

Propuesta de mejora para disminuir la variabilidad en la cocción del ladrillo.
Ingeniería industrial, 2023

PROPUESTA DE MEJORA PARA DISMINUIR LA VARIABILIDAD EN LA COCCIÓN DEL LADRILLO.

Daniel Eduardo Viafara Lucumi.

Ricardo Andrés Castillo
Gonzalias

Facultad de Ingeniería Industrial, Fundación
Universitaria de Popayán
Santander De Quilichao, Colombia
danielviafara98@gmail.com

Facultad de Ingeniería Industrial, Fundación
Universitaria de Popayán
Popayán, Colombia
Andresgonzalias88@gmail.com

Abstract - The article presents a proposal for reducing the variability of the finished product (brick) in the company Ladrillera del Pacifico, located in the rural part of Santander de Quilichao, a problem that occurs specifically in the firing area (oven), where part of the product is overcooked or raw, which makes it does not meet the required quality conditions, generating waste, so, through the implementation of the lean six sigma methodology, it seeks to reduce waste and increase productivity in the company, The methodology was structured based on the DMAIC cycle, clearly defining the problem, making measurements to determine based on data the causes and consequences of the same, analyzing these measurements to structure the improvements in the last stage according to the known and already characterized situation, and defining the means of control of the implementation to prevent the same problem from occurring again.

Keywords - Firing, Diagrams, DMAIC, Lean Six Sigma, Variability.

Resumen – El artículo presenta una propuesta para la disminución de la variabilidad del producto terminado (ladrillo) en la empresa Ladrillera del pacifico, ubicada en la parte rural de Santander de Quilichao, problemática que se presenta específicamente en el área de cocción (horno), donde parte del producto resulta sobre cocido o crudo, lo que hace que no cumpla con las condiciones de calidad requerida, generando desperdicios, por lo que, por medio de la implementación de la metodología lean six sigma, se busca disminuir los desperdicios y aumentar la productividad en la empresa, para lo cual se estructuró la metodología basada en el ciclo DMAIC, definiendo claramente el problema, realizando mediciones para determinar basado en datos las causas y consecuencias de la misma, analizando dichas mediciones para en la última estancia estructurar las mejoras de acuerdo a la situación conocida y ya caracterizada, y definir los medio de control de la implementación realizada para evitar que se vuelva a presentar la misma problemática.

Palabras Claves – Cocción, Diagramas, DMAIC, Lean Six Sigma, Variabilidad.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación hace referencia al proceso de cocción del ladrillo en la empresa ladrillos del pacifico ubicada en la zona rural del municipio de Santander de Quilichao, para lo cual en primera instancia debemos de hacer mención a la historia del ladrillo, como dice Bianucci [1], los primeros registros del uso de este material se remontan aproximadamente hace 5.500 años, cuando se descubrió que la humectación, amasado, secado y

posteriormente cocción de la arcilla arrojarían un material duro y resistente para el uso en la construcción, tal como lo conocemos en la actualidad.

La cocción del ladrillo es una de las etapas más importante para el proceso de producción, ya que en esta etapa se determina si el producto cuenta con las propiedades necesarias para su uso en la construcción. Por lo que este trabajo se va a centrar en disminuir la variabilidad que se está presentado en la cocción del ladrillo en la empresa ladrillos del pacifico.

Para analizar esta problemática es necesario mencionar las causas y consecuencias que se presenta, puesto que un porcentaje de la producción se está sobrecosiendo y otro porcentaje se está quedando crudo, siendo este último más crítico para la empresa, dado que no cumple con la firmeza necesaria para ser vendido al público.

Para la solución de este problema se utilizará la herramienta de lean six sigma, la cual se centra el uso de una metodología que consta de 5 etapas, conocida como el ciclo DMAIC, tal y como se menciona en Pérez-López y García-Cerdas [2], la cual busca la eliminación de aquellos factores que están generando inconveniente en la cocción del horno y generan la variabilidad en la misma.

Se tomaron como referencia algunos antecedentes que presentaban cierta similitud con el presente trabajo, debido a la implementación de esta metodología en ladrilleras, uno de estas implementaciones fue la realizada por Pantoja y Condormango [3], en la cual utilizaron herramientas de lean manufacturing para aumentar la productividad en una empresa ladrillera de la ciudad de Trujillo (Perú), donde obtuvieron como resultado una reducción del costo de producción.

Se evidencia entonces, la necesidad de mejora de este proceso debido a los diferentes desperdicios que se generan, y por consiguiente, las perdidas en términos económicos que representa para la organización, por lo que los antecedentes presentados son de gran ayuda, ya que son una prueba de la eficacia de las metodologías Lean y Six sigma, las cuales tuvieron un gran impacto en este tipo de organización, por lo que podemos proceder a su implementación, sin riesgo a que no sean adecuadas para este tipo de empresa específica.

Propuesta de mejora para disminuir la variabilidad en la cocción del ladrillo.
Ingeniería industrial, 2023

I. PROBLEMA.

La empresa industrial ladrillera del pacífico es una organización familiar, por lo que la gran mayoría de sus procesos son de tipo artesanal, uno de estos, y el cual es el que presenta una de las mayores variabilidades en el producto que entrega, es el horno de cocción, en donde se cuecen los ladrillos con el objetivo de otorgarles la dureza característica de este material, sin embargo, cuando se realiza este proceso, una parte de los ladrillos no alcanza la temperatura adecuada y quedan crudos, y otra en parte, sucede lo contrario, la temperatura excede la recomendable y los ladrillo quedan sobre cóccidos; generando cantidades de productos que no cumplen con las condiciones de calidad necesarias (físicas y estéticas) para ciertos mercados o clientes, teniendo que comercializarse a un menor valor, lo que en última estancia representa un desperdicio importante y que repercute en los ingresos percibidos por la organización.

En cada cocción o quema de ladrillos se obtiene un aproximado de 3.200 ladrillos defectuosos (por poca cocción o sobre cocción), lo que representa una pérdida aproximada en producto de \$2.217.965.

