



**Estudio de un proceso alternativo para la producción de portavasos cerámicos en
Colcerámica La Estrella**

Jhon Henry David Laverde

Ingeniero industrial

Asesor

Mónica Jhanet Gallego Duque, especialista en logística integral

Universidad de Antioquia

Facultad de ingeniería

Pregrado

Medellín

2024

Cita	(David Laverde, 2024)
Referencia	David Laverde, J. (2019). <i>Estudio de un proceso alternativo para la producción de portavasos cerámicos en Colcerámica La Estrella</i> [Pregrado]. Universidad de Antioquia, Medellín.
Estilo APA 7 (2020)	



Son pocas las palabras que se puedan expresar como gratitud a todas las personas y organizaciones que me permitieron la posibilidad de desarrollar mis prácticas académicas, por ello, cabe más que mencionarlos y resaltar la gran participación que han tenido en este proceso. Primero la universidad de Antioquia, que mediante su formación me permitió adquirir conocimientos en el pregrado ingeniería industrial. La empresa Colcerámica S.A.S que me abrió sus puertas como un escenario de prácticas y aprendizaje. La docente y asesora Mónica Jhanet Gallego Duque, que me acompañó con paciencia en la culminación de este trabajo y por último, a todos los profesores y personas que mediante su apoyo me permiten estar más cerca del título universitario que siempre he anhelado.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Julio César Saldarriaga.

Jefe departamento: Mario Alberto Gaviria Giraldo.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de contenido

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
1 Objetivos	9
1.1 Objetivo general	9
1.2 Objetivos específicos	9
2 Marco teórico	10
3 Metodología	12
3.1 Fase inicial	12
3.2.1 Análisis de métodos y tiempos	20
3.3 Fase de pruebas	21
4 Resultados	25
4.1 Resultados de costos	25
4.2 Resultados ambientales	27
4.3 Resultados de percepción	27
5 Análisis	29
6 Conclusiones	30
8 Referencias	32
Anexos	33

Lista de tablas

Tabla 1 Entradas y salidas de insumos en la elaboración de portavasos	17
Tabla 2 Flujograma alternativo de la elaboración de portavasos	21
Tabla 3 Comparación de costos por proceso de producción	23
Tabla 4 Costo total de producción por proceso	24
Tabla 5 Prueba de sensibilidad de los costos de producción	25
Tabla 6 Variación en los porcentajes de rotura	26
Tabla 7 Variación en el costo del proceso alterno y los porcentajes de rotura	26
Tabla 8 Cantidad de material desperdiciado por tipo de proceso	27

Lista de ilustraciones

Ilustración 1	Flujograma de elaboración de portavasos	16
Ilustración 2	Diagrama de recorrido del proceso tradicional	17
Ilustración 3	Flujograma alternativo de elaboración de portavasos	19
Ilustración 4	Diagrama de recorrido del proceso alternativo	20
Ilustración 5	Calificación de los métodos de operación	28

Resumen

Este proyecto se desarrolló en **Colcerámica La Estrella** con el objetivo de evaluar un método de producción alternativo para la fabricación de portavasos cerámicos, buscando reducir defectos y mejorar la eficiencia operativa. Se expusieron las tareas del proceso tradicional y se propuso un nuevo método basado en la solicitud de la empresa, que consiste en un método alterno denominado bicocción, y se resume en someter los portavasos a una segunda cocción para mejorar su resistencia y reducir los problemas de calidad asociados con el corte.

A lo largo del proyecto, se realizaron pruebas de campo que permitieron comparar ambos métodos en términos de tiempos de operación, costos y reducción de defectos. Los resultados mostraron que el método alternativo redujo significativamente los defectos, pero presentó un aumento en los costos de producción que pueden ser posteriormente analizados para generar una reducción. A pesar de este incremento, se evaluaron las ventajas en la calidad del producto y su impacto en la satisfacción del cliente.

Finalmente, se concluyó que el método alternativo, si bien es más costoso, ofrece una reducción significativa en los problemas de calidad, lo que podría justificar su implementación bajo ciertos escenarios de producción a gran escala.

Palabras clave: industria cerámica, mejora de procesos, reducción de defectos, métodos y tiempos.

Abstract

This project was developed at **Colcerámica La Estrella** with the aim of evaluating an alternative production method for manufacturing ceramic coasters, seeking to reduce defects and improve operational efficiency. The tasks of the traditional process were outlined, and a new method based on the company's request was proposed. This alternative method, called **bicocción** (double-firing), involves subjecting the coasters to a second firing to enhance their strength and reduce quality issues related to the cutting process.

Throughout the project, field tests were conducted to compare both methods in terms of operation times, costs, and defect reduction. The results showed that the alternative method significantly reduced defects but resulted in an increase in production costs, which can be further analyzed for potential reduction. Despite this cost increase, the advantages in product quality and their impact on customer satisfaction were evaluated.

Finally, it was concluded that, although the alternative method is more expensive, it offers a significant reduction in quality issues, which could justify its implementation under certain large-scale production scenarios.

Keywords: Ceramic industry, Process improvement, Defect reduction, Methods and times

Introducción

A través de la modalidad de práctica académica, es posible aplicar los conocimientos adquiridos en ingeniería industrial al sector productivo. En este contexto, se propone un proyecto enfocado en el estudio de métodos y tiempos, con el objetivo de evaluar las ventajas y desventajas de un método alternativo en la fabricación de portavasos cerámicos.

Para ello, se llevarán a cabo actividades como la recolección de información, la experimentación y la descripción detallada del método de producción actual, identificando tanto sus fortalezas como sus debilidades. Posteriormente, se contrastará dicho método con la propuesta alternativa mediante pruebas de campo y análisis de datos, con el fin de determinar si el proceso de fabricación actual ofrece mejores resultados en términos de defectos, problemas de producción y otros indicadores clave, o si la metodología sugerida permite optimizar dichos resultados.

