

Application of Lean Manufacturing and its effect on the productivity of a brick company in Peru

(Aplicación de Lean Manufacturing y su efecto en la productividad de una empresa ladrillera en Perú)

Campos Alva Raúl Alberto, Est¹, Chilon Quispe Carolyn Michelle, Est², Flores Sánchez Carla Mercy, Mg³, Cruz Salinas Luis Edgardo, Mg⁴

¹Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, Universidad Cesar Vallejo, Perú, racamposc@ucvvirtual.edu.pe

²Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, Universidad Cesar Vallejo, Perú, cchilon@ucvvirtual.edu.pe

³Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, Universidad Cesar Vallejo, Perú, cfloressa01@ucvvirtual.edu.pe

⁴Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, Universidad Cesar Vallejo, Perú, lcruzs@ucv.edu.pe

Abstract– *In the present investigation it was possible to demonstrate the relevance of applying Lean Manufacturing in an industrial brick company. The main objective was to determine the effect of the application of Lean Manufacturing on the productivity of a brick company. The type of study was applied, pre-experimental design, with a quantitative approach and an explanatory level. Tools such as the VSM, the 5s and the Kaizen were applied. The population was made up of productivity records in weeks for 6 months: from May to July and from October to December 2022, the sample was the same as the population, the techniques used to collect the information were observation and analysis. documentary analysis. It was concluded that the application of Lean Manufacturing increased productivity by 17% compared to the initial state. The Wilcoxon test was applied, having a significance level of 0.002, which allowed the acceptance of the alternative hypothesis.*

Keywords– *Lean Manufacturing, VSM, 5s, Kaizen, Wilcoxon.*

Resumen– *En la presente investigación se logró demostrar la relevancia de aplicar Lean Manufacturing en una empresa ladrillera industrial. El objetivo principal fue determinar el efecto de la aplicación del Lean Manufacturing en la productividad de una empresa ladrillera. El tipo de estudio fue aplicado, de diseño pre experimental, con un enfoque cuantitativo y un nivel explicativo. Se aplicaron herramientas como el VSM, las 5s y el Kaizen. La población estuvo conformada por los registros de la productividad en semanas durante 6 meses: de mayo a julio y de octubre a diciembre del 2022, la muestra fue igual que la población, las técnicas empleadas en la recolección de la información fueron la observación y el análisis documental. Se llegó a la conclusión que la aplicación de Lean Manufacturing incrementó la productividad en un 17% comparado al estado inicial. Se aplicó la prueba de Wilcoxon teniendo como nivel de significancia 0.002 lo que permitió la aceptación de la hipótesis alternativa.*

Palabras clave: *Lean Manufacturing, VSM, 5s, Kaizen, Wilcoxon.*

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas manufactureras que buscan mantener un crecimiento y posicionamiento constante en el mercado dependen de producciones económicas, procesos y productos de calidad y cumplimiento en sus tiempos de

entrega. [1] La metodología del Lean Manufacturing ofrece un gran número de beneficios en las industrias, de acuerdo a Nguyen y Chinh [2] el pensamiento Lean tiene como objetivo mejorar la calidad del servicio, la eficiencia operativa y la perspectiva de la competitividad mediante la eliminación de desperdicios y la reducción del costo total de operación.

Uno de los indicadores por excelencia para medir, evaluar y comparar el crecimiento sostenido de una empresa es la productividad. De acuerdo con [3], “la productividad es fundamental para el logro de los objetivos de las organizaciones, para su desempeño económico y su permanencia en el tiempo, motivo por el cual, las empresas necesitan identificar estrategias en su modo de gestionarla con el fin de afrontar determinados retos a los que la competencia, el entorno y el mercado las compromete”.

Así mismo, [3] también afirma que “muchas compañías logran incrementar su rendimiento aplicando fabricación Lean debido a que se muestra un fuerte apoyo para aumentar el desempeño de la compañía en términos de mejor calidad y productividad. Algunos de los beneficios más citados por los autores en lo que a las prácticas de manufactura esbelta se refiere son: la mejora de la productividad laboral y la calidad”.

De acuerdo a [4] existen más de 45000 ladrilleras artesanales en América Latina que elaboran entre un 30% al 50% de la producción total de ladrillos. En nuestro país existen 15 grandes ladrilleras industriales y 2500 pequeñas ladrilleras artesanales

En nuestro país, existe aún un gran número de empresas ladrilleras informales, sin embargo, de acuerdo a [5] para el año 2019 la producción de ladrillos bordeó los 9.5 millones de toneladas y una facturó alrededor de S/ 1.600 millones; el 70% de la demanda nacional se concentra en la capital.

A nivel local en la provincia de Rioja existen muchas ladrilleras artesanales, tras realizar una visita técnica a una de estas empresas, se pudo observar la siguiente problemática: falta de limpieza de la materia prima que además suele caerse de las fajas transportadoras que se dirigen a la máquina de amasado, esto está afectando a que los trabajadores no se puedan movilizar cómodamente en el área de trabajo; se pudo

observar también desorden en el área de armado, trayendo como consecuencias que los ladrillos que son ubicados en los vagones se desequilibren y caigan perjudicando el producto; así mismo también se observó desorden en el área de almacenamiento de producto terminado donde los ladrillos suelen caerse y romperse.

Además, se pudo ver que la empresa tiene problemas con la medición de las proporciones de la materia prima, entre la arcilla y arena, este proceso se está desarrollando de forma empírica, ocasionando disconformidad en la mezcla y generando merma en la parte final del proceso de producción que es la cocción; también se observó que las altas temperaturas en el horno del secado están provocando un acristalamiento del ladrillo, perjudicando la resistencia mecánica y calidad del ladrillo pandereta.

Estas actividades hacen que en el proceso de la cocción los ladrillos cocidos generen grietas y fracturas que resultan siendo parte de la merma al final del proceso productivo.

En el año 2021 la empresa en mención produjo ladrillos con mermas por un total de 2,221,260 unidades de ladrillos, ocasionando una baja en la productividad y pérdidas económicas de 844,078 soles.

