

## Elementos que benefician la disminución del tiempo de ciclo de una línea de producción: Nivel de afectación de una buena distribución de planta

### Elements that benefit the reduction of the cycle time of a production line: Level of affectation of a good distribution of plant

MORENO-VÁZQUEZ, Pedro\*†, CALVILLO-VALDEZ, Oscar Daniel y BECERRA-REYES, Hugo de Jesús

*Universidad Tecnológica de Calvillo. Carretera al Tepetate N° 102 Colonia El Salitre, Calvillo, Aguascalientes  
Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes. Av. Universidad No.1001 Estación Rincón, Rincón de Romos, Aguascalientes*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Pedro, Moreno-Vázquez* / ORC ID: 0000-0001-8995-8140, CVU CONACYT ID: 665001

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Oscar Daniel, Calvillo-Valdez* / ORC ID: 0000-0003-2760-9345, CVU CONACYT ID: 922690

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Hugo de Jesús, Becerra-Reyes* / ORC ID: 0000-0001-6742-0243, Researcher ID Thomson: S-6819-2018, CVU CONACYT ID: 947213

Recibido 23 de Enero, 2018; Aceptado 12 de Marzo, 2018

#### Resumen

En la presente investigación se evalúa si la disminución de tiempos de ciclo en una línea de producción se ve beneficiada de manera significativa por una buena distribución de planta debido a la distancia que recorre el material dentro del proceso productivo. Todo esto a consecuencia de un aumento en la exigencia de los usuarios que cada vez demandan productos con mayor calidad y a precios más accesibles. Lo cual trae como consecuencia un incremento en la búsqueda de la optimización de los procesos en las mismas, lo que exige a las empresas tener procesos flexibles y tiempos de producción cada vez más cortos. Los resultados obtenidos permiten visualizar si el tener una buena distribución de planta asegura un funcionamiento eficiente del proceso productivo, enfocado al tiempo de ciclo de las operaciones y el buen manejo de materiales, esto con el fin de obtener una reducción de costos, basando dicha actividad en una metodología que ayude a generar cargas de trabajo balanceadas que permitan tener una producción continua y con un mínimo margen de error.

**Distribución de planta, Línea de producción, Tiempo de ciclo, Costos de producción**

#### Abstract

In the present investigation, it is evaluated whether the reduction of cycle times in a production line is significantly benefited by a good plant distribution due to the distance that the material travels within the production process. All this as a result of an increase in the demand of users who increasingly demand products with higher quality and at more accessible prices. This results in an increase in the search for the optimization of the processes in them, which requires companies to have flexible processes and increasingly shorter production times. The obtained results allow to visualize if having a good distribution of plant ensures an efficient operation of the productive process, focused on the cycle time of the operations and the good handling of materials, this in order to obtain a reduction of costs, basing said activity in a methodology that helps generate balanced workloads that allow continuous production and with a minimum margin of error.

**Plant distribution, Production line, Cycle time, Production cost**

**Citación:** MORENO-VÁZQUEZ, Pedro, CALVILLO-VALDEZ, Oscar Daniel y BECERRA-REYES, Hugo de Jesús. Elementos que benefician la disminución del tiempo de ciclo de una línea de producción: Nivel de afectación de una buena distribución de planta. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018, 2-5: 1-9

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: pedro.moreno@utcalvillo.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En las investigaciones se pueden encontrar trabajos que tratan sobre la importancia de la distribución y redistribución de planta. En estos trabajos se comenta sobre la importancia de la reducción de costos de producción para lograr la supervivencia de estas empresas, también se aborda el nivel de inventario en proceso (WIP) que es un elemento fundamental para lograr los objetivos de la reducción de costos, pero no muchos hablan sobre la importancia del tiempo de ciclo.

Actualmente las empresas líderes en el mercado y las que pretenden posicionarse en la misma condición, no siempre trabajan con la fabricación de un producto único, necesitan tener una variedad de los mismos, con el fin de cubrir la demanda del mercado y las diferentes necesidades de los clientes. Lo que trae como consecuencia para las empresas la evolución y adaptación de su filosofía de trabajo, con el fin de convertirla a un sistema de manufactura flexible, que le permita lograr la eficiencia y calidad demandada por los clientes y superar los productos de su competencia en el mercado.