Adicionalmente, se desarrollará un conjunto de estrategias para ajustar el proceso de fabricación a formatos pequeños. Con base en estas sugerencias, se implementarán los ajustes recomendados y se anexarán los datos obtenidos. Finalmente, a través de la observación de las operaciones, se documentarán las evidencias encontradas, todo ello con el objetivo de aplicar de manera efectiva las herramientas aprendidas en el entorno académico al ámbito laboral.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Evaluar un proceso alternativo para la fabricación de portavasos cerámicos mediante el análisis y pruebas de campo, con el fin de validar su viabilidad en términos de costos y facilitar la reducción de unidades defectuosas.

1.2 Objetivos específicos

- Describir el proceso de fabricación actual de portavasos cerámicos para utilizarlo como punto de referencia en la recopilación de datos iniciales, los cuales servirán de base para la comparación con el proceso alternativo propuesto por la empresa.
- Definir un proceso de producción alternativo, basado en el análisis de la información existente, que permita evaluar su impacto en los costos operativos y en la reducción de productos defectuosos.
- Realizar pruebas del método alternativo, aprovechando los espacios de ensayo disponibles en la empresa, con el objetivo de generar información relevante que facilite la comparación entre el proceso actual y el propuesto.
- Efectuar cálculos y análisis basados en los datos obtenidos en las pruebas de campo, evaluando tiempos de ejecución, costos, calidad y niveles de desperdicio, para extraer conclusiones comparativas entre los métodos de producción.
- Presentar un informe final con las conclusiones derivadas de las pruebas de campo, que sirva como base para la toma de decisiones o la implementación de estrategias de mejora en el proceso existente o en el alternativo.

2 Marco teórico

La realización de prácticas académicas ofrece una valiosa oportunidad para aplicar los conocimientos teóricos en contextos empresariales reales. Si bien cada organización permite un acercamiento a sus entornos productivos, estas también presentan necesidades específicas que requieren soluciones concretas. La mejora continua de los procesos productivos es esencial para que las organizaciones logren resultados más competitivos, tanto en la ejecución de actividades de transformación como en la prestación de servicios (Murura et al., 2021). Estas mejoras se pueden llevar a cabo mediante herramientas como flujogramas, diagramas de recorrido y estudios de tiempos, entre otras (Acero, 2009).

La ejecución de estas herramientas se estructura en dos etapas principales: el estudio del método y el estudio del tiempo. El proceso comienza con la selección del método adecuado, seguido del registro y análisis de la información relevante, la evaluación de su pertinencia, el diseño de un método optimizado para las operaciones actuales, la estandarización del nuevo procedimiento, y finalmente, la supervisión constante para asegurar el cumplimiento de los estándares de producción establecidos (Kulkarni et al., 2014).

La implementación de nuevos procesos en una organización exige un esfuerzo significativo para describir, detallar y clasificar tanto las actividades manuales como mecánicas involucradas (Ubaid & Dweiri, 2020). Además, es imprescindible especificar los recursos necesarios, como herramientas, equipos e implementos, definiendo su funcionalidad, riesgos asociados y demás características relevantes (Niebel & Freivalds, 2009).

Un estudio exhaustivo de métodos y tiempos permite rediseñar operaciones con el fin de evaluar la reducción de defectos, el control de costos y la viabilidad de adoptar un nuevo sistema de producción. Para estas actividades, se pueden emplear herramientas computacionales que faciliten la comparación de valores, como la programación lineal basada en Solver (Saleh & Latif, 2009).

Un factor adicional que emerge de la mejora de procesos es la percepción de los colaboradores sobre la comodidad y facilidad de las tareas. Un entorno laboral mejorado suele generar un impacto positivo en la productividad (Bosworth & Warhurst, 2020).

Uno de los principales indicadores para evaluar un proyecto es el costo de producción, aunque también es crucial considerar la reducción del desperdicio y su impacto ambiental. Si bien

existen procesos eficientes de reciclaje, es necesario evaluar su aplicabilidad en cada organización (Kunnoonin et al., 2014).

Finalmente, más allá de presentar indicadores aislados, es fundamental proporcionar a las organizaciones una visión global que les permita tomar decisiones informadas, basadas en los datos obtenidos durante la experimentación y el análisis cuantitativo de los procesos evaluados (Ika et al., 2010).

3 Metodología

Tras identificar las necesidades iniciales presentadas por la organización, se desarrolló un plan de trabajo centrado en la planificación, experimentación y validación de un proceso productivo alternativo para la fabricación de portavasos, distinto al utilizado actualmente. Con acceso al entorno productivo del sector cerámico, se diseñó un conjunto de actividades organizadas en fases de descripción, análisis y conclusiones. Estas fases adoptan un enfoque cuantitativo, que integra tanto las percepciones del proceso como las métricas y mediciones obtenidas, con el objetivo de evaluar si el nuevo método de fabricación es viable o, por el contrario, se debe mantener el proceso actual.

Para llevar a cabo la metodología del proyecto, se establecieron tres fases específicas: una fase inicial, una fase de análisis y una fase de pruebas, cada una de las cuales se detalla a continuación.

3.1 Fase inicial

La fase inicial consta de la descripción detallada de cada uno de los procesos necesarios para la fabricación de portavasos. Se describen las operaciones de producción en su respectivo orden y se grafica un flujograma de dicho proceso.

1. Prensado

El primer paso en la fabricación de portavasos cerámicos es el prensado. Este proceso implica la compresión bajo unas condiciones técnicas previamente establecidas de pasta cerámica, en este caso pasta blanca denominada PLE27, en un molde específico para darle la forma a piezas de dimensiones 31.5 x 31.5 Cm. La pasta se prensa en 3 ciclos en un molde de 2 cavidades, que por ciclo de prensado arroja 2 piezas de las dimensiones anteriormente descritas.

2. Secado

Una vez prensada las baldosas, pasan por un secadero para eliminar parte la humedad de la pasta. Este secado se realiza en un horno en línea junto a las prensas y funciona con gas. El secado debe ser gradual para evitar que las piezas se deformen o se agrieten debido a la pérdida rápida de agua. Este proceso no tarda más de 5 minutos.

3. Humidificación

Después del secado inicial, se realiza un proceso de humidificación controlada para preparar la superficie de los portavasos para el siguiente paso. Este proceso asegura que la humedad residual en la pasta sea homogénea, lo que ayuda a prevenir defectos en la superficie y facilita la aplicación del siguiente paso.

