

# Aplicación de Lean Manufacturing en el área de moldes de cerámica



## Colaboración

Pérez Ascencio Claudia Jazmín; Cardona Ferniza Brenda Leticia; Segovia Avila Elda, Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias

**RESUMEN:** En el artículo se presenta información de la implantación de Lean Manufacturing en una empresa dedicada a la elaboración de productos de cerámica, en donde se logra eliminar todas actividades que no agregan valor en el proceso de moldes, obteniendo una mejor distribución del mismo mediante la aplicación de las herramientas como: Distribución de planta, estudio de tiempos, mapeo de procesos y ergonomía. Al desarrollar el proyecto se logra reducir los tiempos de proceso, con un balanceo de operaciones, mejorando las condiciones de trabajo de los operadores e incrementando la eficiencia de producción en la empresa.

**PALABRAS CLAVE:** Lean Manufacturing, layout, tiempo de ciclo, conveyor, balanceo de operaciones.

**ABSTRACT:** The article presents information on the implementation of Lean Manufacturing in a company dedicated to the production of ceramic products, where it is possible to eliminate all activities that do not add value in the mold process, obtaining a better distribution in the process through the application of tools such as plant distribution, time study, process mapping and ergonomics. When developing the project, it manages to reduce the processing times, with a balance of operations, improving the working conditions of the operators and increasing the production efficiency in the company.

**KEYWORDS:** Lean Manufacturing, layout, Cycle time, conveyor, balancing of operations.

## INTRODUCCIÓN

En el presente artículo se contempla implementar el sistema Lean Manufacturing, que es una cultura de trabajo enfocado a la eliminación en todo momento de las actividades que no agregan valor al producto o servicio (desperdicios) [1], mediante un conjunto de herramientas y estrategias que permiten incrementar el valor agregado en las operaciones con el fin de incrementar la calidad y disminuir costos y tiempos de entrega [2]. En la empresa de cerámica el proceso de moldes presenta problemas en eficiencia por tiempos elevados en la producción. Para Analizar y mejorar la situación se hace uso de las herramientas de Lean Manufacturing, que sustentan que son indispensables para identificar las actividades que no agregan valor al proceso y hacer más eficientes las que son indispensables para el pro-

ceso [3]. La Hipótesis de la Investigación es que mediante la aplicación correcta de las herramientas de Lean Manufacturing, se obtiene un incremento en la eficiencia del proceso. Por lo tanto esta investigación tiene como objetivo mejorar el proceso de moldes de cerámica.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los materiales utilizados fueron listas de cotejo, cuadros de análisis, y formatos de herramientas de ingeniería industrial, así como Excel para estructura y análisis comparativo.

### Metodología Lean Manufacturing

La metodología fue la propuesta por la fábrica de cerámica. Para la aplicación del sistema Lean Manufacturing se realizaron diversas actividades las cuales se muestran a continuación:

#### a) Propuesta de Layout

El primer paso para implementar el proyecto fue conocer el área donde se requería la aplicación de Lean Manufacturing y así la elaboración de los moldes. Se tomaron las medidas del área de producción de moldes la cual fue de: 16 X 15 mts, las cuales fueron divididas para las mesas de trabajo, se reacomodo el área de acuerdo al espacio y a las necesidades de los trabajadores. El objetivo de esta actividad es mejorar las condiciones de trabajo.

#### b) Estudio de tiempos de ciclo por molde

Se realizó un estudio de tiempo de los moldes con la finalidad de saber cuánto tiempo se tarda una persona haciendo un molde. La toma de tiempos se tomó a los componentes que integran los moldes lo cuales son: Corazón, lateral derecha, lateral izquierda, pie y respaldo. Donde el tiempo de ciclo, como se muestra adelante en los resultados de la tabla 1, están entre 33.35 a 34.21 minutos; es importante mencionar que estos tiempos fueron tomados antes de implementar el proyecto Lean.

Tabla 1. Toma de tiempo.