En la actualidad, la mayoría de las pequeñas y medianas empresas instalan sus oficinas de manera improvisada y sin planear correctamente las áreas y los espacios, sin darse cuenta de que esto les puede repercutir en tiempos de entrega, costos de producción y costos futuros [1]. Esto tiene como consecuencia un crecimiento desorganizado en los pequeños y medianos negocios, los cuales al momento de su expansión no realizan estudios para llevar a cabo las nuevas distribuciones o redistribuciones de planta, no se preocupan por la optimización de las estaciones de trabajo y líneas de producción existentes, lo cual tiene como consecuencia la optimización del tiempo de ciclo.

La presente investigación pretende hacer una aportación sobre el grado de beneficio provocado por el tiempo de ciclo y los costos en una línea de producción de una empresa directamente relacionados con el nivel de eficacia de la distribución de la planta.

Ya que esto repercute en los tiempos de producción, que trae muchas consecuencias, la más importante es la credibilidad perdida con los clientes, ya que no se cumplen con los acuerdos establecidos de entrega de productos.

El tiempo de ciclo es muy importante ya que determina el nivel de producción y el tiempo que esperará el cliente interno (proceso siguiente). Un indicador que será de mucha utilidad para medir el flujo del proceso es el WIP, ya que permite ver los cuellos de botella del proceso de producción, lo que nos lleva a tiempos de espera que repercuten en costos, que a final de cuentas amortigua el usuario final.

Una vez que los empresarios comprendan la importancia negativa de estas afectaciones, tendrán la oportunidad de establecer mejoras en la distribución de planta; lo que repercute en rediseños de layout que tendrá como resultado un mejor flujo del proceso de producción, reducción de tiempos de ciclo y niveles de costos, que trae como consecuencia ser más competitivos.

## Fundamentos Teóricos

Inicialmente para plantear un adecuado sistema en línea en una empresa y/o industria se debe tener en cuenta la medición de tiempos, ya sea por: actividades, procesos, procedimientos, ciclos, periodos, lapsos entre otros, pues esta proporcionará un escenario más claro de los procesos de mejoramiento en el modo de operar que se tenía implementado antes del sistema en línea; se realiza una comparación, medición, balanceo y análisis de resultados así: proceso antiguo individual vs proceso línea grupal [2].

La reducción de tiempos de manufactura y nivel de inventario en proceso (WIP) son las piedras angulares de las estrategias más populares de manufactura, como lo es la manufactura esbelta, respuesta rápida y Justo a Tiempo (JIT) [3]. La disposición física de instalaciones puede afectar el funcionamiento operacional del plazo de entrega o el nivel de inventario en proceso (WIP). Además de que el criterio tradicional del diseño de las instalaciones es un indicador pobre para medir el funcionamiento del plazo de entrega y el WIP.

Es más importante identificar las características de las disposiciones que tienden a reducir el plazo de entrega y el WIP [4].

Distribución de Planta es el proceso de ordenación física de los elementos industriales de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible.

MORENO-VÁZQUEZ, Pedro, CALVILLO-VALDEZ, Oscar Daniel y BECERRA-REYES, Hugo de Jesús. Elementos que benefician la disminución del tiempo de ciclo de una línea de producción: Nivel de afectación de una buena distribución de planta. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018

Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal de taller [5].

Una distribución de planta eficiente debe cumplir con siete objetivos básicos, los cuales son [6]:

- Simplificar al máximo el proceso productivo.
- Minimizar los costos de manejo de materiales.
- Tratar de disminuir la cantidad de trabajo.
- Aprovechar el espacio de la manera más efectiva posible.
- Aumentar la satisfacción del operario y procurar la seguridad en el trabajo.
- Evitar inversiones de capital innecesarias.
- Aumentar el rendimiento de los operarios estimulándolos convenientemente.