4. Engobado

El engobe es un producto cerámico a base de arcillas y otros elementos que se preparan en un medio líquido, en este caso agua. La finalidad de este paso es aplicar una capa blanca en la cara bella (cara que se exhibe de los productos cerámicos), que permite la absorción de otros componentes decorativos como los esmaltes para efectos visuales de las piezas.

5. Esmaltado

El esmaltado implica la aplicación de una capa de esmalte vitrificable sobre los portavasos. El esmalte es una mezcla de minerales y pigmentos que, al ser calentado, se funde y forma una capa cristalizada. Este recubrimiento no solo decora las piezas, sino que también los hace impermeables y más resistentes al desgaste. La aplicación puede ser mediante método de campana o aspersión.

6. Decorado

En esta etapa, las piezas cerámicas se decoran según el diseño deseado. La técnica de decoración que se utiliza es, principalmente, la decoración digital, mediante la cual una máquina imprime el diseño en los colores deseados.

7. Movimentación

El proceso de movimentación se entiende como el paso de almacenamiento temporal en carros transportadores automatizados, donde se cargan las piezas según cada referencia o lote de producción. Son carros donde caben hasta 800 piezas dependiendo de las dimensiones de los productos.

8. Secado y precalentado

Una vez decoradas las piezas y cargadas en los carros transportadores, estas pasan a unos hornos de secado o calefacción, que calientan las piezas para luego poder pasar al horno. En caso de no realizarse este paso, las piezas frías al entrar a la temperatura del horno estallan.

9. Quemado

El quemado, también conocido como cocción, es el proceso donde la cerámica se somete a altas temperaturas en un horno. Este paso es fundamental ya que fortalece la estructura cerámica y funde el esmalte y la decoración volviéndolos una placa vitrificada. La cocción se realiza en etapas, con un aumento gradual de la temperatura hasta alcanzar niveles que pueden variar entre 900°C y 1200°C, dependiendo del tipo de pasta y esmalte utilizado. El ciclo y las temperaturas están previamente definidas.

10. Estibado

Después de la cocción, las unidades decoradas de portavasos (formato 31,5 x 31,5 Cm), deben ser estibadas para posteriormente ser programadas en corte.

11. Corte

En esta etapa, se realiza el corte o en máquinas cortadoras, en las que se busca obtener el formato final de las piezas de 10 Cm², o 10 x 10 Cm. De cada base de portavasos salen 9 unidades.

12. Secado

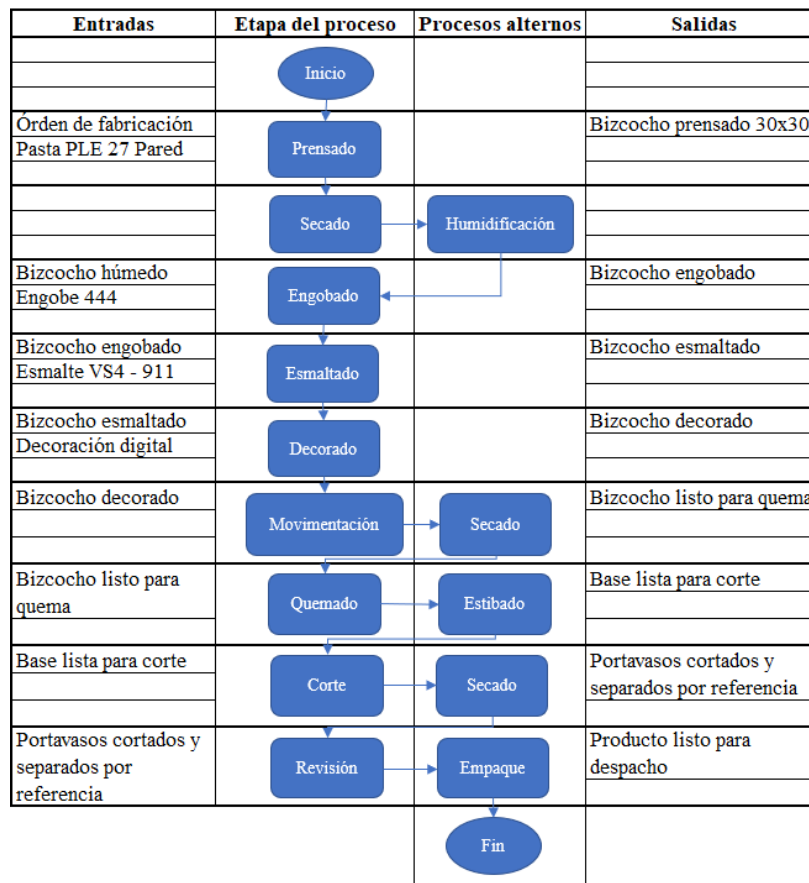
Este proceso difiere del proceso de secado en el paso 8, ya que, durante las piezas se cortan y se enfrían con abundante agua para evitar el calentamiento, quema de las piezas o avería de la máquina. Bajo estas circunstancias, las piezas salen completamente húmedas, por lo que pasa por un horno auxiliar que seca las piezas para poder ser empacadas.

13. Revisión y empaque

Al final del horno de secado, se encuentra el área de inspección o revisión, donde se seleccionan y separan como rotura las unidades que no cumplen con los criterios de aceptación del cliente. En esta misma área se empacan las unidades que finalmente serán destinadas a cubrir el pedido solicitado. En la Ilustración 1 se presenta de manera gráfica el proceso de elaboración de portavasos.

Ilustración 1

Flujograma de elaboración de portavasos



En la Tabla 1 se detallan algunos de los productos utilizados y obtenidos que se describen en el flujograma de proceso.

