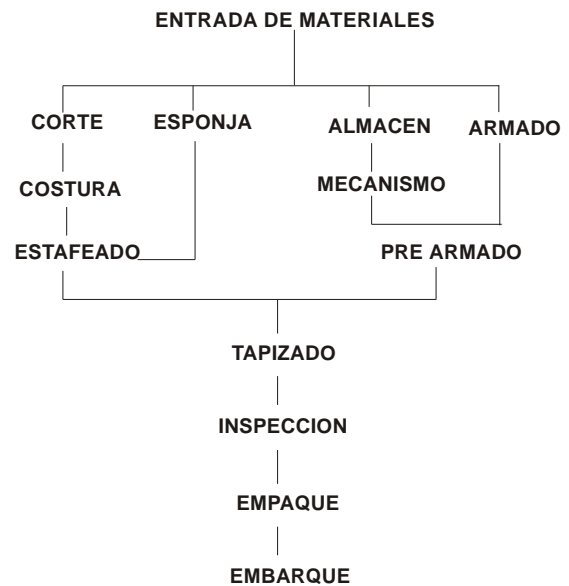


Figura 5. Diagrama de flujo del proceso

A partir de este diagrama se calcularon el flujo de piezas y tiempos requeridos en cada operación. Ver tabla 2.

Tabla 2. Diagrama de flujo de piezas

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	0	801	0	0	801	801	0	0	0	0
B	0	0	801	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	801	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	801	0	0
E	0	0	0	801	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	589	212	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	589	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	801	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	801



El diagrama de relación de espacios es un grafo en el que las actividades son representadas por nodos unidos por líneas.

De acuerdo a la tabla 3 de nomenclaturas de Muther [8], la idea fue asignar un grado de relación mayor (A) a aquellos pares de departamentos con flujos grandes y un grado de relación menor (U) a aquellos pares de departamentos con flujos pequeños.

Tabla3. Nomenclaturas de Muther

GRADO DE REALACION	DESCRIPCION	CALIFICACION	SIMBOLO
A	ABSOLUTAMENTE IMPORTANTE	64	=====
B	ESENCIALMENTE IMPORTANTE	16	=====
C	IMPORTANTE	4	=====
D	ORDINARIAMENTE IMPORTANTE	1	=====
E	NO IMPORTANTE	0	=====
X	NO RECOMENDABLE	-1024	=====

A continuación se muestra la escala de flujos. Tabla 4

Tabla 4. Tabla de Flujos

ESCALA DE FLUJOS	GRADO DE RELACION
801 - ∞	A
500 - 800	E
200 - 499	I
1 - 199	U
0	U

Posteriormente se desarrollo un diagrama origen - destino, ver figura 6

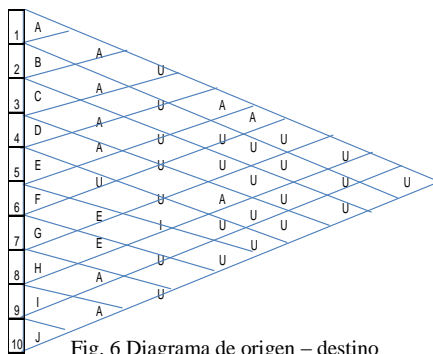


Fig. 6 Diagrama de origen - destino

Por último se desarrollo el diagrama de relación de actividades, la cual sirve de base para determinar la ubicación física de las diferentes actividades necesarias de la empresa. Ver Figura 7

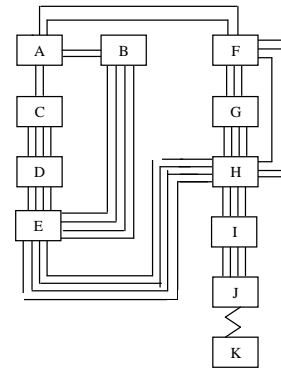


Figura 7. Diagrama de relación de actividades

Un punto clave en la distribución de planta fue considerar el espacio de cada una de las actividades considerando lo siguiente; recurso humano, las máquinas, los productos, los accesorios, el equipo de manejo de materiales, la actividad de mantenimiento, entre otros.

Se presentó la distribución de planta en AutoCad, posteriormente se determino el espacio de cada una de las áreas. Ver Figura 8



Figura 8. Layout actual

Se desarrollo el diagrama de relación de espacio de acuerdo a las medidas de cada una de las áreas. Ver Figura 9.