Siempre que los materiales son detenidos, tienen lugar las esperas o demoras, y estas cuestan dinero. Los costos de espera incluyen los siguientes:

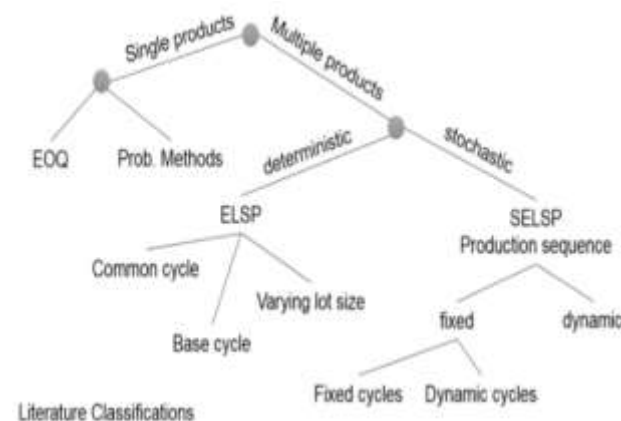
- Costos del manejo efectuado hacia un punto de espera y el mismo hacia la producción.
- Costo del manejo en el área de espera.
- Costo de los registros necesarios para no perder la pista del material en espera.
- Costos de espacio y gastos generales.
- Intereses del dinero generados por material ocioso.
- Costo de protección del material en espera.
- Costos de los contenedores o equipo de retención utilizados.

Con relación a este tema Jarrahi y Abdul-Kader [7], muestran como Johri desarrolló un modelo de programación lineal para medir el tiempo de ciclo en una producción en serie automatizada, línea en la que cada estación de trabajo es propensa al fracaso. Buzacot presentó algunos modelos simples de los sistemas de producción-inventario y demostraron cómo la capacidad de producción y la flexibilidad se han mejorado con el uso de los bancos de inventario.

Una de las ideas por la cual optar, es dividir el funcionamiento de la línea de producción en ciclos de tiempo, y asumir que el mismo ciclo es compartido por toda la línea [8].

Es imperativo para las operaciones gestionar las crecientes dinámicas de la situación para evitar el exceso de inventario, mediante la aplicación de un enfoque ágil de distribución de alimentos; así aumentar la flexibilidad de las operaciones y los pedidos de productos para satisfacer la demanda del cliente [9].

Este aumento de la flexibilidad apoya la producción a medida que se necesita. Los programas de fabricación son dirigidos con el objetivo de minimizar el costo de almacenamiento, instalación y escasez. Este estudio se centra en una única, ágil, línea de producción con capacidad múltiples productos [10].



**Figura 1** Esquema de evaluación dinámica

Fuente: Elaborado por Garn y Aitken, 2015, p.3-4

## Justificación

El tiempo de ciclo es muy importante, ya que determina el nivel de producción, tiempo de ciclo y el tiempo que esperará el cliente interno (proceso siguiente).

Un indicador que será de mucha utilidad para medir el flujo del proceso es el WIP, ya que permite ver los cuellos de botella del proceso de producción, lo que nos lleva a tiempos de espera que repercuten en costos que a final de cuentas amortiguan el usuario final.

Una vez que los empresarios comprendan la importancia negativa de estas afectaciones, tendrán la oportunidad de establecer mejoras en la distribución de planta, lo que repercute en rediseños de layout que tendrán como resultado un mejor flujo del proceso de producción, reducción de tiempos de ciclo y niveles de costos, que trae como consecuencia ser más competitivos.

En base a las investigaciones realizadas, se puede ver que la mayoría de las empresas en Aguascalientes instalan sus oficinas y áreas de producción sin planearlas correctamente.

Este problema es significativo en el municipio, debido a que muchas empresas comienzan como un taller familiar y no planean a futuro previendo un crecimiento, cuando éste llega, no se realizan modificaciones a la misma, sino una reducción del espacio en el área de trabajo, lo que trae como consecuencia el prescindir de oficinas y pasillos.

En este estudio se pretende analizar las decisiones fundamentales que tiene que tomar una empresa bajo condiciones de competencia perfecta, para lograr el objetivo de producir con la máxima eficacia económica posible, para lograr el nivel de producción de máxima eficacia económica y máxima ganancia.