Tabla 1

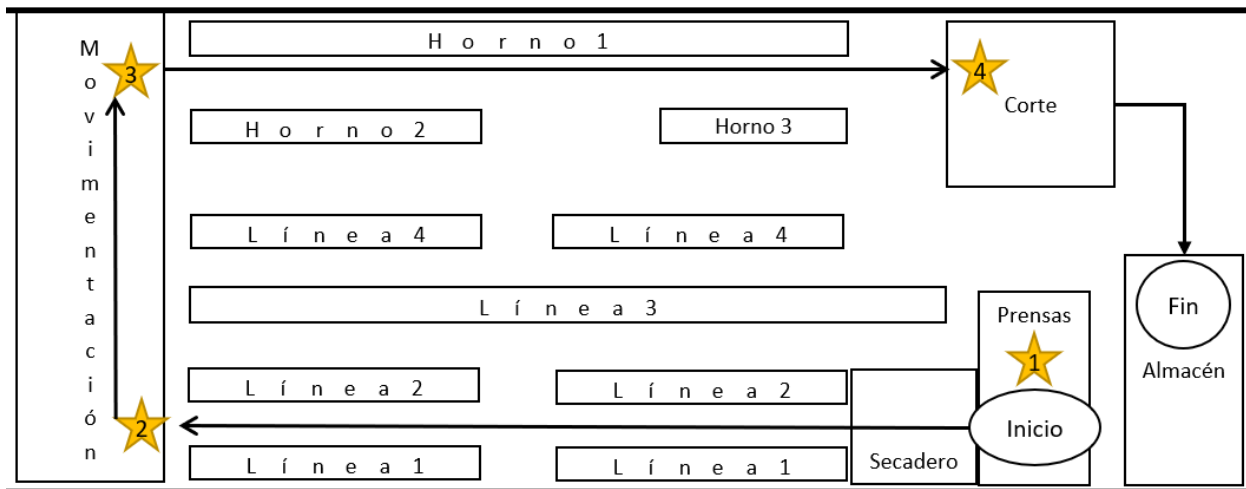
Entradas y salidas de insumos en la elaboración de portavasos

Proceso tradicional			
Entradas		Salidas	
Insumo	Descripción	Insumo	Descripción
Hoja de fabricación	Información de producción	Bizcocho	Pasta cerámica prensada
Pasta PLE 27 pared	Arenilla cerámica blanca	Base	Bizcocho cocido y decorado
Engobe 444	Arcilla líquida		
Esmalte VS4 - 911	Recubrimiento mineral líquido		

Luego de describir el flujo de procesos tradicional se grafica un diagrama de recorridos en la Ilustración 2 para facilitar la comprensión y comparación entre las dos formas de fabricación.

Ilustración 2

Diagrama de recorrido del proceso tradicional



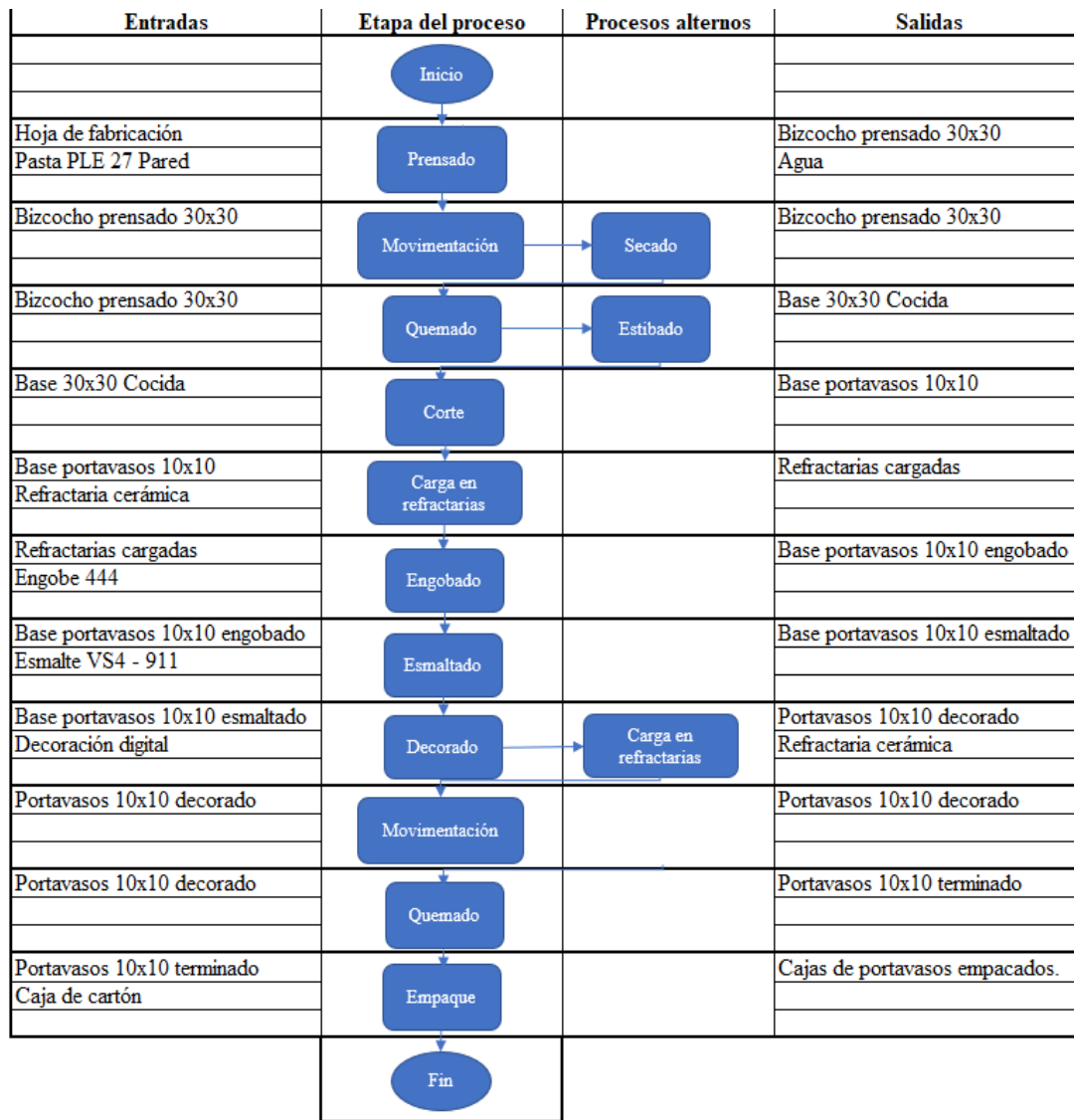
3.2. Fase de análisis

Este estudio surge con el objetivo de encontrar una solución para reducir los reclamos de los clientes, los cuales se originan por problemas de calidad durante la operación de corte de los portavasos en el método actual. En respuesta, el nuevo método propuesto se enfoca en disminuir el defecto de ruído. Sin embargo, es necesario tener en cuenta otros factores importantes, como el aumento en los costos de producción y la necesidad de alcanzar un punto de equilibrio para garantizar la viabilidad económica del proyecto.