Los ladrillos afectados son los que se encuentran ubicados en la superficie del horno, por lo que se presupone, que esto se debe a que la fuente de calor del horno se encuentra en la zona superior, lo que generaría que los ladrillos ubicados en esta zona reciban mayor temperatura y queden sobre cóccidos, por el contrario, los ladrillos ubicados en la parte inferior del horno, no logran obtener el calor necesario, por lo que terminan crudos; está es una de las posibles explicaciones que se tienen sobre el porqué de esta problemática, se espera entonces, que a través de las herramientas e instrumentos utilizados a los largo del presente documento, se logré determinar con exactitud las causas de la misma, para posteriormente definir acciones para mitigarlas o eliminarlas.

II. METODOLOGÍA.

La metodología de esta investigación es aplicada bajo los pasos de lean six sigma y cada una de sus etapas, que se describe la siguiente tabla 1.

Definir	<ol style="list-style-type: none"> 1. Project charter 2. Voz del cliente. 3. Diagrama SIPOC (Caracterización de Proceso) 	Definición de problemática en variabilidad en el proceso de ladrillos
Medir	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plan de recolección de datos 2. Estadísticas de tendencia central y dispersión 3. Diagrama de Box Plots 4. Histogramas 5. Diagramas de control 6. Análisis de Capacidad de procesos 	Medición del proceso cocción del ladrillo y medición de la situación actual
Análisis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diagrama de causa y efecto 2. Diagrama de Pareto de primer y segundo nivel 3. Regresión lineal 4. Pruebas de hipótesis 	Análisis de la problemática y causas de la variabilidad en lo ladrillos.
Mejora	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tormenta de ideas 2. Matriz de priorización de soluciones (Matriz multicriterio) 3. Herramientas de Lean Manufacturing 	plan de Mejoramiento cronograma, responsables, recursos, inversión necesaria.
Controlar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definición de nuevos estándares. 2. Plan de controles e indicadores de procesos 	Controles que aseguren la correcta implementación de los planes de mejoramiento.

FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA

Tabla 1 – TABLA DE METODOLOGÍA.

Etapa	Herramienta	Resultado
-------	-------------	-----------

A. Etapa de Definir

Propuesta de mejora para disminuir la variabilidad en la cocción del ladrillo.
Ingeniería industrial, 2023

En esta primera etapa se buscó tener el primer acercamiento al proceso de cocción del ladrillo de la ya mencionada ladrillera, esta etapa nos permitió identificar la situación en la que se encontraba este proceso través de diversas herramientas, obteniendo un diagnóstico inicial, insumo indispensable para definir claramente el problema y posteriormente, definir las estrategias y acciones a tomar busca de mitigar o eliminar por completo dichos desperdicios.

Se busca identificar aspectos claves de la organización, definir clientes, sus requisitos y los procesos claves que pueden afectar a los clientes, es decir identificar posibles proyectos de mejora.

Herramientas empleadas en esta etapa: Project charter, voz del cliente, caracterización de proceso a través del diagrama SIPOC, los cuales en conjunto nos permitirán conocer la situación general y todos los por meros posibles del proceso de cocción para su posterior análisis para poder continuar con la etapa de medición.

1. Project charter

TABLA 2 PROJECT CHÁRTER.

Información general del Proyecto	
Empresa	Ladrillera Del Pacifico
Nombre del Proyecto	Propuesta de mejora para disminuir la variabilidad en la cocción del ladrillo.
Tipo de proyecto	Manufacturas.
Champion (Dueño del Proceso)	Jefatura de producción.
Proceso / Área Impactada	Proceso de Cocción.
Fecha de Inicio	17/02/2023
Fecha Estimada Final	24/06/2023
Ahorros Esperados (anual)	
Costos Esperados	

FUENTE. ELABORACION PROPIA.

En cierta medida, el Project charter permite reunir y utilizar la información de la empresa ladrillera del pacifico para describir los problemas, definir el alcance, programar fechas, definir los beneficios, describir los riesgos y restricciones; pero además este es un documento que consiste en la constitución del proceso para alcanzar y satisfacer las necesidades. Por otro lado, el Project charter, nos permitió comprender el proceso forjando un pilar esencial para facilitar y despejar cualquier duda antes de comenzar.

2. Voz del cliente

TABLA 3. MATRIZ VOZ DEL CLIENTE.

VOC / Quejas (Voz del Cliente interior)	Característica de Calidad /Problema Clave	CTQ's - Necesidades (Critico para la Calidad)	Medición/Indicador
Los ladrillos están saliendo muy quemados.	Resistencia	Resistencia mecánica, flexión y dureza adecuadas.	Resistencia a la compresión (en Pa)
			Resistencia a la flexión (en MPa)
			Dureza (en escala Mohs)
	Apariencia	Apariencia uniforme y acorde a las especificaciones requerida por lo clientes.	Variabilidad en el color (en %)
Variabilidad en la textura (en %)			
Grado de coincidencia con las especificaciones requeridas por el cliente (en %)			
Costo	Precio acorde a la calidad del producto y las especificaciones del cliente.	Relación precio-calidad (en %)	
		Tasa de quejas y devoluciones relacionadas con el precio (en %)	
Uso	Dimensiones, forma y peso adecuados para uso en construcción.	Tasa de devoluciones y quejas debido a problemas con las dimensiones, forma	
		Tasa de satisfacción del cliente en relación con el uso (en %)	

FUENTE. ELABORACION PROPIA.

Se puede concluir que, de la voz del cliente, captura la expectativa, preferencias, advertencias, quejas o aquellas precepciones que puede tener hacia la ladrillera del pacifico, donde la organización puede trabajar en la retroalimentación de la calidad y estado de su producto después de ser vendido. La captación del cliente puede ser porque el producto está saliendo con un color no deseado (ladrillo quemado) pero sigue teniendo la misma resistencia y la dureza que los otros ladrillos buenos.