Así mismo, el estudio planteado proporcionará información útil para futuras investigaciones sobre cómo abordar el tema de la distribución de planta, tiempo de ciclo y costos de producción.

### Planteamiento del Problema

¿En qué grado afectan las distancias entre centros de departamentos, los tiempos de ciclo y costos de una línea de producción, el nivel de eficacia del flujo de un proceso productivo?

### Hipótesis de Investigación

Las hipótesis de investigación del presente trabajo plantean lo siguiente:

H<sub>0</sub>: Las distancias entre centros de departamentos no afectan significativamente los tiempos de ciclo y costos de una línea de producción en relación al nivel de eficacia del flujo de un proceso productivo.

H<sub>1</sub>: Las distancias entre centros de departamentos afectan significativamente los tiempos de ciclo y costos de una línea de producción en relación al nivel de eficacia del flujo de un proceso productivo.

### Materiales y Métodos

Esta investigación se llevó a cabo mediante el método propuesto por Roberto Hernández Sampieri, como diseño cuasiexperimental de tipo prueba-posprueba con grupos de control [11]. La investigación es en campo, se recolecta la información necesaria para realizar las inferencias pertinentes.

El procedimiento que se siguió, de manera general, incluye los siguientes pasos:

1. Obtención de la información mediante una prueba piloto sobre la forma en que la empresa trabaja la planeación de la línea de producción para observar su comportamiento y resultados.
2. Analizar los resultados de la prueba piloto para encontrar diferencias en metodologías de trabajo y resultados.
3. Con apoyo de la base de datos de la SEDEC (Secretaría de Desarrollo Económico), dentro del total de empresas metal-mecánicas en el municipio de Aguascalientes, se realiza una delimitación de las empresas que tienen constantes cambios en su sistema de manufactura (líneas flexibles), con el fin de determinar un número de posibles a evaluar.
4. Aplicar una encuesta de diagnóstico, si una tercera parte de las respuestas de cada factor muestran una respuesta afirmativa "SI", se tiene muchas posibilidades de mejorar realizando una redistribución de planta.
5. En este apartado se analizan los datos obtenidos en la recolección con el principal objetivo de determinar si la disminución de tiempos de ciclo en una línea de producción se ve beneficiada de manera significativa por una buena distribución de planta debido a la distancia que recorre el material dentro del proceso productivo

MORENO-VÁZQUEZ, Pedro, CALVILLO-VALDEZ, Oscar Daniel y BECERRA-REYES, Hugo de Jesús. Elementos que benefician la disminución del tiempo de ciclo de una línea de producción: Nivel de afectación de una buena distribución de planta. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018

Las variables utilizadas se midieron de la siguiente manera:

- Distribución de planta: para convertirla en una variable cuantitativa se trabajó como distancia entre centros de los departamentos, utilizando los tiempos de realización de las operaciones, la unidad de medida de esta variable en el estudio es en segundos.
- Tiempo de Ciclo: Los estándares de producción son la forma de medir esta variable en el estudio, tomando como unidad de medida las piezas fabricadas por hora.
- Costos en una línea de producción: Se utilizan dos subdivisiones que son: los costos de mano de obra (costo que interviene directamente en la transformación del producto) y los niveles de productividad medido en piezas por operario por hora.

6. Se trataron estadísticamente los datos con los paquetes de cómputo Microsoft Excel 2016 y Statgraphics stratus para determinar si existía correlación. Las distancias entre los centros de departamentos y la optimización del tiempo de ciclo.

7. Se llevó a cabo una prueba de diferencia de medias entre los datos obtenidos antes y después de aplicar el tratamiento, determinando con esto si había un efecto significativo en los niveles de producción y los costos de las mismas.

8. Se concentraron los resultados encontrados.

9. Establecimiento de conclusiones.

10. Determinación de recomendaciones.

## Resultados

### Caso 1

El presente caso es el grupo de control, el cual se lleva a cabo en la empresa RVZ Metalic S.A. de C.V. en el proceso de punteo de malla, el proceso tiene un tiempo elevado en el paro de las máquinas punteadoras, esto debido a que la habilitación de la operación (llenado de molde) es un proceso tardado.