Con base en el proceso de fabricación de portavasos descrito en la fase inicial, se propone analizar la implementación de un método alternativo, que implica la reestructuración del orden de varias tareas y la incorporación de nuevas. Este proceso, conocido como bicocción, requiere que los portavasos pasen dos veces por los hornos. Para llevar a cabo el análisis, se ha recopilado información clave relacionada con tiempos, costos y la factibilidad operativa desde el área técnica, considerando el orden preestablecido en el que se puede ejecutar la producción. Las diferencias entre el método tradicional y el alternativo se plasman en la Ilustración 3.

Ilustración 3

Flujograma alternativo de elaboración de portavasos

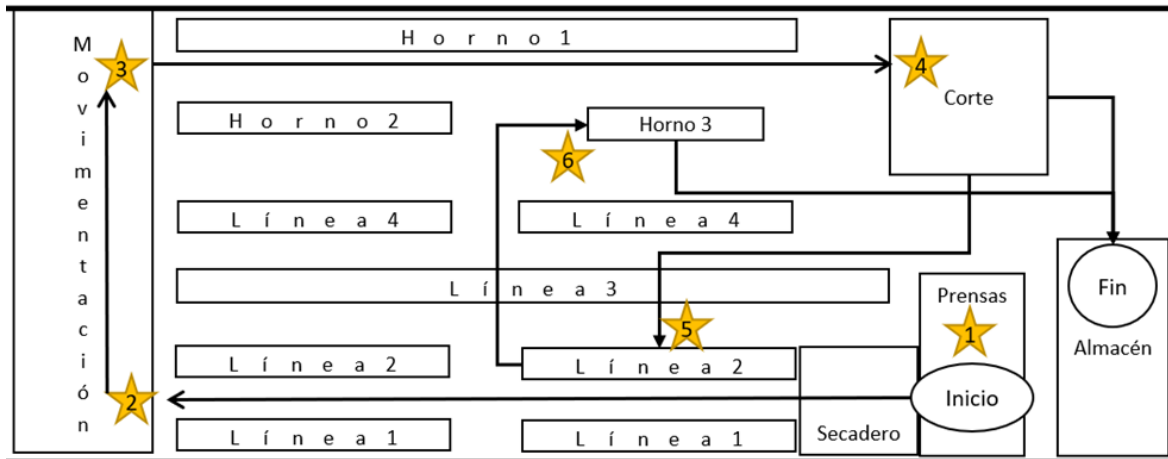


En el proceso alternativo se introduce un nuevo insumo denominado refractaria, una baldosa cerámica que puede ser reutilizada múltiples veces en el ciclo de producción gracias a sus propiedades físicas. Estas le permiten soportar las altas temperaturas del horno sin sufrir fracturas. Las piezas de refractaria tienen dimensiones de 30 cm x 30 cm y se utilizan para cargar 9 unidades de portavasos cortados y decorados, que luego pasan por una segunda cocción.

Para ilustrar los cambios en el recorrido y las operaciones adicionales que se introducen con el nuevo modelo de producción, se presenta la Ilustración 4, donde se destacan los puntos adicionales en comparación con el proceso tradicional.

Ilustración 4

Diagrama de recorrido del proceso alternativo



3.2.1 Análisis de métodos y tiempos

El incremento en los tiempos de operación se debe a que las piezas de portavasos cortados deben cargarse en refractarias, ya que la configuración actual de los equipos no permite que estas piezas pasen directamente por la línea de producción. Según las validaciones y pruebas realizadas, las piezas deben tener un tamaño mínimo de 12,5 cm x 12,5 cm para que puedan circular sin caerse de las guías de los equipos. Esta limitación se señalará como conclusión y sugerencia en el informe final.

Una vez cargadas las refractarias con las piezas, deben ser procesadas en la línea de fabricación 2, la cual está adaptada para procedimientos manuales. En esta línea también se fabrican otras piezas especiales que requieren menos automatización.

Para analizar el comportamiento de ambos procedimientos, tanto el estándar como el alternativo, se separaron las tareas y se estimaron los tiempos de operación y de espera. Estos tiempos se registraron a partir de la toma de datos en los procesos de producción habituales y durante las pruebas del método alternativo. El tiempo de espera se refiere a las demoras obligatorias

antes de iniciar el siguiente proceso; en algunos casos, estas demoras son nulas porque las tareas se realizan inmediatamente después de la anterior. Sin embargo, en otros casos, las demoras son significativas debido a la necesidad de ajustar las condiciones específicas de las máquinas o de esperar la disponibilidad de tareas fuera de línea, como el corte.

Tabla 2

Tiempos de producción por tipo de proceso

Operación	Proceso Tradicional		Operación	Proceso Alterno	
	Tiempo de operación	Tiempo de espera		Tiempo de operación	Tiempo de espera
Prensado	5 segundos	-	Prensado	5 segundos	-
Secado	60 segundos	-	Secado	60 segundos	-
Línea 1	120 segundos	-	Línea 1	120 segundos	-
Movimentación	20 minutos	10 horas	Movimentación	20 minutos	10 horas
Quema	40 minutos	-	Quema	40 minutos	-
Estibado	30 minutos	-	Estibado	30 minutos	-
Corte	30 minutos	24 horas	Corte	20 minutos	24 horas
Secado	2 minutos	-	Carga refract.	30 minutos	-
Revisión, empaque	30 minutos	-	Transporte l2	5 minutos	-
			Carga l2	30 minutos	-
			Línea 2	60 segundos	-
			Carga refract.	30 minutos	-
			Quema 2	35 minutos	10 horas
			Revisión, empaque	30 minutos	-

A partir de la Tabla 2 en la que se describe cada operación y demora, se calcula un tiempo promedio de producción de 36 horas para el proceso tradicional, mientras que para el proceso alternativo se tiene un tiempo estimado de 48 horas.