Por otro lado, los ladrillos quemados son para clientes seleccionados ya que el color que tiene el producto no es de mayor importancia, son utilizados para muros de contención, cocheras, pozos sépticos... etc.

3. Diagrama SIPOC (Caracterización de Proceso)

TABLA 4. SIPOC COCCION DEL LADRILLO

S	I	P	C	C
PROVEEDORES	ENTRADA	PROCESO	SALIDA	CLIENTE
Operario de producción	Tiempo de carga del horno de los ladrillos moldeados	Ubicar los ladrillos crudos	Vagonetas	Particular
Combustibles	Carbón	Cargar carbón al horno	Ladrillos cocidos aceptables	
Área de secado	Ladrillos crudos	Encender el horno	Ladrillos cocidos defectuosos	
	Vagonetas	Calibrar la temperatura		
		Abastecer el horno con carbón durante el proceso		
		Fin del proceso		
		Esperar que el horno se enfríe		
		Sacar los ladrillos del horno		
		Almacenarlos en el área de espera		

FUENTE. DE ELABORACION PROPIA.

Como se evidenció en el diagrama anterior, en el área de cocción (horno), la “materia prima” (carbón, ladrillos crudos, vagonetas) es transportada por el proveedor (operario de producción, combustibles, área de secado) la cual sufre un proceso (ubicar los ladrillos crudos, meter carbón al horno, encender el horno, calibrar la temperatura, abastecer el horno con carbón durante el proceso) del que tienen como salida (ladrillos cocidos buenos, ladrillos defectuosos) que serán comercializados a un cliente (particular).

Por medio de esta herramienta se pudo conocer el proceso y cada una de las actividades del área de cocción, el cual es el primer paso para definir el problema exacto, y posteriormente estructurar las acciones de mejora para ser implementadas en la organización.

B. Etapa Medir

En esta fase se establece el método para la recolección de la información del proceso, en pocas palabras se realizó un plan de recolección de datos, en el cual tiene como objetivo identificar las variables que se encuentran involucradas en la cocción del ladrillo. En qué situación se encuentra el proceso actualmente; obtener una perspectiva más óptima sobre la problemática en la que se va a trabajar.

En este cuadro queremos hacer un resumen del plan de recolección de datos, para contextualizar las variables fundamentales para el estudio de la problemática, con la formula operacional utiliza para encontrar los datos, y la meta a la que la organización ha estipulado llegar.

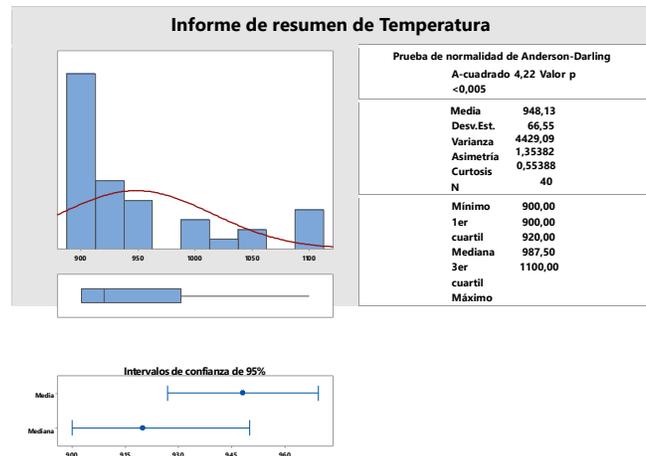
TABLA 5- RESUMEN DEL PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Variables	Tipo de Dato (Continuo/Discreto)	Definición Operacional	Metas
Cantidad ladrillos crudos	Discreto	Cantidad de ladrillos crudos - capacidad total del horno	10%
Cantidad ladrillos sobre cocidos	Discreto	Cantidad de ladrillos quemados - capacidad total del horno	2%
Temperatura máxima alcanzada	Continuo	Medir la temperatura máxima alcanzada	900°
Tiempo de cocción	Continuo	Medir el tiempo que se demora en llegar a la temperatura máxima el	50 horas

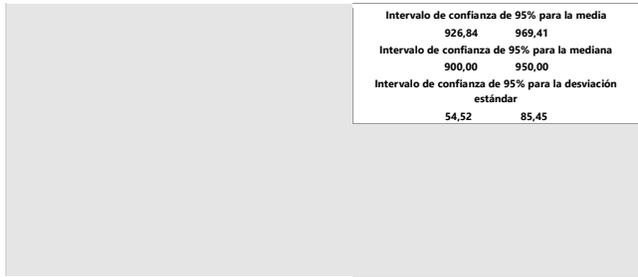
FUENTE. DE ELABORACION PROPIA.

En las siguientes gráficas, se muestra el resumen estadístico de los datos obtenidos para cada una de las variables que están bajo estudio.

ILUSTRACION 1. ESTADISTICAS DE TEMPERATURA



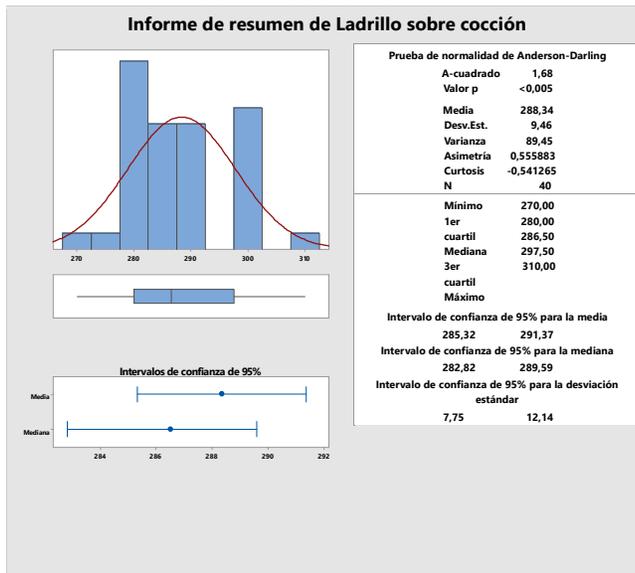
Propuesta de mejora para disminuir la variabilidad en la cocción del ladrillo.
Ingeniería industrial, 2023



FUENTE. ELABORACION PROPIA SOFTWARE MINITAB

En esta grafica podemos evidenciar que el proceso esta descentralizado, dado que la temperatura ideal de cocción del ladrillo es 900°, y los datos estudiados nos muestra que la cocción tiene una media de 950°, lo cual puede hacer que el proceso este el horno menos tiempo de lo requerido haciendo que los ladrillos queden abreviados.