Estudio de Tiempos (lateral derecha)					
No.	Nombre de la operación	VA	Traslados	Esperas	NV/AN
1	Limpieza de matriz	375	25		
2	Colocación de spagless	32			
3	Cerrar matriz	118			
4	Espera de llenado de matriz			160	
5	Llenado de matriz			18	
6	Tiempo de fraguado			630	
7	Retirar spagless	132			
8	Armado de spagless superiores	259			
9	Colocación de taquetes	42			
10	Colocación y corte de colas de rata	31			
11	Sopleteo para retirar el molde	32	25		
12	Sacar el molde de la matriz	31	10		
13	Ayudar a sacar pieza de matriz	50	30		
<b>Total de segundos</b>		<b>1103</b>	<b>90</b>	<b>808</b>	<b>0</b>
<b>Total de tiempo de ciclo (seg)</b>					<b>2001</b>
<b>Total de tiempo de ciclo (min)</b>					<b>33.35</b>

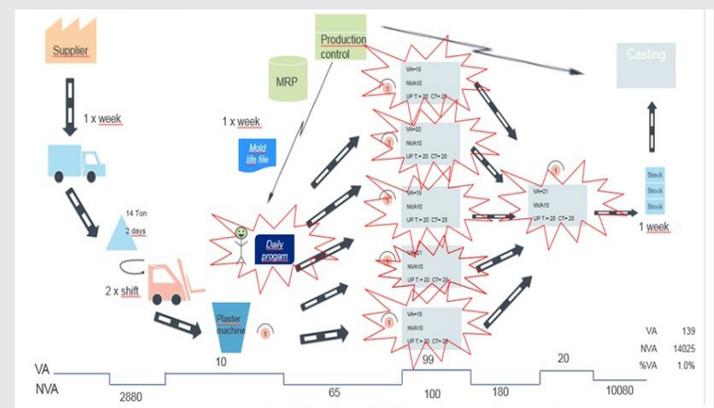
#### c) Realización de Mapeo de proceso (VSM)

El diagrama se realizó con la finalidad de observar el proceso completo desde que es emitida una orden del cliente para ser producida, hasta que el producto final esta entregado. Se realizó el cálculo del tiempo de valor agregado y no valor agregado [4], que corresponde a 139 segundos y 14025 segundos respectivamente.

#### VA: Valor agregado

• Para sacar el valor agregado se toma en cuenta toda operación que agregue valor al producto. La máquina plaster es la que realiza la mezcla para los moldes, la cual dura 10 minutos realizando su proceso.

Al realizar el análisis correspondiente se elaboró el diagrama de mapeo de procesos como se muestra en la figura 1 con la finalidad de detectar actividades que no agregan valor (NVA).



Gráfica 1: VSM"

- Con los resultados del proceso de fabricación de los moldes se tomó en cuenta el 9.9 minutos de 30 que dura el proceso. Los 9.9 incluye el armado de la matriz, la limpieza, el desarmado de la matriz y el vaciado de la mezcla para la realización del molde. Son 9.9 actividades X 10 moldes = 99 minutos.
- El tiempo que dura en ensamblar los moldes el turno es de 2 minutos. 2 minutos X 10 piezas por turno = 20 minutos

#### NVA: No valor agregado

• El cálculo del No valor agregado se sacó de los dos días de inventario, se tomó estos días porque son los días de espera para la llegada de la materia prima, se realizó la siguiente operación:

$$2 \text{ días de Llegada: } 2 \times 24 \text{ horas} = 48 \text{ Horas}$$

$$48 \text{ horas} \times 60 \text{ Min} = 2880 \text{ minutos.}$$

- Al comienzo del turno se desperdicia tiempo al preparar las herramientas de trabajo y el material

que utilizaran para la creación del molde. Su hora de entrada es a las 6:30 am y comienzan a laborar a las 7:35 am.