3.3 Fase de pruebas

Gracias a la disponibilidad de la planta se realizaron 3 ensayos de fabricación de 600 unidades cada uno, a partir de ahí se pudo determinar que con el método de producción alternativo se podría reducir significativamente las unidades con problemas de calidad, de una media del 20% con el método actual a un 5% con el método alterno. Si bien las unidades disminuyen, se debe evaluar el costo de la operación para determinar la rentabilidad del proceso en función del costo de producción menos el costo de las unidades desperdiciadas.

3.3.1 Análisis de costos

Después de realizar el análisis inicial, la descripción de las tareas y el registro de los tiempos de operación se procede a listar y numerar las actividades, añadiendo una variable clave: el costo. Dado que esta información es sensible, los costos se expresan en una categoría denominada "base", que representa los costos actuales asociados a cada operación. En los casos en que el proceso no exista previamente, el costo será nuevo y se calculará de acuerdo con los criterios de costeo de la compañía. Al comparar las tareas entre el proceso actual y el alternativo, se indicará claramente si los costos en este último son superiores o inferiores a los del método tradicional, haciendo la aclaración correspondiente.

Tabla 3
Comparación de costos por procesos de producción

Proceso					
Tradicional			Alterno		
N°	Proceso	Costo	N°	Proceso	Costo*
1	Prensado	Base	1	Prensado	Igual
2	Secado	Base	2	Movimentación	Igual
3	Humidificación	Base	3	Secado	Igual
4	Engobado	Base	4	Quema	Igual
5	Esmaltado	Base	5	Estibado	Igual
6	Decorado	Base	6	Corte	Disminuye
7	Movimentación	Base	7	Carga en refractarias	Nuevo
8	Secado	Base	8	Engobado	Igual
9	Quema	Base	9	Esmaltado	Igual
10	Estibado	Base	10	Decorado	Igual
11	Corte	Base	11	Carga en refractarias	Nuevo
12	Secado	Base	12	Transporte manual	Nuevo
13	Rev. Empaque	Base	13	Quema	Nuevo
		Base	14	Rev. Empaque	Igual
Total		1407			1925

*El costo del proceso alterno se comparó internamente y se determinó si el valor aumentó, disminuyó, sigue igual o es un costo nuevo con respecto al del proceso actual.

Con base en los costos de producción presentados en la Tabla 3, se evidencia que el costo de fabricación del proceso auxiliar es un 37% más alto en comparación con el método tradicional. Sin embargo, este dato por sí solo no permite determinar si el proceso alternativo es adecuado. Para tomar una decisión más acertada, es necesario validar estos resultados en función de la demanda promedio mensual de unidades y la tasa estimada de rotura. Solo así se podrá calcular el costo total de la operación y evaluar si la reducción en costos por desperdicios es lo suficientemente significativa como para justificar un cambio en el método de producción.

Según los datos históricos de demanda de la organización, se estima una producción mensual promedio de 6,000 unidades. Con esta información, y conociendo los costos de producción

según cada tipo de proceso, se procede a realizar en la Tabla 4 una comparación utilizando ambos métodos de producción. Esto permitirá visualizar los valores obtenidos en las variables consideradas y evaluar las diferencias entre los dos enfoques.

Tabla 4

Costo total de producción por proceso

Demanda mensual Unidades	Proceso tradicional				
	Costo de Unidad	Costo total producción	Rotura en unidades	Costo rotura	Costo total
6000	\$ 1.407	\$ 8.442.000	1200	\$ 1.688.400	\$ 10.130.400
	Proceso alternativo				
	\$ 1.925	\$ 11.550.000	300	\$ 577.500	\$ 12.127.500

4 Resultados

Mediante el uso de la herramienta Solver y, con base en las cifras anteriormente descritas, se plantean 3 escenarios para concluir sobre la pertinencia de la aplicación del método alternativo a partir de los costos esperados, de la reducción en el volumen de desperdicio y de la percepción de los trabajadores en cuanto a la mejora del método.

4.1 Resultados de costos

4.1.1 Cambio en el precio del proceso de bicocción

El primer escenario (Tabla 5), describe un punto de equilibrio, donde el factor de cambio es el costo de operación del proceso alternativo. Se busca determinar cuál es el valor objetivo al que se debería ajustar el método propuesto para ser competitivo. Se llega a la conclusión que debería reducir el precio un 24%, es decir, pasar de un valor de 1.925 por unidad a 1.608.

Tabla 5

Prueba de sensibilidad de los costos de producción

Demanda en unidades	Proceso actual		Proceso alterno		Diferencia entre costos
	Costo de producción en \$				
6000	\$	1.407	\$	1.608	\$ -
	Costo total				
	\$	10.130.400	\$	10.130.400	

4.1.2 Cambio en el volumen de rotura

En el segundo caso se busca estimar cuáles serían los porcentajes de rotura en que debería oscilar la producción entre ambos métodos para obtener un valor de equilibrio. Para observar con detalle los datos de referencia se presenta la Tabla 6.

Tabla 6

Variación en los porcentajes de rotura

Demanda en unidades	Proceso actual		Proceso alterno		Diferencia entre costos
	Costo de producción en \$				
6000	\$	1.407	\$	1.925	\$ 0
	% rotura				
		41%		3%	
	Costo total				
	\$	11.918.328	\$	11.918.328	

4.1.3 Cambio en el volumen de rotura y el costo del proceso de bicocción

Finalmente se tiene que, si se aplican ciertas condiciones de mejora en el proceso y en ciertos casos en los que la rotura con el proceso tradicional se eleve, resulta en un punto de equilibrio para justificar el cambio de método de producción.