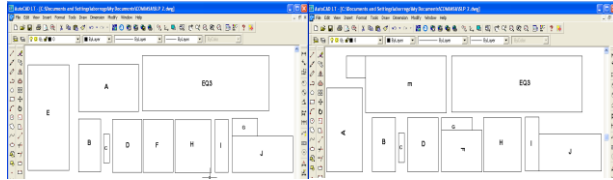


Figura 9. Layout actual (izq.), propuesta (der.)

Una vez finalizada esta etapa, se recurrió a la simulación con el fin de evaluar la distribución propuesta contra la distribución actual; además, detectar posibles cuellos de botella y en base a esto, proponer alternativas que permitan evitarlos y contribuir a aumentar la productividad de la empresa.

De suma importancia es la elección del software para desarrollar la simulación, existen diversos tipos en el mercado, los cuales básicamente se diferencian por: la cantidad de elementos que pueden manejar, efectos visuales en 3D y costo del producto. Para las pequeñas y medianas empresas este último factor es muy importante y solicitan aquel software que estrictamente se ajuste a sus necesidades con la calidad suficiente y al menor costo. En esta investigación se usó el software ProModel; éste sirve para simular y analizar sistemas de producción, provee la oportunidad de probar nuevas ideas para el diseño de sistemas o mejoras antes de contar con los recursos necesarios para construir o alterar el sistema actual. Promodel se enfoca en problemas tales como utilización de los recursos, capacidad de sistemas, productividad y niveles de inventario. Siendo necesario identificar y definir los siguientes componentes; localidades, entidades, recursos, distancias, relaciones lógico-funcionales, y variables. A partir del diagrama de flujo de Proceso mostrado en la Figura 1 se identificó lo siguiente:

13 localidades: entrada de materiales, corte, costura, armado, almacen, estafeado, mecanismos, ensamble, inspección, empaque y embarque

8 Entidades: esponja, piel, madera, tornillería, cubierta, sku 32, mecanismo, materia prima

6 Recursos: operador 1, operador2, operador3, operador4, operador5, pallet\_truck

Las distancias fueron obtenidas a partir del Layout que se desarrolló en el software de AutoCad. Las variables

fueron definidas como: tiempo de entrada, tiempo de salida; y se consideró como variable de estado el tiempo ciclo por pieza.

Para las relaciones lógico funcional, se realizó previamente una prueba de ajuste a los tiempos obtenidos de cada una de las operaciones. Ver Figura 10.

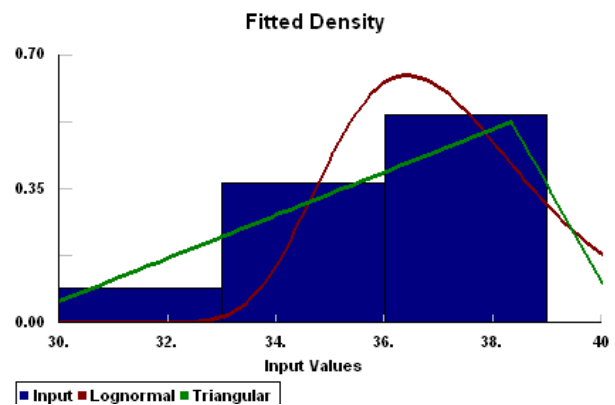


Figura 10. La operación de armado se ajusta a una distribución Lognormal.

Condiciones al correr la simulación

Se corrió durante 40 horas y el número de replicas se determinó de la siguiente manera:

$$n = \frac{m^2}{\alpha} \quad n = \text{num. de ciclos de la simulación}$$

$$\alpha = 1 - 95\%$$

$$\text{dev. est} = \frac{1}{m} \quad m = \frac{1}{3.895} \quad (1)$$

$$n = 2$$

Se evaluaron las dos distribuciones de planta tomando en cuenta las mismas variables, recursos, entidades, y relaciones lógico funcionales, con excepción de las distancias entre nodos.



**Resultados de la experimentación**

Los resultados obtenidos al realizar la simulación son los siguientes; el tiempo ciclo de la distribución propuesta fue de 236 min por pieza mientras que con la distribución actual nuestro tiempo ciclo es de 256; es decir, el tiempo ciclo se minimizo 20 min dicho de otra forma se minimizo en un 8% ver figuras 11 y 12.

