Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES QUE INCIDEN NEGATIVAMENTE EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MOLIENDA Y ATOMIZADO PARA MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ARCILLA DE UNA EMPRESA DE CERÁMICA EN VILLA NUEVA DURANTE EL AÑO 2023

Julio César López Ponce
Asesorado por el Mtro. Ing. Roberto Rubén Coloma Pineda

Guatemala, enero de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES QUE INCIDEN NEGATIVAMENTE EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MOLIENDA Y ATOMIZADO PARA MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ARCILLA DE UNA EMPRESA DE CERÁMICA EN VILLA NUEVA DURANTE EL AÑO 2023

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE
LA FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JULIO CÉSAR LÓPEZ PONCE
ASESORADO POR EL MTRO. ING. ROBERTO RUBÉN COLOMA PINEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
EXAMINADOR	Ing. Alvaro Antonio Avila
SECRETARIO	Ing. Marcia Ivonne Véliz Vargas

Decanato
Facultad e Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.68.2024

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES QUE INCIDEN NEGATIVAMENTE EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MOLIENDA Y ATOMIZADO PARA MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ARCILLA DE UNA EMPRESA DE CERÁMICA EN VILLA NUEVA DURANTE EL AÑO 2023**, presentado por: **Julio Cesar Lopez Ponce** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Firmado electrónicamente por: José Francisco Goméz Rivera
Motivo: Orden de impresión
Fecha: 28/01/2024 11:14:55
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO a.i.
Facultad de Ingeniería

Guatemala, enero de 2024

Para verificar validez de documento ingrese a https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2024 Correlativo: 68 CUI: 2456827590101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

EEP-EIMI-1543-2023

El Director de la Escuela Ingenieria Mecanica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES QUE INCIDEN NEGATIVAMENTE EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MOLIENDA Y ATOMIZADO PARA MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ARCILLA DE UNA EMPRESA DE CERÁMICA EN VILLA NUEVA DURANTE EL AÑO 2023**, presentado por el estudiante universitario **Julio César López Ponce**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Mtro. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingenieria Mecanica Industrial

Guatemala, octubre de 2023

EEPFI-PP-1727-2023
Guatemala, 17 de octubre de 2023

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingenieria Mecanica Industrial
Presente.

Estimado Mtro. Urquizú

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES QUE INCIDEN NEGATIVAMENTE EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MOLIENDA Y ATOMIZADO PARA MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ARCILLA DE UNA EMPRESA DE CERÁMICA EN VILLA NUEVA DURANTE EL AÑO 2023**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Área de Operaciones - Optimización de operaciones y procesos**, presentado por el estudiante **Julio César López Ponce** carné número **200313187**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Gestion Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. Roberto Rubén Coloma Pineda
Asesor(a)
Roberto Rubén Coloma Pineda
Ingeniero en Ciencias y Sistemas
Colegiado 12,589

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
ESCUELA DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA
DE GUATEMALA

Mtro. Hugo Humberto Rivera Perez
Coordinador(a) de Maestría

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCIÓN
ESCUELA DE POSTGRADO

Mtra. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES QUE INCIDEN NEGATIVAMENTE EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MOLIENDA Y ATOMIZADO PARA MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ARCILLA DE UNA EMPRESA DE CERÁMICA EN VILLA NUEVA DURANTE EL AÑO 2023

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 04 de octubre del 2023.

Julio César López Ponce

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por llenar mi vida de tantas bendiciones.
Mi padre	Quien es el ejemplo de vida, apoyo incondicional, amor y consejos.
Mi abuela	Por su amor, tesoro más grande que Dios me regaló, y el apoyo ilimitado.
Mi esposa	Por su apoyo, su amor y por ser la persona que decidió unir su vida con la mía.
Mi abuelo	Por sus consejos y ejemplo de lucha (q. e. p. d.).
Mis tios	Por el apoyo incondicional, el cariño, los valores, la fortaleza de seguir adelante.
Mis amigos	Ronald y Rubén por ser excelentes personas.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por haber sido mi casa de estudios y permitido formarme como profesional.
Mis amigos	Por ser parte de mi vida y demostrar su apoyo, consejos y alegrías.
Ingenieros	Docentes de la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, por haber compartido sus conocimientos y experiencias.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES V
LISTA DE SÍMBOLOS VII
GLOSARIO IX

1. INTRODUCCIÓN 1

2. ANTECEDENTES 3

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 8
   3.1. Contexto general 8
   3.2. Descripción del problema 9
   3.3. Formulación del problema 10
      3.3.1. Pregunta central 10
      3.3.2. Preguntas auxiliares 10
   3.4. Delimitación del problema 10