Actividad	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	Tiempo Total	Observaciones
Preparación de la máquina	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	
Operación de la máquina	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Tiempo total de la estación	1:00:00	1:00:00	1:00:00	1:00:00	1:00:00	1:00:00	1:00:00	1:00:00	1:00:00	1:00:00	1:00:00	

**Figura 2** Análisis de tiempos y movimientos estación de trabajo punteo de parrilla

En la Figura 2 se observa el estudio de tiempos y movimientos realizado a la celda de manufactura, en la cual se obtiene el tiempo ciclo de la operación, lo que permite obtener la capacidad del proceso. Esta operación se realiza en la misma celda de trabajo, pero operada por tres equipos de trabajo diferentes (un equipo por turno de trabajo), interviene en la máquina punteadora uno un operador y un auxiliar, en la máquina punteadora dos solo un operador, así para todos los equipos de trabajo, con el fin de cubrir con el requerimiento diario de producción que son 2,200 piezas por día.



**Figura 3** Carta de estandarización del trabajo de punteo de parrilla

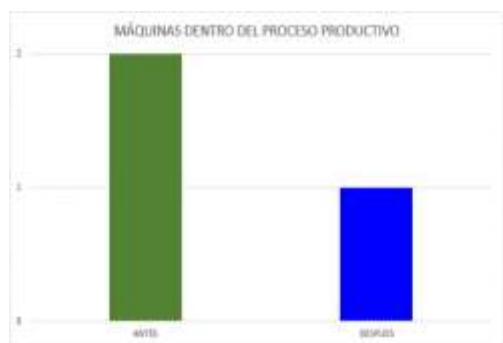
En la Figura 3 Se observa la carta de estandarización de trabajo, en la cual se puede observar la metodología de trabajo, mediante un layout en el cual se indica la realización de inspecciones, la realización de las operaciones además de indicar donde se tiene almacén en proceso (WIP), además del número de operarios directos que interfieren en la operación. Se puede observar que, debido a los tiempos de habilitado de moldes para puntear los productos, las máquinas tienen un alto nivel de tiempos muertos, lo que eleva el tiempo de ciclo y no permite cumplir con los requerimientos de producción en base a lo que necesita el cliente.



**Figura 4** Carta de estandarización del trabajo después del tratamiento de punteo de parrilla.

En la Figura 4 Se observar el cambio en la metodología de trabajo con la modificación del layout, integrando las dos estaciones de trabajo en una sola operación, cambia totalmente la metodología, se elimina el movimiento de materiales de una máquina punteadora a otra, se eliminan los tiempos muertos de las máquinas a causa de la habilitación de la operación, se elimina un operador especializado de la máquina punteadora 2, cambiándolo por un segundo habilitador de la operación en la punteadora uno.

Las mejoras realizadas a la distribución del área de trabajo y a la metodología de trabajo facilitan el proceso productivo y aseguran aún más la calidad en los productos, debido a que todo se hace en una sola máquina y con un solo tipo de moldes. Anteriormente se trabajaba con una pequeña celda de manufactura compuesta por dos máquinas punteadoras y dos distintos tipos de moldes de punteo.



**Figura 5** Análisis comparativo del número de máquinas antes y después del tratamiento

En la **figura 5**, al realizar el estudio se modifica el layout y se reduce el número de máquinas en la operación, lo que beneficia en una reducción del 50% en costos de operación y maquinaria dentro de los costos de producción.



**Figura 6** Análisis comparativo del costo de mano de obra antes y después del tratamiento

En la Figura 6, se muestra el comparativo de los costos de mano de obra, antes del análisis, existen dos operadores directos, un habilitador y una persona para movimiento de materiales (solo interviene una tercera parte de su tiempo productivo), dando un total de 3.3 trabajadores por turno, después del análisis se tiene un trabajador directo por turno con dos habilitadores, las labores de movimiento de materiales se pasan al personal de montacargas, dando un total de 3 trabajadores por turno. La reducción en el número de trabajadores no es significativa, pero los beneficios se ven en los costos de mano de obra, los cuales generan un ahorro del 31.25%

Debido a la mejora realizada en el diseño de los moldes de punteo y la mejora realizada en la distribución de planta, se obtienen otros resultados, como la eliminación del 100% del inventario en proceso (WIP) dentro de las diferentes etapas de la manufactura, debido a que se elimina el movimiento de los materiales por trabajar en una sola etapa el producto, además de eliminar los tiempos muertos de las máquinas punteadoras en un 100%, gracias a que al realizar el rediseño de los moldes de trabajo, estos quedan fabricados de tal manera que es más sencillo el proceso de ensamble de la materia prima en los mismos, quedando más simple su manipulación.