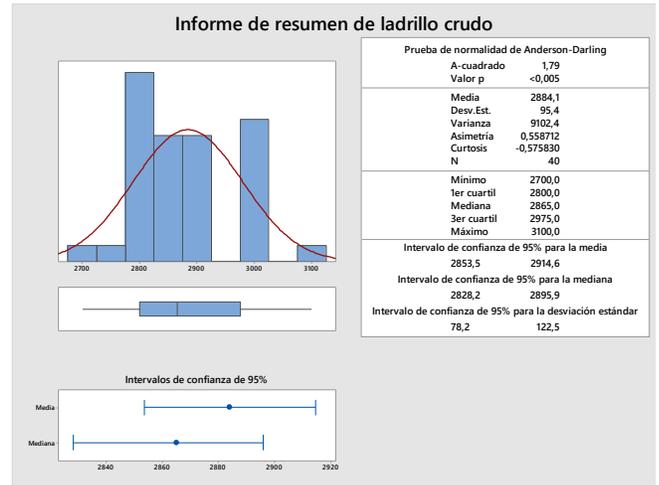
ILUSTRACION 2. ESTADISCAS DE LADRILLO SOBRECOCIDO.



FUENTE. ELABORACION PROPIA SOFTWARE MINITAB

Esta ilustración nos sirve para entender el comportamiento de la variable ladrillo sobre cocidos (quemados), lo cual se puede observar que en promedio se queda quemados un 5% de la producción por quema, en vista a ello se puede considerar como aceptable este porcentaje dado que este ladrillo tiene comercialización en el mercado y si es acto para construir.

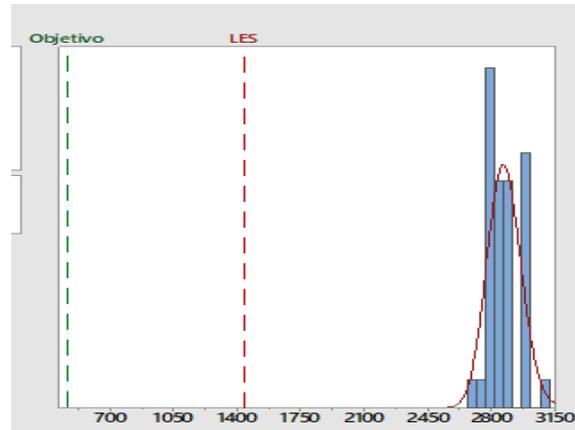
ILUSTRACION 3. ESTADISCAS DE LADRILLO CRUDO



FUENTE. ELABORACION PROPIA SOFTWARE MINITAB

Esta ilustración se puede observar un resumen de medidas de tendencia central, en el cual podemos obtener datos significativos como el rango de ladrillos que se está quedando crudos para según la muestra obtenida por la empresa, el cual oscila entre 2.700 a 3.100 unidades crudos, con una media de 2884,1 por producción. Lo cual es crítico para la empresa dado que estos no se pueden comercializar, ni reprocessar.

ILUSTRACION 4. CAPACIDAD DE PROCESO

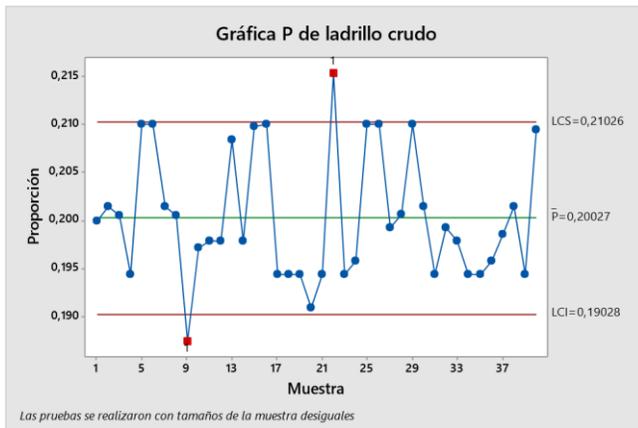


FUENTE. ELABORACION PROPIA SOFTWARE MINITAB

Análisis de capacidad del proceso nos muestra, como está siendo el desempeño del sistema, puesto que en este análisis evidenciamos que el proceso está fuera de control. Dado que el valor objetivo está muy por debajo de los valores que se han obtenido.

Propuesta de mejora para disminuir la variabilidad en la cocción del ladrillo.
Ingeniería industrial, 2023

ILUSTRACION 5. GRAFICA DE CONTROL



FUENTE. ELABORACION PROPIA SOFTWARE MINITAB

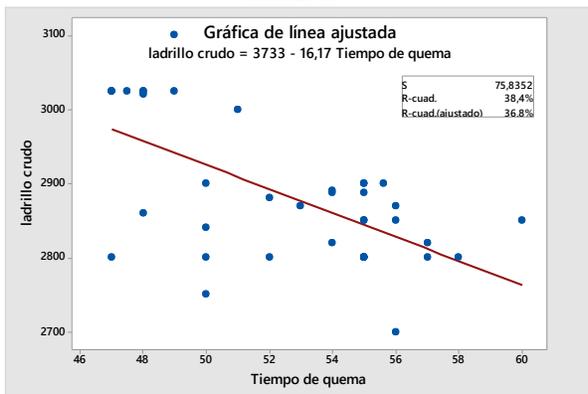
Con esta grafica de control, se puede hacer un análisis del comportamiento que se ha presentado para la variable de ladrillos crudos, la cual arroja una cifra de desperdicios del 19% al 21%, lo cual se puede considerar que es muy alto para la empresa.