Ante el problema mencionado se tuvo la necesidad de aplicar una metodología de mejora continua mediante el Lean Manufacturing y sus herramientas para dar una solución a la problemática encontrada y como efecto que permita el incrementar la productividad en la empresa.

El problema planteado en la investigación fue: ¿Cuál es el efecto de la aplicación del Lean Manufacturing en la productividad de una empresa ladrillera?

Este trabajo se justificó teóricamente porque se hizo uso de las herramientas del Lean Manufacturing con el propósito de incrementar la productividad y reforzar los conocimientos sobre el proceso productivo, cuyos resultados tuvieron efectos positivos en el producto de la empresa, por otro lado, la justificación fue práctica porque surgió la necesidad de mejorar la calidad de los ladrillos para generar mayor productividad para el beneficio de la empresa, con el uso de las herramientas del Lean Manufacturing en el área de producción, y los resultados obtenidos servirán para que los dueños, ingenieros e involucrados en la industria ladrillera puedan tomar decisiones adecuadas. Además, se justificó metodológicamente porque la aplicación de las herramientas propuestas son métodos científicos que fueron aplicadas en otras investigaciones y buscamos que estas herramientas de calidad puedan tener la valoración que merece, generando de tal manera la validez y confiabilidad que servirán como antecedentes a futuras investigaciones similares.

Asimismo, el objetivo general de la investigación fue determinar el efecto de la aplicación del Lean Manufacturing en la productividad de la empresa ladrillera.

Los objetivos específicos planteados para fortalecer el objetivo general fueron: diagnosticar el estado actual de la empresa y determinar la productividad inicial. Como segundo

objetivo se aplicó la metodología Lean Manufacturing en la empresa ladrillera, y como último objetivo fue determinar la productividad final comparado con la productividad inicial.

Se planteó la siguiente hipótesis: la aplicación del Lean Manufacturing tendrá un efecto positivo en la productividad de la empresa ladrillera

II. METODOLOGÍA

La investigación se trabajó bajo un enfoque cuantitativo, fue de tipo aplicada porque se aplicaron teorías de Lean Manufacturing; de acuerdo a [6] mediante la teoría la investigación de tipo aplicada se encarga de resolver problemas prácticos, se basa en los hallazgos, descubrimientos y soluciones que se planteó en el objetivo del estudio

El proyecto de investigación fue de diseño experimental de tipo pre experimental, según [7] “en la investigación de enfoque experimental el investigador manipula una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas”. El proyecto de investigación fue pre experimental porque se aplicó el Lean Manufacturing para posteriormente determinar el efecto en la variable dependiente y para ello no se trabajó con grupo de control.

El presente proyecto tuvo un alcance explicativo, haciendo referencia nuevamente a [6] “este alcance tiene la característica de establecer causa – efecto entre sus variables, son más profundas y estructuradas a diferente de los alcances previos. Existen las variables independientes (causas) y las variables dependientes (efectos) y las hipótesis se pueden plantear de forma que se establezca causalidad”.

Las variables del estudio estuvieron dadas por: variable independiente: Lean Manufacturing (herramientas a aplicar y medir VSM, 5s y Kaizen); variable dependiente: Productividad (medida en productividad parcial de la materia prima y del recurso humano utilizado).

La población del proyecto de investigación estuvo conformada por los registros de datos de la productividad agrupadas en semanas del año 2022, durante los meses de mayo, junio y julio antes de aplicar la metodología Lean Manufacturing; agosto y septiembre fueron los meses donde se aplicaron las mejoras en la empresa y octubre, noviembre y diciembre después de la aplicación de la metodología. Los criterios de inclusión fueron todos los registros de datos de la productividad mensual de los 6 meses de mayo a diciembre. Los criterios de exclusión fueron los registros de productividad de los meses de enero, febrero, marzo y abril, ya que se buscó estudiar con los datos más recientes. La muestra fue igual a la población.

Las técnicas e instrumentos utilizados se trabajaron en el siguiente orden: para el diagnóstico del área de producción de la empresa se utilizó la técnica de observación directa y como instrumento un diagrama de análisis de procesos, para determinar la productividad inicial la técnica fue un análisis documental y el instrumento una ficha de registro de la

productividad, en la implementación del Lean Manufacturing, la técnica utilizada en la herramienta VSM fue observación directa y como instrumento un formato de diagrama de análisis de procesos, en la herramienta 5s la técnica fue la observación directa y análisis documental; el instrumento una ficha de evaluación del check list, en la herramienta Kaizen la técnica fue observación directa y el instrumento utilizado fue un cronograma de actividades. De tal manera para evaluar la productividad después de implementar el Lean Manufacturing se utilizó como instrumento una ficha de registro de la productividad y como técnica un análisis documental.

La validez de los instrumentos se realizó bajo el criterio de juicio de expertos.

Se empleó el análisis descriptivo, utilizando las herramientas de tendencia, media y moda, recolectando los datos en una tabla de contingencia. De tal manera se hizo uso de la estadística inferencial para determinar el efecto del Lean Manufacturing en la productividad y se realizó la prueba de normalidad, los datos obtenidos no cumplieron los supuestos de normalidad y se procedió hacer un análisis no paramétrico, utilizando la prueba estadística de Wilcoxon, en el software SPSS.

III. RESULTADOS

Se diagnosticó el estado de la empresa utilizando como herramienta el VSM, también conocida como mapa de flujo de valor, para poder identificar posibles problemas que hay en el proceso de producción del ladrillo y las causas que no permite una buena producción en la empresa y por tal motivo la reducción de la productividad.