Tabla 7

Variación en el costo del proceso alterno y los porcentajes de rotura

Demanda en unidades	Proceso actual		Proceso alterno		Diferencia entre costos
	Costo de producción en \$				
6000	\$	1.407	\$	1.820	\$ -
	% rotura				
		34%		4%	
	Costo total				
	\$	11.339.551	\$	11.339.551	

A partir del resultado obtenido en la Tabla 7 se puede observar que, si se logra disminuir el costo del proceso actual de 1.925 a 1.820 y, con variaciones en los porcentajes de rotura entre los valores de 34% y 4%, no habría diferencia en costos, pero si un incremento en los niveles de eficiencia de la operación.

4.2 Resultados ambientales

Un factor importante es el uso de los recursos que destina la organización para producir cada artículo, ya que el cumplimiento del plan de producción mediante el software de ERP que allí se maneja arrastra las cantidades necesarias de materia prima para la fabricación, pero cuando se incumple por el gasto excesivo debido a problemas de calidad u otros, se debe ajustar y esto implica incumplimientos con el indicador de producto terminado/materia prima utilizada. Con la aplicación del proceso alterno se puede disminuir esta brecha porque los recursos necesarios serán mejor aprovechados y para ello se plantea la Tabla 8 para ejemplificar este caso.

Tabla 8

Cantidad de material desperdiciado por tipo de proceso

Insumos x Unidad	Pasta (gr)	Engobe y esmalte (gr)	Decoración Inkjet (gr)	Total insumos en (gr)
	10	1	0,1	11,1
Demanda en Unidades			6000	
Rotura proceso actual		20%		13320
Rotura proceso alterno		5%		3330
				Total desperdicio en (gr)

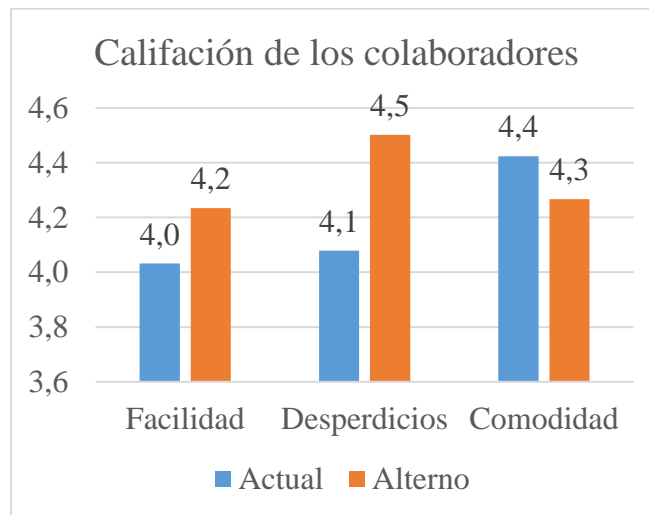
4.3 Resultados de percepción

Para evaluar la percepción del método alternativo de producción de portavasos contra el método tradicional, se elaboró una encuesta a los colaboradores que realizan la fabricación de los portavasos. Se contó con 10 cuestionarios aplicados, que representan el 70% de los colaboradores que están involucrados directamente con la realización de las operaciones de producción. El 25% restante no se tomó en cuenta ya que por los turnos de trabajo no estuvieron presentes en las jornadas donde se realizaron los ensayos de fabricación de portavasos en bicocción. La Encuesta constaba de de 6 preguntas con una escala de calificación entre 1 a 5 siendo 1 la puntuación más baja y 5 la más alta. Estas preguntas se relacionaban con la facilidad del desarrollo del proceso, la cantidad de desperdicios generados durante la operación y la comodidad con que se realiza, es

decir, las actividades de producción son coherentes o, por el contrario, son complejas, demoradas, cansinas o repetitivas. En la Ilustración 5 se exponen los resultados obtenidos en los 3 campos y por los 2 tipos de procedimientos.

Ilustración 5

Calificación de los métodos de operación



La percepción del área de personalización de la cual depende el proyecto es positiva, aunque no se registró en las encuestas. Pero desde el área se argumentó que esta propuesta abre las puertas a buscar una estrategia de mejora, mediante la implementación de un proceso en el que no se requiera la operación de corte después de decorar los portavasos.

5 Análisis

Mediante los resultados expuestos y el desarrollo de las prácticas en este campo, se presentan varios análisis respecto a diferentes campos estudiados en el proyecto.

Si bien el método alternativo de bicocción logra reducir el porcentaje de unidades defectuosas del 20% al 5%, lo que representa una disminución significativa en los problemas de calidad, especialmente en la operación de corte de los portavasos cerámicos, no significa que este comportamiento sea constante, pues los porcentajes pueden variar, ya que para el proceso que actualmente se maneja existe un valor establecido, pero en muchos casos puede estar por encima del indicador, lo que implicaría que el nuevo proceso pueda ofrecer mejores resultados que los que inicialmente aquí se argumentan. La mejora directa en la calidad del producto podría tener un impacto importante en la satisfacción del cliente y en la reducción reclamos y desperdicios.

Aunque el método alternativo reduce considerablemente los defectos, el costo de producción aumentó un 37% en comparación con el proceso tradicional, lo que plantea un desafío económico para la empresa, debido a que se deben buscar o analizar alternativas para disminuir este precio, como por ejemplo usando los servicios del equipo de colaboradores temporales con que cuenta la empresa para ciertas tareas; para este caso en el transporte y carga de los productos, que son los procesos que incrementan muy por encima el costo final. Sin embargo, la reducción de defectos podría compensar parte de este aumento, ya que se disminuirían los costos asociados con la rotura y el desperdicio de productos. Dado que la sede en la que se realizó este proyecto no se encarga de procesar los desperdicios, se debería analizar como en toda la organización influye el gasto en este campo. Por otro lado, se tiene que si se consideran ciertas mejoras en el proceso que plantea la empresa, se podría llegar a ajustar a un precio competitivo de 1.608 pesos por unidad para justificar el cambio de método.

El incremento en tiempo operacional de 36 horas a 48 horas en el nuevo método no es un factor estimable para descartar el proyecto, debido a que todavía sería manejable en el rango de tiempos de entrega que tiene por política la compañía, de 5 a 10 días en un rango estimado para los productos de personalización de Colcerámica.