C. Etapa Análisis

Con los datos obtenidos en la epata medir, donde se emplearon herramientas que facilitarían el entendimiento del dato arrojado por medio del estudio de medidas de tendencia central, por lo que en esta etapa vamos a realizar herramientas enfocada en el análisis como diagrama de dispersión, diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto y prueba de hipótesis y AMEF.

La siguiente grafica representa la dispersión de datos obtenidos de los ladrillos crudos, respecto a la temperatura alcanzada.

ILUSTRACION 6. GRAFICA DE DISPERSIÓN CRUDO

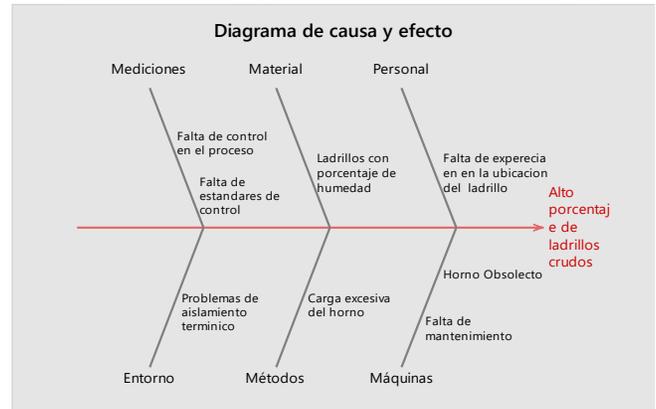


FUENTE. ELABORACION PROPIA SOFTWARE MINITAB

Esta grafica nos muestra que a mayor temperatura disminuye la cantidad de ladrillos crudos, con un coeficiente de correlación de Pearson $-0,620$ nos indica que hay una relación negativa que a medida aumenta el tiempo de cocción disminuye los ladrillos crudos.

Con la ecuación de la gráfica (ladrillo crudo = $3733 - 16,17$ Tiempo de quema) podríamos hallar el valor necesario para el proceso de ceros ladrillos crudos sería de 230,2 horas lo cual sería un tiempo muy prologado para la cocción del ladrillo porque ya no sería rentable el proceso para la empresa.

ILUSTRACION 7. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

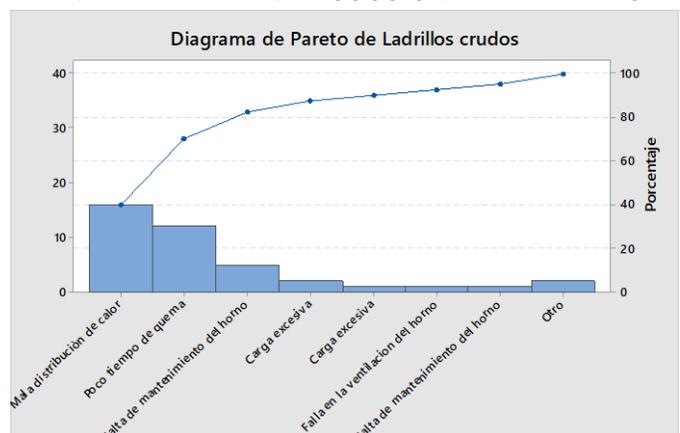


FUENTE. ELABORACION PROPIA SOFTWARE MINITAB

Esta es una herramienta muy utilizada en la industrial para determinar las posibles causas que se presenta en un proceso, como se puede observar en la gráfica anterior.

El diagrama de Pareto [9] es una grafica que nos sirve para clasificar los datos en orden ascende, el cual sirve para priorizar las causas que están causando el 80% de los problemas. Como se observa en la siguiente grafica.

ILUSTRACION 8. DIAGRAMA DE PARETO VARIBILIDAD EN LA COCCION DEL LADRILLO



FUENTE. ELABORACION PROPIA SOFTWARE

Propuesta de mejora para disminuir la variabilidad en la cocción del ladrillo.
Ingeniería industrial, 2023

MINITAB.

Mediante este diagrama se puede analizar las principales causas que está ocasionado los problemas en la cocción del ladrillo donde podemos atribuir que un 40% a que el calor no se distribuye de buena manera por el horno y 35% al tiempo de cocción que en algún caso resulta ser muy poco.

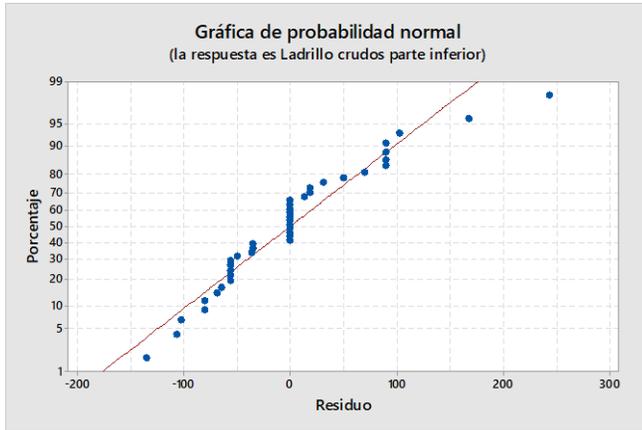
Se determina realizar una prueba de hipótesis para la causa de mala distribución de calor por medio de un análisis de varianza, para comprobar las hipótesis para el problema de la distribución de calor en el horno.

Hipótesis nula (H0): No hay diferencias significativas en la variabilidad de la cocción del ladrillo debido a la mala distribución de calor.

Hipótesis alternativa (H1): Existen diferencias significativas en la variabilidad de la cocción del ladrillo debido a la mala distribución de calor.

La siguiente grafica representa la gráfica de distribución normal.