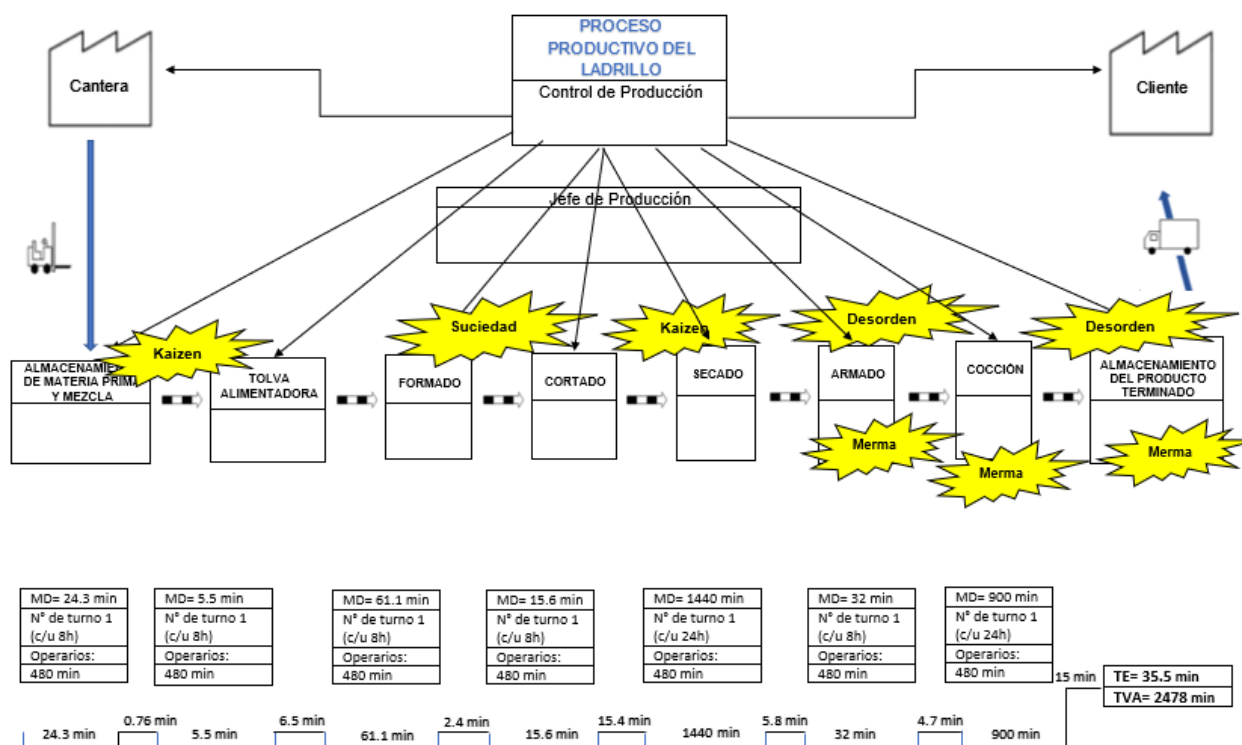


FIGURA I
VSM INICIAL DEL PROCESO PRODUCTIVO LADRILLO

En la Figura 1, se puede observar el Mapping del diagnóstico del estado principal problema está en la materia prima, donde se está desarrollando la mezcla de manera empírica, el segundo problema está en el formado, en la máquina del laminador, donde la arcilla suele caerse por las fajas transportadoras y genera suciedad en el área, el tercer problema observado está en el secado del ladrillo, donde las temperaturas suelen llegar hasta 130° superando la temperatura normal, motivo que produce un acristalamiento del ladrillo hasta generar en ocasiones rajaduras y pérdida de la resistencia en el ladrillo, el cuarto problema observado está en el desorden del armado del ladrillo antes de ingresar al área de cocción, donde se puede ver que los ladrillos suelen caerse y romperse, de igual manera se puede ver un desorden en el almacenamiento del producto terminado donde los ladrillos se caen, los vagones rompen los ladrillos e impide el pase de los trabajadores, finalmente se observa el tiempo de espera con 35.5 min y tiempo de valor agregado con 2478 min.

Cálculo de los índices de productividad antes de la alicación del Lean Manufacturing

TABLA I
PRODUCCIÓN SEMANAL DE LADRILLOS PANDERETA

Mes	Semana	Ladrillos pandereta (unidades)
Mayo	1	286,440
	2	286,440
	3	286,440
	4	286,440
Junio	1	270,600
	2	270,600
	3	270,600
	4	270,600
Julio	1	279,620
	2	279,620
	3	279,620
	4	279,620

En esta tabla se observa la producción semanal de ladrillos pandereta, con estos datos se procedió a calcular la productividad parcial para materia prima como para mano de obra, esto se muestra a continuación.

TABLA II
INDICADOR DE PRODUCTIVIDAD DE MATERIA PRIMA (ARCILLA Y ARENA FINA) 2022

Mes	Semana	Ladrillos pandereta (unidades)	Materia Prima (Tn)	Productividad (Ladrillos /Tn)
Mayo	1	286,440	945.25	303.03
	2	286,440	945.25	303.03
	3	286,440	945.25	303.03
	4	286,440	945.25	303.03
Junio	1	270,600	920.04	294.12
	2	270,600	920.04	294.12
	3	270,600	920.04	294.12
	4	270,600	920.04	294.12
Julio	1	279,620	978.67	285.71
	2	279,620	978.67	285.71
	3	279,620	978.67	285.71
	4	279,620	978.67	285.71
Prom.		278,887	947.99	294.29

Según la tabla de indicadores de productividad de materia prima, interpretamos que por cada tonelada de materia prima (arcilla y arena), durante los meses de mayo, junio y julio, obtenemos 294.29 ladrillos en promedio semanal.

TABLA III
INDICADOR DE PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA 2022

Mes	Semana	Ladrillos pandereta (unidades)	Mano de Obra (H-H)	Productividad (Ladrillos /H-H)
Mayo	1	286,440	2240	127.88
	2	286,440	2128	134.61
	3	286,440	2128	134.61
	4	286,440	2240	127.88
Junio	1	270,600	2128	127.16
	2	270,600	2352	115.05
	3	270,600	2240	120.80
	4	270,600	2352	115.05
Julio	1	279,620	2240	124.83
	2	279,620	2240	124.83
	3	279,620	2352	118.89
	4	279,620	2240	124.83
Prom.		278,887	2240	124.70

Mes	Semana	Ladrillos pandereta (unidades)	Mano de Obra (H-H)	Productividad (Ladrillos /H-H)
Mayo	1	286,440	2240	127.88
	2	286,440	2128	134.61
	3	286,440	2128	134.61
	4	286,440	2240	127.88
Junio	1	270,600	2128	127.16
	2	270,600	2352	115.05
	3	270,600	2240	120.80
	4	270,600	2352	115.05
Julio	1	279,620	2240	124.83
	2	279,620	2240	124.83
	3	279,620	2352	118.89
	4	279,620	2240	124.83
Prom.		278,887	2240	124.70

Según la tabla de indicadores de productividad de mano de obra, interpretamos que por cada hora hombre utilizada en la producción se obtienen 124.70 ladrillos en promedio semanal.