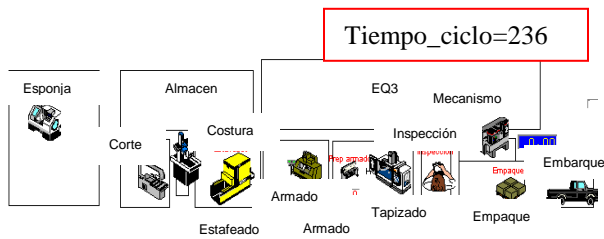


Figura 11. Resultado de la distribución propuesta

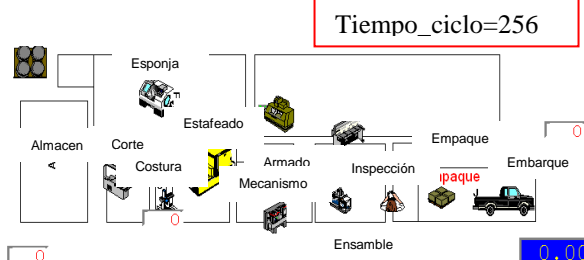


Figura 12. Resultado de la distribución actual

Los resultados en planta al implementar esta metodología hibrida se muestran en las siguientes graficas. Se obtuvo un incremento del 33 % en producción ver figura 13.

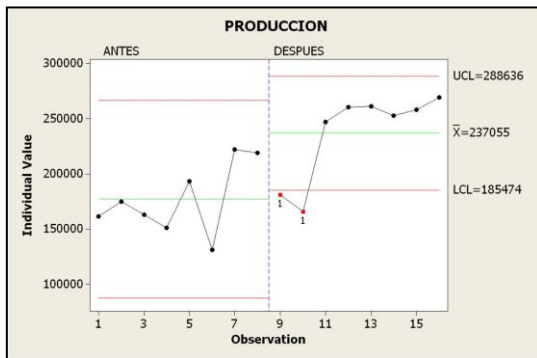


Figura 13. Grafica de Producción

Mientras que la siguiente grafica nos muestra el indicador de calidad; la mejora de éste fue de un 50 % ver figura 14

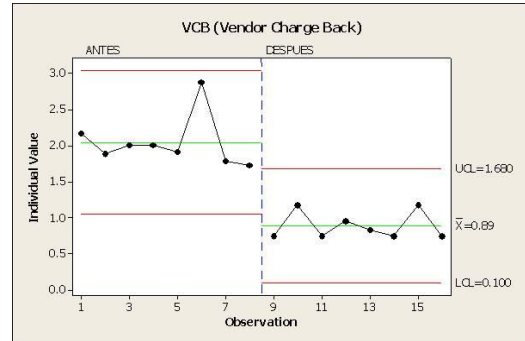


Figura 14. Grafica de Calidad

Así como la productividad aumento en un 25%. Ver figura 15.

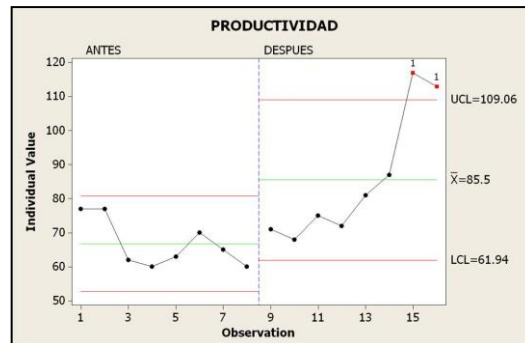


Figura 15. Grafica de Productividad

Y las ventas incrementaron un 31.5 %. Ver figura 16.