ILUSTRACION 9. SUPUESTO DE PROBALIDAD DE NORMAL.



FUENTE. ELABORACION PROPIA SOFTWARE MINITAB.

Este grafico sirve para hacer análisis de supuesto de normalidad el cual no debe de tener una forma característica curvatura en la distribución de los datos para comprobar el supuesto de normalidad.

Por último, se realiza el análisis de varianza para aceptar o rechazar la hipótesis.

TABLA 6. SUPUESTO DE PROBALIDAD DE NORMAL.

Análisis de varianza	Valor f	Valor p
% de ladrillos crudos	0,85	0,65

FUENTE. ELABORACION PROPIA SOFTWARE

EXCEL.

Con el valor f es mayor al valor p, rechazamos la hipótesis nula por lo que podemos decir que la mala distribución de calor si está afectando la cocción del ladrillo.

Análisis de modo y efectos de fallas (AMEF). [10] esta es una herramienta de análisis preventivo, aplicable a sistemas de priorización de riesgos, como lo veremos en la siguiente tabla.

TABLA 7 – RESUMEN DE AMEF.

Descripción	Efecto Potencial de Falla	RPN
Proceso de cocción del ladrillo (Producto terminado)	Ladrillo no tiene la resistencia.	245
Tiempo que se demora el ladrillo en ser coccido.	Tiempo de cocción no es suficiente.	360
Distribución de calor en el área del horno.	El calor no se distribuye por el horno de manera uniforme	384
Capacidad total del horno.	El horno se sobrecarga con muchas unidades y no se puede distribuir el calor	5

FUENTE. ELABORACION PROPIA SOFTWARE EXCEL.

Con esta tabla se busca realizar un análisis de falla potenciales que se están presentando el proceso de cocción del ladrillo en la empresa ladrillera del pacifico, en la cual se están contemplando realizar unas adecuaciones al horno de cocción para atacar la causa de mala distribución de calor.

D. Etapa Mejorar

En esta etapa se realizan planteamientos que ayuden a encontrar la solución de los problemas encontrados en la etapa anterior. Por lo cual se emplearán herramientas que faciliten la creación de ideas como Flor de loto, herramientas para la priorización de soluciones y por último implementación de herramientas lean manufacturing, para disminución de los desperdicios.

La siguiente ilustración hace referencia al diagrama flor de loto. Como se muestra en la tabla.

TABLA 8. DIAGRAMA FLOR DE LOTO.

Analizar la distribución de calor en el horno.	Estandarizar el tiempo de cocción.	Estandarizar las temperaturas de cocción.
Analizar la capacidad total de horno	Variabilidad en la cocción.	Condiciones de aislamiento del horno
Condiciones de aislamiento del horno	Controlar la humedad de los ladrillos	Realizar inspecciones de calidad durante el proceso.

FUENTE. ELABORACION PROPIA SOFTWARE EXCEL.

En diagrama se plantearon las posibles alternativas para la solución de la variabilidad en la cocción, la cual se organizó de la siguiente manera, priorizando las alternativas según el siguiente orden: A. analizar la distribución de calor en el horno, B. Estandarizar el tiempo de cocción, C. Estandarizar las temperaturas de cocción, D. Condiciones de aislamiento del horno, E. Realizar inspecciones de calidad durante el proceso, F. Condiciones de aislamiento del horno, G. Controlar la humedad de los ladrillos, H. Analizar la capacidad total de horno.

Con los resultados arrojados por el análisis de varianzas, en el cual arrojo que la hipótesis alternativa era validad, el siguiente paso es centrarse en la solución de la distribución de calor uniforme en el horno.

TABLA 9 – RESUMEN DE AMEF SOLUCIONES.

Acciones Recomendadas	Acciones Tomadas	RPN
Verificar y ajustar los parámetros de temperatura del horno	Mejorar el control de temperatura durante el proceso de cocción	135
Establecer procedimientos y controles para asegurar que se cumpla el tiempo de cocción	Implementar un sistema de monitoreo del tiempo de cocción	133

Revisar y mejorar el diseño del horno para lograr una distribución más uniforme del calor		126
Establecer límites claros de carga para evitar la sobrecarga del horno	Capacitar al personal sobre la carga adecuada del horno	3

FUENTE. ELABORACION PROPIA SOFTWARE EXCEL.

Lluvias de ideas.

De acuerdo a las herramientas utilizadas como, árbol CTQ, formato chárter, voz de cliente, voz del negocio y los distintos diagramas, Ishikawa, causa y efecto, Pareto y el formato AMEF.

Con base se propone a las siguientes mejoras:

1. Pulverizar bien el carbón.
2. Realizar mantenimientos para tener equipo en perfectos estados y obtener maquinaria que se necesitan
3. Realizar un cuestionario para los clientes para conocer los puntos fallidos en el producto terminado
4. Modificación del horno de cocción, para la hora del proceso no caliente de abajo hacia arriba.

TABLA 10- MATRIZ DE PRIORIZACIÓN DE SOLUCIONES

Variabilidad en la cocción del ladrillo	CRITERIO PRINCIPAL				1	
	CRITERIO SECUNDARIO				0	
	c ₁	c ₂	c ₃	c ₄	Total	orden
1. Pulverizar bien el carbón.		1	1	0	2	2
2. Realizar mantenimientos para tener equipo en perfectos estado y obtener maquinaria que se necesitan.	0		1	0	1	3
3. Realizar un cuestionario para los clientes para conocer los puntos fallidos en el producto terminado.	0	0		0	0	4
4. Modificación del horno de cocción, para la hora del proceso no caliente de abajo hacia arriba	1	1	1		3	1

FUENTE. ELABORACION PROPIA SOFTWARE EXCEL.

Según la matriz de soluciones, el mejor recurso es la numero 4. Esto es debido a que se centraliza al problema principal del proyecto, la fuente de calor del horno y la distribución del mismo.