TABLA IV
ÍNDICE COMBINADO DE PRODUCTIVIDAD 2022

Mes	Semana	Índice combinado de productividad
Mayo	1	S/1.50
	2	S/1.51
	3	S/1.51
	4	S/1.50
Junio	1	S/1.46
	2	S/1.46
	3	S/1.46
	4	S/1.46
Julio	1	S/1.42
	2	S/1.42
	3	S/1.42
	4	S/1.42
Promedio		S/1.46

Según la tabla del índice combinado de productividad de los meses mayo, junio y julio, antes de implementar la metodología del Lean Manufacturing, interpretamos que por cada sol invertido en materia prima y mano de obra obtenemos una ganancia de 0.46 soles en promedio semanal.

Implementación de Lean Manufacturing:

Con el diagnóstico establecido de la situación actual en algunas áreas del proceso de producción de la empresa, se planificaron las actividades correspondientes a las técnicas lean a aplicar como la metodología de las 5 S, un mapa de flujo de valor VSM (mostrando al antes y después de la aplicación), y la metodología Kaizen como aportación al ciclo PHVA de Deming, iniciando con esta premisa para poner tener un mejor análisis del estudio.

El criterio utilizado para la aplicación de estas herramientas se basó en el análisis de la situación encontrada de la empresa así como en la revisión de artículos científicos, de bibliografía especializada y de las pautas dadas por especialistas en el campo, esto se puede ver reflejado en el diagnóstico dado por el VSM inicial.

La aplicación de la metodología Kaizen se realizó bajo el cronograma de trabajo que se muestra a continuación; en él se muestran las actividades correspondientes a cada parte de un

proceso de mejora continua que será aplicada bajo el enfoque de esta metodología lean.

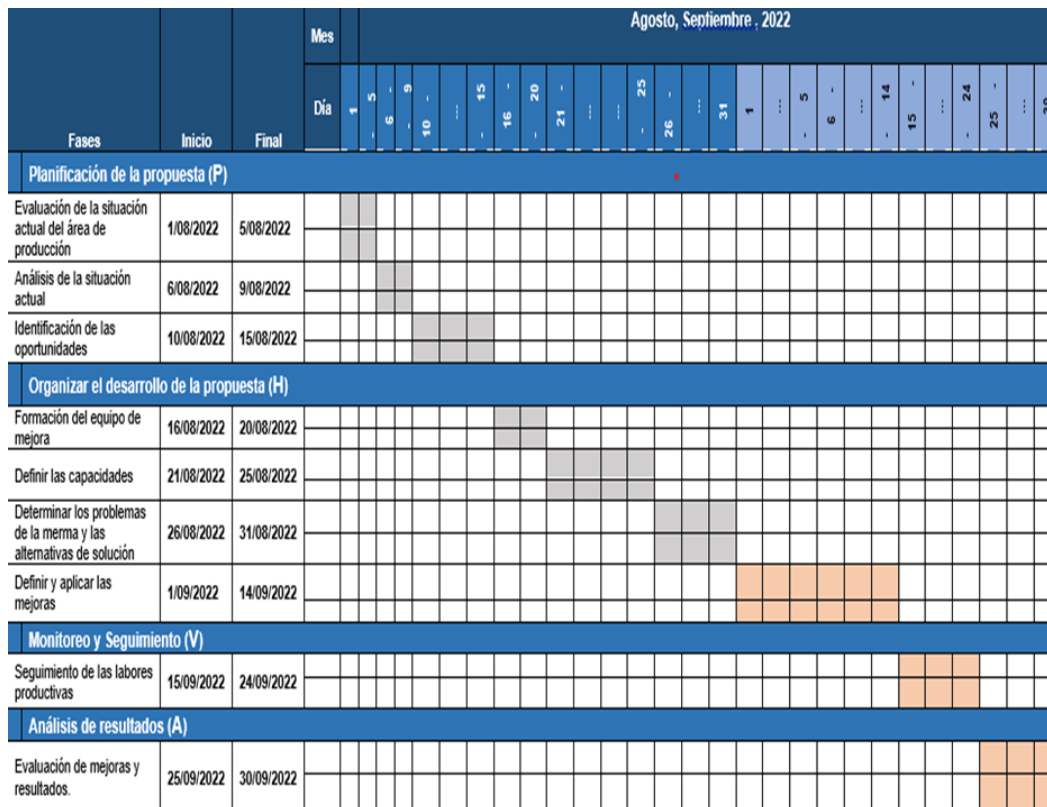


FIGURA II
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL KAIZEN

De acuerdo a este cronograma: se realizó un diagnóstico más exhaustivo utilizando herramientas como el FODA (sólo para el área de producción), diagrama de Ishikawa apoyados en diagrama de flujo del proceso y diagrama de operaciones y procesos; con todo esto se pudieron determinar y esquematizar la problemática y las acciones que se deben realizar para contrarrestar esta situación que se muestra en la tabla a continuación.