6:30-7:35= 65 minutos

- Los 100 minutos se toman por el tiempo de fraguado del molde, cada trabajador fabrica 10 moldes por turno

10 moldes X 10 minutos (Fraguado) = 100 minutos

- El tiempo que se tarda en formar el molde es de 180 minutos, para sacar este resultado se realizó la toma de tiempo en lo que duran en salir los moldes, cada 30 minutos sale un molde. Para la operación se tomó en cuenta el tiempo de fraguado y la espera del llenado de la matriz.

Fraguado: 10 minutos

Llenado de matriz: 1 minuto

Ayuda al compañero a sacar molde y sacar el propio: 7 minutos

18 X 10 moldes por turno=180 minutos

- Cuando están preparados los moldes se tardan una semana para ser entregados con el cliente que en este caso es vaciado y es un tiempo de espera del molde que no agrega valor al producto.

1 semana= 7 Días

7 Días X 24 Horas= 168 Horas

168 horas X 60 = 10,080 minutos

**d) Delimitación de área de trabajo.**

Se midió el área de trabajo de 15 X 16 mts y la delimitación de cada mesa de trabajo quedo de 3 largos X 4 ancho por estación de trabajo.

Se realizó la delimitación de 8 estaciones de trabajo, con la finalidad de que cada trabajador tenga su espacio, y sus herramientas de trabajo propias, sin obstruir el paso a los compañeros de trabajo. El material que utilizamos para la delimitación fue cinta masking para la delimitación de las líneas y pintura amarilla, siguiendo el proceso que muestra la figura 2.



Figura 2. Diagrama "Delimitación de Mesa de Trabajo"

**e) Aplicación de las 5 S**

Es indispensable vigilar la organización de las áreas desde el punto de análisis de las 5 S [6]

Se realizó una mesa de trabajo individual la cual contiene una clasificación de las herramientas tanto líquidas como mecánicas. Se colocaron ayudas visuales para identificar cada material y herramientas y se colocaron en un lugar donde estuvieran aptas para la realización del proceso.

Se realizó el diseño de un prototipo de una mesa de trabajo, y se pidió la opinión de los trabajadores del área, se realizaron modificaciones atendiendo a las recomendaciones, se colocó la caja de herramientas en la pared de la mesa con su respectiva ayuda visual y sus finas, se pusieron ayudas visuales para ubicar las herramientas de trabajo en la mampara como: brocha, pinzas y martillo.

**f) Instalación de conveyor (Banda)**

Se implementaron 2 conveyor con la finalidad de reducir el traslado de moldes cargados de 36 a 15 metros por turno, facilito mucho el trabajo y se realizó el flujo más rápido que el anterior método que usaban. El trabajador sólo coloca el molde semi-terminado en el conveyor y el molde se va al siguiente proceso que son las pruebas de fuga y de deshidratación, terminando estas pruebas se termina de recabar el molde y se coloca en una tarima para ser ensamblado.

**g) Mejora en áreas de trabajo**

Tomando en cuenta que las mejoras son parte del crecimiento de las empresas [7], se implementó una conexión de aire a cada mesa de trabajo con el objetivo de que los trabajadores no estén esperando para que desocupen la manguera, también se realizó con el fin de evitar accidentes, esta se encontraban en el piso y estaba larga medía 7 metros y se enredaba constantemente, las mangueras nuevas miden 3 metros de largo y facilitan el trabajo, porque se adaptaron según las necesidades de los trabajadores y el espacio.

Operación	Problema	Acción	Resultado
Delimitación	No se contaba con una delimitación para identificar el espacio de cada mesa de trabajo.	Delimitación de estaciones de trabajo.	Buena presentación de estaciones de trabajo.
Antes Kaizen		Después Kaizen	

Figura 3. "Delimitación de mesa de trabajo y estación"

Este proceso se llevó a cabo con la ayuda del personal de mantenimiento, puesto que se requería colocar tubería en las mesas de trabajo.

Se estableció la delimitación de Mesa y Estación de trabajo, Figura 3.