E. Implementación de herramientas lean manufacturing.

Para solucionar el problema de la variabilidad de la cocción del ladrillo, reducir el porcentaje de ladrillos crudos en la empresa, se realizarán una propuesta de implementación de herramientas de lean manufacturing como: A3 thinking, 5's y Poka yoke.

A3 Thinking.

Propuesta de mejora para disminuir la variabilidad en la cocción del ladrillo.
Ingeniería industrial, 2023

El formato A3 Thinking brinda la oportunidad de identificar y comprender en profundidad las causas por las cuales se presenta el alto porcentaje de ladrillos crudos la recopilación de datos, observaciones y análisis de causas raíz, el equipo puede obtener una visión más clara de las posibles causas y factores contribuyentes.

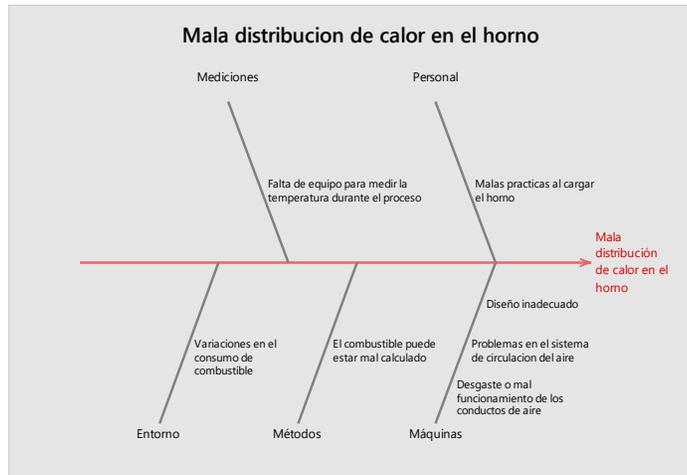
El uso de esta herramienta fomenta el desarrollo de contramedida, las cuales ayuden a mitigar las causas del problema, una vez diseñado el plan de implementación esta contramedida se realiza, los KPI'S para monitorear el progreso y tomar medidas correctivas si son necesarias.

Aplicación del A3 Thinking.

Consiste en implementar el ciclo PHAV, con los datos obtenidos en la etapa Analizar, se pudo detectar que una de las causas raíz del problema se atribuye a la mala distribución del calor en el horno de cocción. Se realizó un diagnóstico de la situación inicial, se planteó un objetivo Smart, el cual es eliminar la mala distribución del horno.

Análisis de causa relacionado donde se realizó un segundo diagrama de espina de pescado, pero específico para entender las causas del por qué se presenta una distribución inadecuada en el horno.

ILUSTRACION 10. DISTRIBUCIÓN INADECUA DEL CALOR.



FUENTE. ELABORACION PROPIA SOFTWARE EXCEL

Planteamiento de contra medidas.

TABLA 10: PLANTAMIENTO DE CONTRAMEDIDAS.

No.	Contrameditas
1	Implementar un proceso de revisión y verificación de la configuración del horno antes de cada ciclo de cocción.

2	Estudiar modificaciones en el diseño del horno para mejorar la distribución del calor.
3	Implementar un sistema de seguimiento y recordatorio para asegurar que las calibraciones se realicen según el programa establecido.

FUENTE. ELABORACION PROPIA SOFTWARE EXCEL

Planes de Acción.

TABLA 11: PLAN DE ACCION

Contramedita	Acción	¿quién?	plazo
1	Capacitar al personal encargado de la configuración del horno para asegurar que se realice correctamente según los parámetros recomendados.	Jose Amortegui	1 semana
2	Formar un equipo técnico para evaluar el sistema de circulación de aire y proponer mejoras en el diseño del horno en caso de ser necesario.	Daniel y ricardo	3 semanas
3	Realizar cotizacion de equipos para hacerle seguimiento al proceso.	Daniel y ricardo	2 semanas

FUENTE. ELABORACION PROPIA SOFTWARE EXCEL

Técnica 5's

En el siguiente cronograma se estructuraron las actividades para la implementación de las 5's, la cual se realizará después de los ajustes de pruebas del horno, que están contemplando a partir del mes de julio del 2023.

TABLA 12: CRONOGRAMA IMPLEMENTACIÓN 5'S

Implementación de 5's		
Fases	Actividades	Ejecución
Preliminar	Introducción a la metodología 5S	Semana 1
Clasificación (Seiri)	Clasificación de elementos	Semana 1
	Revisión y ajustes de elementos organizados	Semana 1
Organización (Seiton)	Evaluación del flujo de trabajo	semana 2
	Reorganización física de los equipos y herramientas.	semana 2
	identificación de áreas de almacenamiento	semana 2

Propuesta de mejora para disminuir la variabilidad en la cocción del ladrillo.
Ingeniería industrial, 2023

Limpieza (Seiso)	Limpieza profunda y exhaustiva	Semana 3
	Estándares de limpieza y mantenimiento.	Semana 3
Normalización (Seiketsu)	manual de procedimientos estandarizados	Semana 3
	Establecimiento de indicadores de rendimiento clave	Semana 3
Disciplina (Shitsuke)	Promoción de una cultura de disciplina	Semana 4
	Implementación de un sistema de reconocimiento y recompensa	Semana 4
	Evaluación de resultados	Semana 4

FUENTE. ELABORACION PROPIA

Técnica Poka Yoke.

Esta es una técnica que se deriva que su traducción indica prueba de errores, cual consiste en realizar dispositivo de fácil entendiendo para evitar disminuir los errores por medio del uso fácil de los dispositivos.

Eventos Poka Yoke.

Marcaciones de sitios de vagonetas: Estas marcaciones serán útiles para determinar el sitio a adecuado para dejar los vagones que se utilizan para transportar los ladrillos hacia el horno.

Marcaciones de dispositivos de temperatura: Se propone poner termómetros para medir altas temperaturas dentro del horno, mediante el uso de termopares de tipo K, digitales para controlar la temperatura, al igual comparar las temperaturas entre varios puntos del horno.