TABLA V
PROBLEMAS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS CORRESPONDIENTES

Problemas	Acción correctiva
Mezcla empírica	Inspeccionar bien el porcentaje de arcilla y arena (25 % a 30% de arena), para no tener problemas de rajadura y resquebrajamiento del ladrillo en el horno
Suciedad en el ambiente de trabajo de la máquina extrusora	Es necesario tener representantes que trabajen responsablemente en la limpieza del ambiente de la máquina extrusora para limpiar la materia prima que cae de las fajas transportadoras, impidiendo trabajar cómodamente a los trabajadores
Curva de temperatura elevada	Es importante inspeccionar bien las temperaturas en el horno del secado y que no sobrepasen el límite de temperatura para que el ladrillo no se deshidrate y pierda resistencia mecánica, en este caso se tuvo la participación del ingeniero de planta ya que es el encargado de manejar las

	temperaturas de los hornos
Mal orden de los ladrillos en el área de armado	Capacitar a los trabajadores que se encargan del armado del ladrillo porque también está afectando en la producción y en la productividad de la empresa, donde los ladrillos suelen caerse en pleno armado y en ocasiones dentro de la cocción del horno túnel generando un porcentaje de ladrillos con imperfecciones
Desorden en el almacenamiento del producto terminado	Ordenar correctamente los ladrillos, para evitar que se caigan y se rompan, dejar espacio para el pase de los vagones que salen del horno y no choquen ocasionado partituras del ladrillo

También se pudo recabar información con respecto a las mermas del área de producción originada por esta problemática; se realizaron cartillas de instrucciones de trabajo para los diferentes puestos que tienen a cargo las actividades de producción indicando a detalle las actividades a realizar para mejorar el trabajo; se muestran a continuación la información de producción y mermas antes y después de aplicadas las acciones correctivas desarrolladas en la etapa de planificación.

TABLA VI
PRODUCCIÓN ENCONTRADA DE LA EMPRESA Y MERMAS DEL PROCESO

Meses	Producción total de ladrillo en unidades	Producción de ladrillos para venta	Mermas de ladrillo en unidades	% merma
MAYO	1,364,000 ladrillos	1,145,760 ladrillos	218,240 ladrillos	16%
JUNIO	1,320,00 ladrillos	1,082,400 ladrillos	237,600 ladrillos	18%
JULIO	1,364,000 ladrillos	1,091,200 ladrillos	272,800 ladrillos	20%

TABLA VII
PRODUCCIÓN POSTERIOR DE LA EMPRESA Y MERMAS DEL PROCESO

Meses	Producción total de ladrillo en unidades	Producción de ladrillos para venta	Mermas de ladrillo en unidades	% merma
AGOS.	1,364,000 ladrillos	1,213,960 ladrillos	150,040 ladrillos	11%
SET.	1,320,00 ladrillos	1,161,600 ladrillos	158,400 ladrillos	12%

En esta tabla se observa la producción de las mejoras aplicadas en el proceso del área de producción de los meses agosto y septiembre, obteniendo como resultado la reducción de la merma, esto dado por el conteo que hacen los trabajadores del almacenamiento del producto terminado encargados de separar la merma de los ladrillos buenos.

Monitoreo y seguimiento: Se tomaron los reportes que se obtuvieron en la labor productiva:

Reporte control de temperatura del horno secador (Registramos y verificamos que las temperaturas se encuentren dentro del rango óptimo para la producción de ladrillo pandereta (100-110°C) para que el ladrillo no pierda

resistencia mecánica y se produzca acristalamiento del ladrillo (Anexo 14).

Actuar: Este es el paso final de la aplicación del Kaizen, donde se documentan las operaciones actuales para una mejor estandarización, de tal manera se debe de realizar un

N°	Procesos acciones	Responsable	CUMPLIMIENTO			Obs.	Puntaje (1-20)
			No	Parcial.	Sí		
1	ALMACÉN DE M. P: Se realiza tamizado de manera frecuente en la M. P	Supervisor			X		17
2	EXTRUSOR A: Los encargados hacen la limpieza correspondiente en el ambiente de la máquina extrusora	Encargados de limpieza		X		No se cumple a cabalidad por rotación de personal	13
3	HORNO SECADO: Evitar temperaturas elevadas que sobrepasan los índices normales de secado	Ing. planta			X		18
4	ARMADO: Evitar que los ladrillos caigan de los vagones, a través de capacitaciones a los trabajadores	Trab. De armado			X		16
5	Almacén de P. T: Evitar las caídas de los ladrillos y ampliar el espacio para el pase de los vagones	Trab. Almacén de PT			X		15
Puntaje total							79%

seguimiento adecuado al proceso

Evaluación de mejoras y resultados: Se realizó un seguimiento a las mejoras realizadas en la producción de ladrillos, se creó un formato de las acciones que se realizan teniendo la participación de un responsable para la verificación y se detalle el cumplimiento, si el cumplimiento no se está dando se anota en la ficha de observación.

TABLA VIII
CONTROL DE CUMPLIMIENTO

En la tabla 8 se detalla el 79% de porcentaje de cumplimiento en la aplicación de la herramienta Kaizen, teniendo la participación de un responsable que es el supervisor del área de producción, se deduce que de todos procesos que se han identificado los problemas todas cumplen las acciones a realizar, excepto en la limpieza del ambiente de la máquina extrusora donde se realiza un cumplimiento parcial por el motivo de rotación de personal.

Para la aplicación de las 5s se trabajo en base a una evaluación de la situación encontrada como se observa a continuación.

TABLA IX
EVALUACIÓN DE LAS 5S ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN

FICHA EVALUACIÓN 5S	
ITEM	Puntaje (1-5)
CLASIFICACIÓN	
- Se aprecian objetos innecesarios en el área de producción	1
- Existen materiales o maquinarias que no utilizan	2
- En los estantes existen objetos innecesarios	2
- Es difícil encontrar las herramientas de trabajo	2
Puntaje	7
ORDEN	
- Se presenta un correcto armado de los ladrillos	1
- Se identifica la cantidad de estantes	3
- Existe orden de los ladrillos en el área a PT	2
- Existe correcto registro de la producción	3
Puntaje	9
LIMPIEZA	
- Existen encargados en la limpieza del área de producción	2
- Existen ambientes sucios que impiden el paso de los operarios	1
- Hay limpieza diaria en el área de trabajo	1
- Situación de materiales almacenados	2
Puntaje	6
ESTANDARIZAR	
- Se emplean las 3 primeras "S"	1
- Hay un plan de mejora	2
- Existen procedimientos de mejora a futuro	1
- Se hace mejora en los procedimientos y/o ambiente	1
Puntaje	5
DISCIPLINA	
- Se emplean las 4 primeras "S"	1
- Cumplen las normas de la empresa	2
- Hay motivación en el área de trabajo	2
- Cumplen y/o respetan las acciones de la metodología 5S	1
Puntaje	6
TOTAL	33

En la tabla 9 se observa el nivel de cumplimiento de las 5s de 33 antes de la implementación de esta metodología.