## Caso 2

El presente caso es el grupo de control, el cual se lleva a cabo en la empresa Comercializadora y Maquinados JL S.A. de C.V. en el área de soldadura, el proceso tiene paros por parte del soldador, debido a que se tiene mezcla de materiales (lateral izquierdo y derecho), en ocasiones los soldadores alcanzan al habilitador de la operación al momento de ensamblar y desensamblar los moldes.

MORENO-VÁZQUEZ, Pedro, CALVILLO-VALDEZ, Oscar Daniel y BECERRA-REYES, Hugo de Jesús. Elementos que benefician la disminución del tiempo de ciclo de una línea de producción: Nivel de afectación de una buena distribución de planta. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018

No.	Actividad	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Tempo individual	Categoría de actividad	Comentarios
1	Realizar la soldadura de la pieza	15.50	14.50	14.00	13.50	13.00	12.50	12.00	11.50	11.00	10.50	12.00		
2	Realizar la soldadura de la pieza	14.50	13.50	13.00	12.50	12.00	11.50	11.00	10.50	10.00	9.50	11.00		
3	Realizar la soldadura de la pieza	13.50	12.50	12.00	11.50	11.00	10.50	10.00	9.50	9.00	8.50	10.00		
4	Realizar la soldadura de la pieza	12.50	11.50	11.00	10.50	10.00	9.50	9.00	8.50	8.00	7.50	9.00		
5	Realizar la soldadura de la pieza	11.50	10.50	10.00	9.50	9.00	8.50	8.00	7.50	7.00	6.50	8.00		
6	Realizar la soldadura de la pieza	10.50	9.50	9.00	8.50	8.00	7.50	7.00	6.50	6.00	5.50	7.00		
7	Realizar la soldadura de la pieza	9.50	8.50	8.00	7.50	7.00	6.50	6.00	5.50	5.00	4.50	6.00		
8	Realizar la soldadura de la pieza	8.50	7.50	7.00	6.50	6.00	5.50	5.00	4.50	4.00	3.50	5.00		
9	Realizar la soldadura de la pieza	7.50	6.50	6.00	5.50	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00	2.50	4.00		
10	Realizar la soldadura de la pieza	6.50	5.50	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00	2.50	2.00	1.50	3.00		
Tiempo de Operación		10.00	9.00	8.00	7.00	6.00	5.00	4.00	3.00	2.00	1.00	4.00		

Figura 7 Análisis de tiempos y movimientos estación de trabajo soldar exhibidor Arete MR

En la Figura 7 se observa el estudio de tiempos y movimientos realizado a la celda de manufactura, en la cual se obtiene el tiempo ciclo de la operación, lo que permite obtener la capacidad del proceso. Esta operación se realiza con un equipo de trabajo de 2 soldadores y 3 habilitadores de la operación, los operadores están divididos en dos etapas para la fabricación del producto, la primera es soldar las rondanas a los laterales derechos e izquierdos y en la segunda etapa se ensambla el producto terminado, con el objetivo de cubrir la demanda diaria del cliente que son 900 piezas por día.



Figura 8 Carta de estandarización del tratamiento de soldar exhibidor Arete MR

En la Figura 8 Se observa la carta de estandarización de trabajo, en la cual se puede observar la metodología de trabajo, mediante un layout en el cual se indica la realización de inspecciones, la realización de las operaciones además de indicar donde se tiene almacén en proceso (WIP) entre la estación de trabajo de soldar rondana a lateral derecho e izquierdo, teniendo en este proceso el problema de la mezcla de materiales, lo que genera un 15% de productos no conformes (los cuales se tienen que retrabajar desoldando la rondana y colocando una nueva pieza en la posición correcta).