El material que se utilizó fue un conveyor (Banda transportadora) que fue reciclado y se adaptó según la necesidad del área. Se colocaron 2 conveyor, uno que midió 15 metros y otro de 10 metros de largo. Figura 4.

Operación	Problema	Acción	Resultado
Instalación de conveyor	Se recorre 36 mts cargando los moldes (Por turno) y su peso es de aproximadamente 30 kilos.	Se coloca un conveyor en medio de las mesas de trabajo para la reducción del traslado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de tiempo en el traslado</li> <li>Disminución de 16 metros de recorrido</li> </ul>
Antes Kaizen		Después Kaizen	
			

Figura 4. "Instalación de Conveyor"

Conexión de aire. Este proceso se llevó a cabo con la ayuda del personal de mantenimiento, ya que se requería colocar tubería en las mesas de trabajo. Figura 5

### h) Análisis pruebas de fugas.

Se buscó un recipiente grande para realizar la prueba de fuga, el cual fue reciclado, se encontró dentro de la misma empresa, y se adaptó según las necesidades.

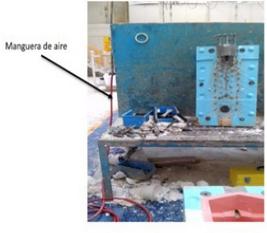
Operación	Problema	Acción	Resultado
Manguera de aire	Las mangueras de aire no estaban habilitadas en todas las mesas de trabajo.	Se colocan mangueras de aire en todas las mesas de trabajo.	Eliminación de traslados a otras mesas de trabajo
Antes Kaizen		Después Kaizen	
			

Figura 5. "Conexión de aire"

Este recipiente era una tina grande similar a un tinaco y se cortó a la mitad para realizar la prueba de sumergir los moldes al recipiente. Se pintó de co-

lor blanco y se le realizó una estructura de material PTR para poder colocar arriba el polipasto como se muestra en la figura 6.

Operación	Problema	Acción	Resultado
Instalación de polipasto	Se realiza un nuevo proceso en el cual consiste en sumergir los moldes a una tina de agua, esto se hace con el fin de identificar si tiene alguna fuga, los moldes son muy pesados.	Colocación de polipasto en prueba de fuga, para sumergir los moldes y hacer el proceso adecuadamente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Moldes de Buena calidad (Sin fugas)</li> <li>Ayuda en la manipulación de los moldes</li> </ul>
Antes Kaizen		Después Kaizen	
			

Figura 6. "Polipastos"

### i) Instalación de Kaizen para manipular moldes.

Se compró un polipasto para instalarlo en el área de moldes, con la finalidad de realizar la prueba de fuga y manipular los moldes sumergiéndolos a la tina, para saber si los moldes cuentan con la calidad [8] [9] y no contienen fuga.

Los moldes llegan al conveyor y una persona está encargada de realizar esta prueba, haciendo la manipulación de los moldes, una vez terminada la prueba se coloca los moldes que pasan la prueba en el conveyor de la derecha para continuar su proceso, y si el molde está rechazado se coloca en una tarima donde va el scrap.

Instalación de Jaula para Prueba de fuga, figura 7.

Operación	Problema	Acción	Resultado
Jaula para prueba de fuga	Se necesita una base para sumergir y levantar el molde después de la prueba de fuga	Se hizo una estructura con un conveyor en su base para que el molde se pueda sumergir y recopilar al conveyor sin dificultad	Se tiene una estructura con la capacidad de realizar una correcta prueba de fuga
Antes Kaizen		Después Kaizen	
			

Figura 7. "Jaula"

Después de que se realiza la prueba de fugas, lo siguiente es elaborar el layout como se muestra en la figura 8, para realizar el proceso utilizando los mecanismos instalados.