Luego de evaluar el porcentaje de cumplimiento se implementó la metodología 5s y se planificó estrategias en cada una de las etapas:

Clasificar: Se eliminaron todos los objetos que no son utilizados e innecesarios en el área de producción para tener más espacio y poder escoger fácilmente las herramientas que si son utilizados, se marcaron los objetos innecesarios con tarjetas rojas.

Organizar: Se estableció un mejor orden en el armado de los ladrillos para evitar caídas innecesarias de los ladrillos de igual manera manejar el buen orden en el almacenamiento del producto terminado para dejar espacio a los vagones, evitar rajaduras de los ladrillos que se convierten en mermas y de esa manera tener un mejor registro de la producción.

Limpieza: Se tuvo la participación de representantes para hacer la limpieza frecuente en el área de producción especialmente de la arcilla que suele caerse por las fajas transportadoras.

Estandarización y disciplina: Se estableció procedimientos y plan de mejora con el fin de cumplir las 3 primeras eses y se conviertan en un hábito diario y se cree disciplina por parte de los miembros de la organización.

Después de la implementación se volvió a medir para ver el nivel de cumplimiento

TABLA X
EVALUACIÓN DE LAS 5S DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN

FICHA EVALUACIÓN 5S	
ITEM	Puntaje (1-5)
CLASIFICACIÓN	
- Se aprecian objetos innecesarios en el área de producción	4
- Existen materiales o maquinarias que no utilizan	4
- En los estantes existen objetos innecesarios	5
- Es difícil encontrar las herramientas de trabajo	5
Puntaje	18
ORDEN	
- Se presenta un correcto armado de los ladrillos	5
- Se identifica la cantidad de estantes	5
- Existe orden de los ladrillos en el área a PT	5
- Existe correcto registro de la producción	5
Puntaje	20
LIMPIEZA	
- Existen encargados en la limpieza del área de producción	5
- Existen ambientes sucios que impiden el paso de los operarios	5
- Hay limpieza diaria en el área de trabajo	5
- Situación de materiales almacenados	4
Puntaje	19
ESTANDARIZAR	
- Se emplean las 3 primeras "S"	4
- Hay un plan de mejora	4
- Existen procedimientos de mejora a futuro	4
- Se hace mejora en los procedimientos y/o ambiente	4
Puntaje	16
DISCIPLINA	
- Se emplean las 4 primeras "S"	1
- Cumplen las normas de la empresa	2
- Hay motivación en el área de trabajo	2
- Cumplen y/o respetan las acciones de la metodología 5S	1
Puntaje	6
TOTAL	89

La tabla del nivel de cumplimiento después de la implementación de las 5S es de 89 comparado con la anterior que es 33 el incremento fue de 56%.

Cálculo de los índices de productividad después de la aplicación Lean manufacturing.

TABLA XI
INDICADOR DE PRODUCTIVIDAD DE MATERIA PRIMA (ARCILLA Y ARENA FINA) 2022

Mes	Semana	Ladrillos pandereta (unidades)	Materia Prima (Tn)	Productividad (Ladrillos /Tn)
Oct.	1	303,490	849.77	357.14
	2	303,490	849.77	357.14
	3	303,490	849.77	357.14
	4	303,490	849.77	357.14
Nov.	1	290,400	842.16	344.83
	2	290,400	842.16	344.83
	3	290,400	842.16	344.83
	4	290,400	842.16	344.83
Dic.	1	300,080	900.24	333.33
	2	300,080	900.24	333.33
	3	300,080	900.24	333.33
	4	300,080	900.24	333.33
Prom.		297,990	864.06	345.10

Según la tabla 11 de indicadores de productividad de materia prima, interpretamos que por cada tonelada de materia prima (arcilla y arena) obtenemos 345.10 ladrillos en promedio semanal.

TABLA XII
INDICADOR DE PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA 2022

Mes	Semana	Ladrillos pandereta (unidades)	Mano de Obra (H-H)	Productividad (Ladrillos /H-H)
Oct.	1	303,490	2240	135.49
	2	303,490	2128	142.62
	3	303,490	2128	135.49
	4	303,490	2352	129.03
Nov.	1	290,400	2352	123.47
	2	290,400	2128	136.47
	3	290,400	2128	136.47
	4	290,400	2240	129.64
Dic.	1	300,080	2352	127.59
	2	300,080	2352	127.59
	3	300,080	2128	141.02
	4	300,080	2240	133.96
Prom.		297,990	2240	133.23

Según la tabla 12 de indicadores de productividad de mano de obra, interpretamos que por cada hora hombre empleada se obtienen 133.23 ladrillos en promedio semanal.

TABLA XIII
ÍNDICE COMBINADO DE PRODUCTIVIDAD 2022

Mes	Semana	Índice combinado de productividad
Oct.	1	S/1.77
	2	S/1.77
	3	S/1.77
	4	S/1.77
Nov.	1	S/1.71
	2	S/1.71
	3	S/1.71
	4	S/1.71
Dic.	1	S/1.65
	2	S/1.65
	3	S/1.65
	4	S/1.65
	Promedio	S/1.71

Según la tabla de índice combinado de productividad (de M.P. y M.O.) de los meses de octubre, noviembre y diciembre, después de implementar la metodología del Lean Manufacturing, interpretamos que por cada sol invertido en materia prima y mano de obra obtenemos 0.71 soles de ganancia en promedio semanal.