Los tiempos muertos para el soldador 2 existen debido a que tiene que realizar una inspección visual a los ganchos laterales para asegurarse que están en posición correcta, lo que hace que el tiempo de ciclo aumente un promedio de 2 segundos por ciclo.

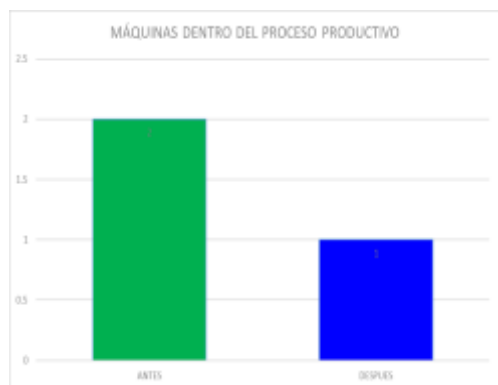


Figura 9 Carta de estandarización del trabajo después del tratamiento de soldar exhibidor Arete MR

En la Figura 9 Se observar el cambio en la metodología de trabajo con la modificación del layout, integrando las dos estaciones de trabajo en una sola operación, la metodología de trabajo cambió, los moldes de soldadura se modificaron para no trabajar en dos etapas, así se evita la mezcla de componentes (cambiar gancho izquierdo por derecho y viceversa), se elaboró un molde, en el cual se realiza el producto terminado en una sola fase, facilitando el acomodo de las piezas en el mismo, lo cual baja en un promedio de 6.5 segundo el armado de los mismos, ya que las piezas tienen registros de calidad más simples y el molde tiene una posición en la cual su armado es menos complejo.

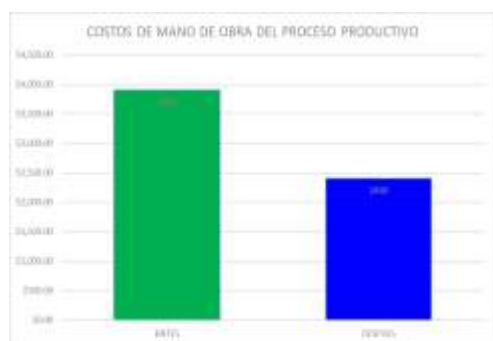
Las mejoras realizadas en la distribución del área de trabajo (layout), ayuda a simplificar la metodología de trabajo, además de ayudar al habilitador de la operación a simplificar su trabajo en el armado del molde. Se realiza todo el proceso en un solo par de moldes, con un soldador y un habilitador.





**Figura 10** Análisis comparativo del número de máquinas antes y después del tratamiento

En la Figura 10, al realizar el estudio se modifica el *layout* y se reduce el número de máquinas en la operación, lo que beneficia en una reducción del 50% en costos de operación y maquinaria dentro de los costos de producción.



**Figura 11** Análisis comparativo del costo de mano de obra antes y después del tratamiento

En la Figura 11, se muestra el comparativo de los costos de mano de obra, antes del análisis, existen dos operadores directos y tres habilitadores de las operaciones, dando un total de 5 trabajadores, después del análisis se tiene un trabajador directo con un habilitador, dando un total de 2 trabajadores. La reducción en el número de trabajadores es significativa, debido a que se reduce en 60% el número de trabajadores. Los costos de mano de obra generan un ahorro del 38.46% debido a que se elimina un soldador y dos habilitadores al hacer la mejora en los moldes de producción.

Debido a la mejora realizada en el diseño de los moldes de soldadura y la mejora realizada en la distribución del área de trabajo, se obtienen otros resultados, como la eliminación del 100% del inventario en proceso (WIP) dentro de las diferentes etapas de la manufactura, debido a que se elimina el movimiento de los materiales por trabajar en una sola etapa el producto.

## Conclusiones

Teniendo los resultados de los dos casos de una forma individual, se obtienen los incrementos de productividad de manera individual para realizar una comparación de muestras múltiples.