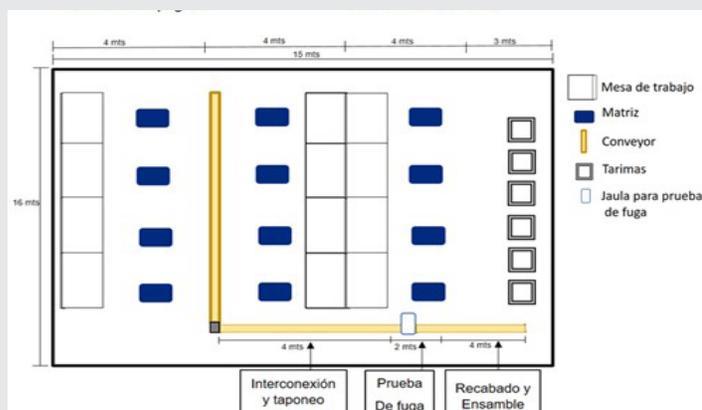


Figura 8. "Layout para método propuesto"

j) Balanceo de operaciones.

Se realizó un balanceo de operaciones como se muestra en la Tabla 2, tomando en cuenta el tiempo de fraguado [5], en este tiempo que son 10 minutos se pudo aprovechar para realizar componentes de la taza, en este caso el mismo trabajador realizo 2 partes de la taza, realizo una lateral y una lengua.

Tabla 2. Balanceo de operaciones

1.- Abrir matriz	10
2.- Limpieza	71
3.- Colocar tubos	25
4.- Colocar spagless	105
5.- Colocar colas de rata	106
6.- Colocar guía y pipa	62
7.- Colocar destacante	92
8.- Colocar tubo PVC	135
9.- Espera de vaciado	660
10.- Vaciado de yeso	52
11.- Fraguado	662
Tiempo acumulado	1980
<b>Lengua</b>	
<b>Actividad</b>	
<b>Tiempo (seg)</b>	
1.- Quitar tubo de matriz	58
2.- Abrir matriz	35
3.- Limpieza de matriz	124
4.- Sopletear	48
5.- Colocar destacante	50
6.- Color partes de matriz	21
7.- Cerrar matriz	39
8.- Colocar tubos	21
<b>Tiempo acumulado</b>	
<b>396</b>	
13.- Retirar tubo	70
14.-Retirar spagless	92
15.- Abrir matriz	13
16.- Limpiar tapas	40
17.- Sopletear molde (tapa, matriz)	151
18.- Retirar spagless	155
19.- Retirado de partes	62
20.- Sacar molde de matriz	69
Tiempo de ciclo (seg)	2071
<b>Tiempo de ciclo (min)</b>	<b>45.01666667</b>
<b>Lengua</b>	
<b>Actividad</b>	
<b>Tiempo (seg)</b>	
9.- Espera de vaciado	660
10.- Vaciado	84
11.- Fraguado	662
12.- Retirar partes de molde	21
13.- Retirar molde	45
<b>Tiempo de ciclo (seg)</b>	
<b>2528</b>	

Primeramente, se comenzó con el molde principal que es la lateral, y en el tiempo de fraguado se aprovechó y se avanzó al proceso de lenguas el cual se

detuvo en la operación 8 a causa de espera de llenado de la lengua.

RESULTADOS

Se logró la reducción de tiempo de ciclo por molde. Eliminando actividades innecesarias que provocaban tiempo muerto, el cual, convirtió en tiempo efectivo, asignando actividades de valor [10], por ejemplo las relacionadas con los componentes pequeños de la taza como: Tazeles, tapones y lenguas.