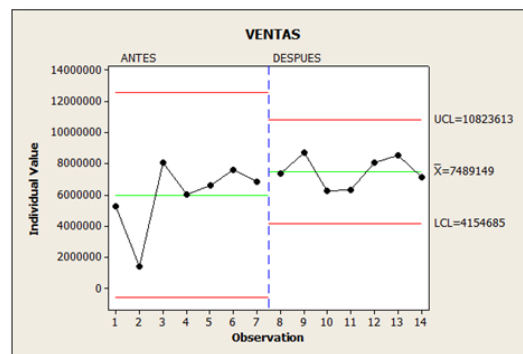


Figura 16. Grafica de Ventas



La siguiente tabla nos muestra el porcentaje de mejora en los indicadores de producción, calidad, productividad y ventas

Tabla5. Cuadro comparativo

INDICADOR	ANTES	DESPUES	LOGRO
PRODUCCION	177046	237055	33.89%
PRODUCTIVIDAD	68.17	85.5	25.42%
VENTAS	5968653	7849149	31.50%
CALIDAD	2.043	0.89	56.40%

## Conclusiones

La distribución de planta juega un papel muy importante dentro de las empresas.

En este estudio se demuestra que la aplicación de herramientas híbridas es un soporte esencial para la toma de decisiones.

Esta metodología fue evaluada en uno de los componentes de la categoría Motion, obteniendo resultados satisfactorios.

Para futuros estudios se considerara aplicar ésta metodología analizando las cuatro categorías de productos de la empresa en estudio; y evaluarlas con el software Delmia Quest.

## Referencias

- [1] D. Raman, et al. "Towards measuring the effectiveness of a facilities layout". Elsevier Robot comput integer Manuf (2008)
- [2] P. Womack and D. Roos "The Machine That Changed the World : The Story of Lean Production"
- [3] T. Huang, C.W. Kong, "A virtual prototyping system for simulating construction processes". Elsevier, 2006.
- [4] R. Martínez, M. Bernabe. "Simulación de Procesos Industriales: Beneficios para la empresa" Trabajo interno en Univerity of the Basque Country
- [5] C. Siller, L. Torres-Treviño, P. Perez Vilanueva "Considering layout in manufacturing cell formation" 12th Annual International.
- [6] Prakash A. "A Simulation Study of Flexible Manufacturing Systems". Vol.28, No. 1 pp 191-199, 1995.Elsiever Science
- [7] Hillier Lieberman. "Investigación de operaciones". Ed. Mc Graw Hill. 7ª edición

- [8] Muther, R., "Planificación y proyección de la empresa industrial (método SLP)", edit.: técnicos asociados S.A., Barcelona, 1968.

## Beatriz Adriana Borrego Gómez

Ingeniera Industrial egresada del Instituto Tecnológico de Saltillo en el año de 2004. Actualmente es aspirante a obtener el grado de Maestría en Ciencia y Tecnología con especialidad en Ingeniería Industrial y Sistemas de Manufactura del Posgrado Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (PICYT-CONACYT) sede COMIMSA.

## Cuauhtémoc Sánchez Ramírez

Es candidato a Doctor en Ciencia y Tecnología con especialidad en Ingeniería Industrial y Sistemas de Manufactura dentro del Programa Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (PICYT) sede COMIMSA.

Actualmente participa de manera activa en el desarrollo de proyectos relacionados con la logística y la administración de la cadena de suministros automotriz. Obtuvo el título de Ingeniero en Electrónica en el año de 1999 por parte del Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz. Para el año 2002, la misma institución le otorgó el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial, enfocándose en la administración estratégica de las operaciones industriales.

## Pedro Pérez Villanueva

Es Ingeniero Industrial y de Sistemas por la Universidad Autónoma de Coahuila y Maestro en Sistemas de Información por la misma Universidad. Obtuvo el Doctorado en Ingeniería Industrial y Sistemas de Manufactura dentro del Programa Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (PICYT-CONACYT) sede COMIMSA. Cuenta con 15 años de experiencia en el área de diseño y sistemas de manufactura, sistemas inteligentes y en el área de ensamble y desensamble de productos. Actualmente es Profesor-Investigador en el PICYT sede COMIMSA.

**Dirección de los autores:** Corporación Mexicana de Investigación de Materiales; Blvd. Oceanía No.190 Fracc. Saltillo 400, CP 25290 Saltillo, Coahuila, México.

e-mail: [beatrizborrego@comimsa.com](mailto:beatrizborrego@comimsa.com)





## **CIINDET 2008**

**6° Congreso Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico,  
8 al 10 de octubre de 2008, Cuernavaca, Morelos., México.**

---

e-mail: [csr@comimsa.com](mailto:csr@comimsa.com)

e-mail: [pperez@comimsa.com](mailto:pperez@comimsa.com)