Marcaciones de entrada y salida del horno: Demarcar la entrada y salida del horno de cocción, agilizar el proceso de ubicación de los ladrillos.

F. Etapa Controlar

Indicadores de procesos.

En la empresa anteriormente no se realizaban controles a los procesos de producción, por lo que el diseño de nuevos indicadores de rendimiento ayudaría a mejorar la situación actual que presentan la compañía.

La implementación de indicadores de control se plantearía, a través de la creación de formatos que sirvan para recolectar datos, tener una trazabilidad de los procesos.

Indicadores propuestos.

- Tiempo promedio de cocción.
- % de ladrillos crudos.
- Consumo de carbón.

III. CONCLUSIONES

- Con la información obtenida en el trabajo se logró realizar un análisis del impacto que esta generado la variabilidad en la cocción del ladrillo en la empresa, de lo cual se identifico en primera instancia la variable más significativa para el proceso como lo es el porcentaje de ladrillos crudos el cual equivale a un 20% de la producción total por lote.
- En la etapa de análisis se identificó las principales causas que están afectando al proceso por medio de la herramienta de Ishikawa, la cual ayudo a dimensionar los factores por los cuales se presenta la variabilidad, dando paso al análisis de prueba de hipótesis el cual determino que la hipótesis planteada para el problema era la mala distribución de calor en el horno, con lo cual la empresa determino poner en marcha uno de los proyectos de mejoras del horno con el cual buscan tener un porcentaje de ladrillos crudos menor al actual, el cual es de 10%.
- Por último, se plantearon nuevos estándares de control enfocado al tiempo de quema y temperatura, la implementación de nuevos indicadores de rendimiento para el seguimiento y control de la producción.

Recomendaciones

- Se aconseja a la empresa que implemente las técnicas lean manufacturing (5s, poka yoke) para obtener un aumento de la productividad en la empresa y eliminar los desperdicios sobrantes en la etapa de cocción y además se recomienda realizar la implementación del sistema TPM.

Propuesta de mejora para disminuir la variabilidad en la cocción del ladrillo.
Ingeniería industrial, 2023

- Se recomienda tener la implementación de las técnicas realizadas en este documento, asimismo se recomienda designar una persona que tenga como propósito verificar mensualmente el estado de implementación de dichas técnicas mediante el uso de formatos expuestos en el documento.
- Capacitar a todos los trabajadores, con el fin de concientizarlos de la importancia de la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing y diagramas, que permitirán mejorar la productividad.

IV. ANEXOS

Toda la información trabajada en archivos de Excel y Minitab u otros archivos empleados en la elaboración del documento deben ir anexos al documento.

V. REFERENCIAS

[1] M. A. Bianucci, «EL LADRILLO – Orígenes y Desarrollo,» 2009. [En línea]. Available: <https://arquitectnologicofau.files.wordpress.com/2012/02/el-ladrillo-2009.pdf>.

[2] E. Pérez-López y M. García-Cerdas «Implementación de la metodología DMAICSeis Sigma en el envasado de licores en Fanal,» 21 OCTUBRE 2014. [En línea]. Available: https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/2070/1876

[3] A. N. M. Pantoja y F. u. Condormango, «Propuesta 5 de aplicación de las herramientas lean manufacturing para aumentar la productividad en la línea de fabricación de una empresa ladrillera en la ciudad de Trujillo,» 17 02 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23693/Marcos%20Pantoja%20Arturo%20Negel%20-%20Luna%20Condormango%20Felix.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

M. Sales, «EALDE Business School,» 2013 . [En línea]. Available: https://d1wqtxts1xze7.cloudfront.net/44144377/Diagramde_pareto-libre.pdf?1459094480=&response-content-

[disposition=inline%3B+filename%3DDiagrama_de_Pareto.pdf&Expires=1686509132&Signature=Ht6DKIw9FjggChshb03oJQ3OTWJzEtzyDiYbU9FwF4jzwHaJ~vbumsJQUfGfxlgQD7j.](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22284/Fernandez%20Mozo%20Jhelikza%20Marleny.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

J. M. F. Mozo, «Universidad privada del Norte,» 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22284/Fernandez%20Mozo%20Jhelikza%20Marleny.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 2023].

[A. Gomez y Z. Ramirez-Gutierrez, «El sector de la

1 construcción en el departamento del Cauca: ¿una locomotora de crecimiento en el corto y largo plazo?,» Noviembre 2022. [En línea]. Available: [file:///C:/Users/daniel%20v/Favorites/Downloads/0123-921X-tecn-27-75-7%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/daniel%20v/Favorites/Downloads/0123-921X-tecn-27-75-7%20(1).pdf).

[E. L. C. Quiroga, «Rol de las empresas del sector de 2 la construcción en el proceso de reactivación económica de Colombia,» 24 noviembre 2021. [En línea]. Available: http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/6197/1/2022_EdinsonLeonardoCruzQuiroga.pdf.

[A. R. V. G. F. S. P. H. Paola Herrera, «inventario 3 Nacional Del Sector Ladrillero Colombiano,» 2015. [En línea]. Available: https://www.caem.org.co/wpcontent/uploads/2021/01/13_inventario_Nacional_Ladrillero.pdf?x42968.

[C. J. O. Cabrera, «Decrease of the rates of rupture, 6 in a brick company, during,» 13 11 2017. [En línea]. Available: <http://ieomsociety.org/ieom2017/papers/44.pdf>.

[M. A. J. A. V. Loyola, M. C. E. F. Ávila y M. C. J. T.

7 Michcol, «Disminución de la Variación de un Proceso de Producción de Muebles con Seis Sigma. Conciencia Tecnológica,» 12 2010. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/944/94415759008.pdf>.

[D. F. P. Agudelo y L. E. C. Torres, «Propuesta de 8 mejoramiento en el sistema productivo de una ladrillera,» 2020. [En línea]. Available: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/hunde/10893/19666/0604385.pdf?sequence=1>.