En la Tabla 3 se muestra la reducción de tiempos en las actividades de VA en el Lateral derecho; de 1102 segundos a 1015 segundos, así como la reducción de los traslados de 60 a 35 minutos. Se muestra también los tiempos de proceso para la elaboración del Lateral izquierdo, llevados a cabo simultáneamente, generando aun la reducción de 60 a 38, por lo que se considera una mejora importante para la empresa al lograr un incremento en la eficiencia medida con las variables tiempo y piezas obtenidas, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 3. Incremento de eficiencia en proceso de molde

Estudio de tiempos lateral derecha en segundos										
No	Nombre de la operación	VA	VA-1 D	VA 1 I	TRASLADOS	TRASLADO S-1D	TRASLADOS-1I	ESPERAS	ESPERAS-1D	ESPERA S-1I
1	Limpieza de Matriz	375	376	376	25	0	0			
2	Colocación de spagless	32	32	30						
3	Cerrar matriz	118	118	118						
4	Espera de llenado de matriz							160	160	150
5	Espera de matriz							18	18	18
6	Tiempo de fraguado							630	630	630
7	Retirar spagless	132	132	133						
8	Armado de spagless Superiores	259	259	252						
9	Colocación de tanques	42	0	0						
10	Colocación y corte de colas de rata	31	31	31						
11	Sopletero para retirar el molde	32	32	32	25	10	26			
12	Sacar el molde de la matriz	31	35	34	10	25	12			
13	Ayudar a sacar pieza de matriz	50	0	0	0	0	0			
<b>Total de tiempo en segundos</b>		<b>1102</b>	<b>1015</b>	<b>1006</b>	<b>60</b>	<b>35</b>	<b>38</b>	<b>808</b>	<b>808</b>	<b>798</b>

Tabla 4. Incremento de eficiencia en proceso de molde

VARIABLES DE ANALISIS	METODO ACTUAL (L DERECHA)	METODO PROPUESTO (L DERECHA)	METODO PROPUESTO (SIMO)	
			L DERECHA	LIZQUIERDA
Tiempo de ciclo en seg	1970	1858	1858	1842
Tiempo de ciclo en min	32,83	30,97	30,97	
Eficiencia en piezas	12,7124255	13,47872888	26,95745776	

CONCLUSIONES

La implementación de Lean Manufacturing contribuyó con el mejoramiento en el área moldes y así obtener una buena calidad en los productos (moldes), de tal manera que se valida la hipótesis de que mediante la aplicación correcta de las herramientas de Lean Manufacturing, se obtiene un incremento en la eficiencia del proceso., puesto que Se procesaron moldes con Calidad (Realización de pruebas; Deshidratación y prueba de fuga), puesto que se logró mejorar las condiciones del área de trabajo (Ergonómicamente), así como Minimizar tiempos de la operación (Balanceando operaciones).

Con este estudio de tiempos también se comprobó que el trabajador puede realizar dos procesos a la vez, y puede realizar sus 10 partes del molde y extras 10 complementos.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Henderson, B.A.; Larco, J.L.; y Martin S.H. (1999). *Lean Transformation: How to Change your Business into a Lean Enterprise*, (1a Ed.). New York: The Oaklea Press.

[2] Imai, M. (1986) *Kaizen (Ky'zen): the key to Japan's competitive success*. McGraw -Hill. N.Y.

[3] Liker, J. K. (1997). *Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers* (2a Ed.). New York: Productivity Press.

[4] *Manual de Stanley Tools, Aplicaciones de Stream Mapping*. (2000).

[5] Ohno, T. (1998). *Toyota Production Systems. Cambridge: Beyond Large Scale Production*. Productivity Press. Cambridge, Massachussets, EUA.

[6] Reyes A., P. (2002). *Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones*. *Revista Contaduría y Administración* No. 205. Recuperado el 14 de marzo de 2018, de <http://www.ejournal.unam.mx/rca/205/RCA20505.pdf>

[7] *Schneider Electric (2001); Implementing Lean in the Office*.

[8] Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press. Cambridge.

[9] Womack, J. P.; Jones, D. y Rooss, D. (1990). *The Machine that Changed the World: The story of Lean Production*. (1a ed.) Harper Perennial N.Y.

[10] *Procesos fundamentales TPM (Pilares)*: <http://ww.areaspm.com/tpm/procesos11.htm>  
*Lean Manufacturing*: <http://www.lean-6sigma.com/index.htm>