6 Conclusiones

Todos los proyectos requieren una disminución de costos, pero esto no necesariamente implica que con la reducción de costos directos se evidencie una mejora financiera en la organización. Depende de factores adicionales como los volúmenes de producción y la capacidad de buscar otras alternativas de trabajo para mejorar el método aquí estudiado.

Hay temas adicionales que no se consideran como la utilización efectiva de los equipos para el desarrollo de algunas actividades, pues si bien se maneja una línea de productos estandarizada, se puede validar con el área comercial cuales son las dimensiones aceptadas para los portavasos, pues con las líneas de producción tal y como están configuradas al momento, se pueden obtener productos prensados en dimensiones mínimas de 12.5 x 12.5 cm, con lo que se evitaría recurrir a los métodos actuales y se disminuiría los costos de producción y los desperdicios que se generan actualmente.

Existe un balance entre calidad y costo, pero este, en ocasiones, se ve afectado por los constantes reclamos por partes de los clientes y las reposiciones de productos que se deben hacer debido a la presencia de defectos en el corte por desbordes, despuntes, ruñido, etc. Por tal motivo, un costo menor de producción no es razón suficiente para concluir cuál proceso es mejor, ya que no se tiene información suficiente debido a la falta de programas piloto para evidenciar cuales serían las tasas de compensación para cumplir con los pedidos devueltos por calidad del método de bicocción.

7 Recomendaciones

Se recomienda realizar pruebas de fabricación involucrando a los colaboradores temporales para revisar la viabilidad de la aplicación del proyecto en términos de costo. Además, se debe revisar si por las políticas de contratación, ellos pueden realizar ciertas tareas operativas que también realizan los colaboradores que están fijos en sus puestos.

Validación del mercado en respuesta a los cambios dimensionales de los productos, así se podría configurar los equipos actuales para producir en línea portavasos con unas dimensiones un poco mayores a las actuales.

Involucrar a las partes de la compañía que recuperan el material cerámico para generar planes de trabajo en conjunto que permitan la reducción de material de rotura.

8 Referencias

- Acero, L. C. P. (2009). Ingeniería de métodos: Movimientos y tiempos. Ecoe Ediciones.
- Bosworth, D. L., & Warhurst, C. (2020). Does good work have a positive effect on productivity? *The TQM Journal*.
- Ika, L. A., Diallo, A., & Thuillier, D. (2010). Project management in the international development industry: The project coordinator's perspective. *International Journal of Managing Projects in Business*, 3(1), 61-93.
- Kulkarni, P. P., Kshire, S. S., & Chandratre, K. V. (2014). Productivity improvement through lean deployment & work study methods. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(2), 429-434.
- Kummoonin, N., Jaimasith, M., & Thiemsorn, W. (2014). Fabrication of ceramic floor tiles from industrial wastes. *Suranaree Journal of Science and Technology*, 21(2), 65-77.
- Murmura, F., Bravi, L., Musso, F., & Mosciszko, A. (2021). Lean Six Sigma for the improvement of company processes: The Schnell SpA case study. *The TQM Journal*, 33(7), 351-376.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Métodos estándares y diseño del trabajo* (11.^a ed.). McGraw-Hill.
- Saleh, S. A., & Latif, T. I. (2009). Solving linear programming problems by using Excel's solver. *Tikrit Journal of Pure Science*, 14, 87-98.
- Ubaid, A. M., & Dweiri, F. T. (2020). Business process management (BPM): Terminologies and methodologies unified. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 11(6), 1046-1064.
- American Psychological Association [APA]. (2020). *Publication Manual of the American Psychological Association* (7^a ed.). American Psychological Association.
- Wang, W., Chen, W., Liu, H., & Han, C. (2018). Recycling of waste red mud for production of ceramic floor tile with high strength and lightweight. *Journal of Alloys and Compounds*, 748, 876-881.

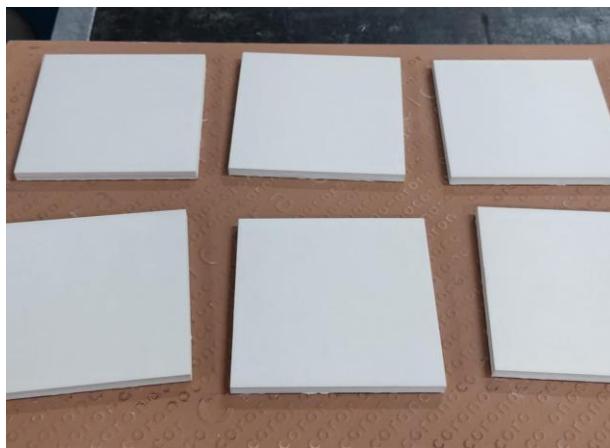
Anexos

Anexo 1. Ilustración de una baldosa cerámica decorada antes de corte



Las piezas cerámicas realizadas en la línea de monoporosa o proceso actual presentan la forma del anexo 1, donde la baldosa tiene 9 piezas inscritas en esta que pueden ser de un mismo motivo o de varios como se evidencia en este caso. Incluye unas pequeñas guías para el corte.

Anexo 2. Bases engobadas, esmaltadas y decoradas en proceso de bicocción





En este anexo se presentan unas piezas de ensayo que fueron cortadas, luego quemadas y posteriormente decoradas para realizar una segunda cocción y recolectar datos sobre este proceso.

Anexo 3. Tablero de defectos que se pueden presentar en los portavasos



La mayoría de los defectos presentados en los portavasos se deben a desbordes, este junto con el defecto de escala y ruñido se originan en la operación corte y, son más evidentes cuando el producto ya está decorado y luego se corta. Por otro lado, en los ensayos realizados con el proceso de bicocción no se evidenció la aparición de estos defectos. Los otros problemas de calidad son de poca presencia en la fabricación.

Anexo 4. Ensayo de portavasos transportados en la línea de fabricación



Prueba de validación del tamaño que se puede transportar en las líneas de fabricación. Para ello se enviaron piezas de tamaño 12,5 x 12,5 Cm y cumplen para circular desde las prensas hasta el horno sin necesidad de transporte manual.