Realizando un análisis de varianza, el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es inferior a 0.05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables (Distribución de Planta, Tiempo de Ciclo y Costos de una Línea de Producción) a un nivel de confianza del 95.0%.

Con esta investigación que se llevó a cabo en dos diferentes empresas del sector metal mecánico, se tuvo la oportunidad de conocer los procesos críticos en las diferentes etapas del sistema de producción, de los cuales se seleccionaron los procesos con mayor problemática en la distribución de planta y problemas de tiempos.

Sin perder de vista que la investigación desde su inicio planteó si la evaluación de las distancias entre centros de departamentos afectan significativamente el tiempo de ciclo y los costos de una línea de producción, de acuerdo a los resultados obtenidos al realizar el análisis estadístico en dos casos distintos mostrados anteriormente, se corrobora que la hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa, lo cual significa que las distancias entre centros de departamentos si afectan significativamente el tiempo de ciclo y los costos de producción.

Esta investigación permitió confirmar que el tener una distribución de planta correcta no asegura un funcionamiento eficiente del proceso de producción, debido a que una distribución de planta eficiente puede mejorar el manejo de materiales, pero no garantiza una eficiencia en el tiempo de ciclo del proceso y la eliminación de tiempos muertos dentro del proceso productivo y la reducción de costos, debido a que esto está basado más que en una distribución en una metodología y un balance de cargas de trabajo con el fin de tener una línea de producción continua.



Los costos de producción disminuyen desde el 31% hasta el 38%, de igual manera los tiempos muertos de las máquinas disminuyeron en al menos un 75% en los casos expuestos, los cuales no representan una tendencia de comportamiento para análisis futuros, estos resultados dependen del reacomodo de las estaciones de trabajo y cómo aprovechan de la manera más eficiente la utilización del tiempo disponible de los operadores y se eliminan los tiempos muertos.

Los costos de una línea de producción dependen en gran medida del balanceo de la misma, con esto se reafirma que una buena planeación de producción puede compensar una mala distribución de planta, pero no asegura resultados completamente satisfactorios.

### Referencias

- [1] Chávez Miranda Francisco, “Oficinas de planta abierta en PYMES de la construcción y su impacto en el clima organizacional”, Hermosillo, Sonora México 2004.
- [2] Giraldo Restrepo Yesid, Bermúdez Hernández Jonathan. “Distribución en línea en empresa de alimentos”, QUID: Investigación, Ciencia y Tecnología, ISSN-e 2462-9006, ISSN 1692-343X, N°. 24, 2015, págs. 21-28.
- [3] Hopp, W. and M. L. Spearman, *Factory Physics*, Second Edition, Irwin/McGraw-Hill, NY, 2000.
- [4] Saifallah Benjaafar, “Modeling And Analysis Of Congestion In The Design Of Facility Layouts” *Minnesota, Enero 2002*.
- [5] Moore, “Plant Layout and Design”, Ed. McGraw-Hill, New York, Estados Unidos, 1962.
- [6] Diego Mas, José Antonio, Optimización de la Distribución en Planta de Instalaciones Industriales Mediante Algoritmos Genéticos. Valencia, España 2006.
- [7] Jarrahi, F., y Abdul-Kader, W. (2014). Performance evaluation of a multi-product production line: An approximation method. *Applied Mathematical Modelling*. 39(13) 3619–3636. doi:10.1016/j.apm.2014.11.059
- [8] Rudolf, G., Noyan, N., y Giard, V. (2014). Modeling sequence scrambling and related phenomena in mixed-model production lines. *European Journal of Operational Research*. 237, 177–195. doi:10.1016/j.ejor.2014.02.041
- [9] Jarrahi, F., y Abdul-Kader, W. (2014). Performance evaluation of a multi-product production line: An approximation method. *Applied Mathematical Modelling*. 39(13) 3619–3636. doi:10.1016/j.apm.2014.11.059
- [10] Garn, W., y Aitken, J. (2015). Agile factorial production for a single manufacturing line with multiple products. *European Journal of Operational Research*. 245 (3), 754–766. doi:10.1016/j.ejor.2015.03.042.
- [11] Roberto Hernández Sampieri, Metodología de la Investigación, D.F., México, 1991.