TABLA XIV
COMPARACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

Factor	Antes	Después
Materia Prima (Ladrillos/Tn)	294.29	345.10
Mano de obra (Ladrillos/H-H)	124.70	133.23
Índice combinado de productividad	1.46	1.71
Variación de la productividad		17%

Según la tabla de comparación de la productividad de materia prima, mano de obra e índice combinado de productividad, comparando el antes y después, incrementó en 17% después de aplicar las herramientas del Lean Manufacturing.

Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk. Las hipótesis fueron las siguientes:

H0: La productividad de la empresa ladrillera siguen una distribución normal

H1: La productividad de la empresa ladrillera no siguen una distribución normal

Se pudo observar en los resultados que el nivel de significancia fue de 0.012 es decir menor que 0.05. Por ende, no se acepta la hipótesis nula y los datos de la productividad no siguen una distribución normal, por lo que se hizo la prueba de Wilcoxon, las hipótesis evaluadas fueron:

H0: La aplicación del Lean Manufacturing no incrementará la productividad de la empresa ladrillera.

H1: La aplicación del Lean Manufacturing incrementará la productividad de la empresa ladrillera

Se pudo observar que el nivel de significancia de la prueba fue de 0.002 siendo menor que 0.05 y podemos afirmar que la aplicación del Lean Manufacturing incrementó la productividad de la empresa ladrillera.

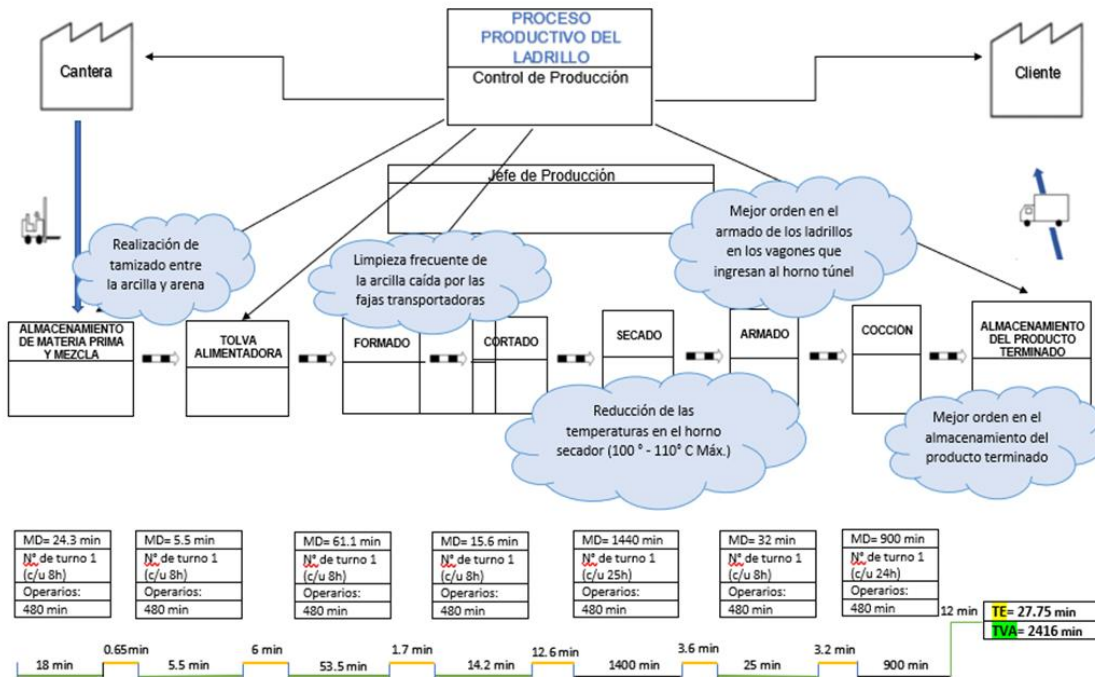


FIGURA III
VSM POST APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA

En el post del Value Stream Mapping se observan las soluciones por cada actividad de los problemas identificados en el diagnóstico anterior, además se puede ver la reducción en tiempos de entrega con 27.75 min, en el tiempo de valor agregado con 2416 min.

Discusión:

Se pudo determinar el efecto positivo de las herramientas de mejora del Lean Manufacturing en la productividad, obteniendo como resultado un incremento de 17% con los

índices combinado de productividad de 1.71 después de aplicar las herramientas de mejora, este resultado se diferencia al del autor Canales [8], que al aplicar el Lean Manufacturing en una empresa de productos cárnicos incrementó la productividad un 19%, se deduce que la variación de la productividad es por la diferencia del tipo de producción.

Los resultados anteriores son corroborados por Hernández, Bautista y Castillo [9], ya que menciona que la productividad se puede incrementar utilizando la metodología del Lean Manufacturing ya que esta se basa en eliminar pérdidas y poder determinar la capacidad que tienen las empresas para competir con éxito en el mercado, por lo tanto el propósito del método es hacer mejoras a través de diferentes herramientas de calidad.

Actualmente las empresas tienen desafíos a enfrentar, entre ellas están buscar técnicas organizacionales para poder competir en el mercado global, y por tal motivo las herramientas del Lean se están convirtiendo en una alternativa de solución para mejorar la productividad y competitividad, entre estas herramientas de la metodología está el VSM, 5s y Kaizen, entre otras herramientas, estas son las más usadas y las que más inciden en la productividad [10].

La implementación del Lean Manufacturing se realizó con las herramientas del VSM, 5s y Kaizen, estas herramientas nos permitieron identificar los problemas en el área de producción que perjudican a la productividad de la empresa, se procedió a planear, plantear e implementar la solución, mejorando la calidad, la producción y por ende la productividad del producto. Para realizar el primer objetivo se diagnosticó el estado actual de la empresa mediante un mapa de flujo de valor (VSM). Se calculó los indicadores de productividad inicial, las cuales son la productividad de materia prima con 294.29 ladrillos/Tn, productividad de mano obra 124.70 Ladrillos/H-H y el índice combinado de productividad en 1.46. Según el análisis de la situación actual se relacionan con la investigación de Aka, Isah y Eze [11], su objetivo fue determinar las razones de las mermas de los ladrillos y cómo disminuirlos, por lo que fue importante la aplicación del mapa de flujo de valor para detectar las actividades que no agregan valor en el proceso de producción de ladrillos y proponer soluciones que brinden mejoras en la productividad.

En base autores que hablan sobre el Lean Manufacturing tenemos a Lluís Cuatrecasas [12], en su libro menciona que la gestión Lean de los procesos que se desarrollan a través de herramientas están basadas en la eliminación de las inproductividades y se orientan al diseño y desarrollo de los procesos de tal manera que se mejoren y solucionen los inventarios, tiempos en los puestos de trabajo, transportes de los productos, actividades innecesarias por parte de los trabajadores y producción de productos defectuosos. Esta información se relaciona a los resultados obtenidos en nuestro estudio de investigación aplicando la metodología Lean Manufacturing, entre ellas están el mejor desenvolvimiento en las actividades de los trabajadores, al tener un ambiente

limpio, sin arcilla esparcida por el suelo, también se evitó una gran cantidad de ladrillos defectuosos con merma, producido por la mala supervisión en los procesos anteriores, estas mejoras continuas generaron productividad a la empresa.

Según [13], la herramienta de mapa de cadena de valor (VSM), es una simple y poderosa modelaje de un flujo, que ayuda a distinguir las actividades que pueden mejorar o eliminar del proceso y permite a la empresa tener un diagnóstico de la mejora continua de la productividad.

Por otro lado, [14] afirma que la metodología de las 5s tiene resultados positivos en lugares de trabajo eficientes que favorece en la visualización de anomalías y ayuda de manera sencilla a la eliminación de actividades que no agregan valor al producto mejorando de esta manera la calidad y productividad. Este argumento es verídico porque al aplicar las 5s en la ladrillera los resultados fueron los mismos, se logró la calidad del ladrillo y la productividad fue mejor.

IV. CONCLUSIONES

La investigación cumplió con el objetivo general, ya que el aumento de la productividad fue de 17% mediante el cálculo de la productividad de la materia prima, mano de obra y el índice combinado de productividad, demostrando mejoras después de la implementación del Lean Manufacturing.

La productividad antes de la implementación del Lean Manufacturing fue de 1.46 ladrillos pandereta en promedio semanal demostrando de tal manera el estado actual de la empresa referente a la producción actual.

En la implementación del Lean Manufacturing se utilizó 3 herramientas de mejora, con el Value Stream Mapping se logró disminuir los tiempos de trabajo, obteniendo TE: 27.75 min y TVA: 2416 min, en las 5s se tuvo un aumento en porcentaje de cumplimiento de 89 % y con la aplicación del Kaizen se logró un porcentaje de 79%.

La productividad final después de la implementación del Lean Manufacturing fue de 1.71, demostrando así que mediante el cálculo de la productividad de materia prima y mano de obra para medir la productividad tiene un efecto positivo en la empresa

En referente a la contrastación de la hipótesis el nivel de significancia de la prueba Wilcoxon fue de 0.012, menor que 0.05, concluyendo que la implementación del Lean Manufacturing incrementó la productividad.

REFERENCES

- [1] TAYAL, Ashwani; KALSI, Nirmal Singh. Review on effectiveness improvement by application of the lean tool in an industry. *Materials Today: Proceedings*, 2021, vol. 43, p. 1983-1991.
- [2] NGUYEN, Nguyen Thi Duc; CHINH, Nguyen Quoc. EXPLORING CRITICAL FACTORS FOR SUCCESSFULLY IMPLEMENTING LEAN MANUFACTURING AT MANUFACTURING COMPANIES IN

- VIETNAM. International Journal for Quality Research, 2017, vol. 11, no 2.
- [3] FAVELA-HERRERA, Marie Karen Issamar, et al. Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización: modelo conceptual propuesto. Revista lasallista de investigación, 2019, vol. 16, no 1, p. 115-133.
- [4] FEBRES, T. Alternativa de solución a la problemática ambiental producida por las ladrilleras artesanales en Arequipa. 2017. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de San Agustín.
- [5] Salas Oblitas, Lesli. Producción de industria ladrillera en Lima ya alcanza el 70% de niveles prepandemia. Artículo informativo. 2020. Diario El Comercio
- [6] ARIAS GONZÁLES, José Luis; COVINOS GALLARDO, Mitsuo. Diseño y metodología de la investigación. 2021.
- [7] ALBAN, Gladys Patricia Guevara; ARGUELLO, Alexis Eduardo Verdesoto; MOLINA, Nelly Esther Castro. Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). Recimundo, 2020, vol. 4, no 3, p. 163-173.
- [8] CANALES, Pablo, CUERVO, Andrés y DÍAZ, David. Tesis titulada: Aplicación de una metodología Lean Manufacturing para aumentar la productividad del chorizo en una empresa que elabora productos cárnicos procesados. Colombia, 2018.
- [9] HERNÁNDEZ, José, Bautista, Gabriela, Castillo, María. “Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción? Venezuela, 2016. ISSN 18568327
- [10] FAVELA HERRERA, Marie, ESCOBEDO PORTILLO, María Teresa y ROMERO LÓPEZ, Roberto. “Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización: modelo conceptual propuesta”. México: Juárez, 2019.
- [11] AKA, Adefemi, ISAH, Abubakar y EZE, Chukwudum. “Application of lean manufacturing tools and techniques for waste reduction in Nigerian bricks production process”. NIGERIA 2019
- [12] CUATRECASAS, Lluís. Ingeniería de procesos y de planta. España: Barcelona 2017.
- [13] CANTÓ, Mónica García; GANDIA, Antonio Amador. Cómo aplicar Value Stream Mapping”(VSM). 3c Tecnología: glosas de innovación plicadas a la pyme, 2019, vol. 8, no 2, p. 68-83.
- [14] PIÑERO, Edgar. “Programa 5S’s para el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad en los puestos de trabajo”. 2018.