4. JUSTIFICACIÓN 13

5. OBJETIVOS 15
   5.1. General 15
   5.2. Específicos 15

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN 17

7. MARCO TEÓRICO 21

7.1. Producción de arcilla 21
7.1.1. Cerámicos 22
7.1.1.1. Arcilla 23
7.1.2. Molienda de arcilla 25
7.1.2.1. Molino de tambor continuo 26
7.1.2.2. Dispositivos principales del molino de tambor continuo 26
7.1.2.3. Descripción del funcionamiento del molino de tambor continuo 27
7.1.2.4. Eficiencia del molino de tambor continuo 28
7.1.2.5. Productividad del molino de tambor continuo 30
7.1.2.6. Controles del molino de tambor continuo 30
7.1.3. Atomizado 30
7.1.3.1. Secado por pulverización de barbotina 31
7.1.3.2. Ciclo del atomizador 31
7.1.3.3. Principales dispositivos del atomizador 32
7.1.3.4. Productividad del atomizador 33
7.1.3.5. Controles del atomizador 33
7.2. Productividad 34
7.2.1. Importancia de la productividad 34
7.2.1.1. Alcance de los métodos 35
7.2.2. Ingeniería de los métodos 35
7.2.2.1. Lugar del trabajo y la productividad 36
7.2.2.2. Eficiencia 36

7.2.2.3. Factores del mejoramiento de la productividad 37
7.2.3. Metodología para la solución de problemas de productividad 38
7.2.3.1. Ciclo PHVA 38
7.2.4. Control de la productividad 40
7.2.4.1. Datos necesarios para el control de la productividad 40
7.2.4.2. Partes del trabajo 41
7.2.4.3. Objetivo de un sistema de indicadores de control 41
7.2.5. Herramientas de la productividad 42

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS 43

9. METODOLOGÍA 45
9.1. Características del estudio 45
9.2. Unidades de análisis 46
9.3. Unidades de análisis 46
9.4. Unidades de análisis 47

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN 49

11. CRONOGRAMA 53

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO 55
12.1. Recursos 55

REFERENCIAS 57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1. Conjunto de maquinaria para la preparación de arcilla..... 22
Figura 2. Molino de tambor continuo..... 24
Figura 3. Esquema del atomizador 29
Figura 4. Ciclo PHVA..... 39

TABLAS

Tabla 1. Esquema de solución..... 18
Tabla 2. Variables en estudio 46
Tabla 3. Cronograma..... 53
Tabla 4. Recursos necesarios para la investigación..... 56

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
PLC	Control lógico programable
°	Grados
°C	Grados Celsius
=	Igual que
Kg	Kilogramo
Kg/h	Kilogramo por hora
%	Porcentaje
Q	Quetzal

GLOSARIO

Barbotina	Se refiere a la transferencia de material del electrodo al rodete por medio de la soldadura.
GLP	Gas Licuado de Petróleo.
PHVA	Se refiere al ciclo de productividad planear, hacer, verificar y actuar.
SACMI	Sociedad Anónima Corporativa Mecánica Imola.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, en Guatemala una empresa productora y distribuidora de pisos cerámicos, presente en el mercado nacional e internacional, con una de las fábricas más modernas de Latinoamérica, busca continuar ofreciendo productos normados y certificados con la más alta calidad.

La fábrica de cerámica al implementar nuevas líneas de producción, incrementó notablemente la producción de pisos, lo que provocó la necesidad de optimizar y aplicar mejoras al proceso de producción de pisos.

Por lo tanto, saber cuáles son los factores que dan variabilidad al proceso y lo hacen menos productivo, se podrá determinar cuáles son los parámetros a utilizar para tener un proceso de producción de arcilla eficiente.

La importancia del estudio enfocado en la relación tecnología productividad es identificar las oportunidades de mejora y optimización para que aumente la productividad y eficiencia en la producción de arcilla del Departamento de Molienda y Atomizado.

Para realizarlo se llevarán a cabo tres etapas en las cuales se utilizarán técnicas y herramientas para el mejoramiento de la productividad. Como resultado de las fases de trabajo se presentará un estudio a la dirección de la empresa como iniciativa para mejorar la productividad y desperdicio a corto plazo en la fábrica industrial de cerámica.

2. ANTECEDENTES

Para llevar a cabo esta investigación, es necesario revisar las investigaciones relacionadas con el proceso de Molienda de Molienda y atomizado para determinar cuáles son los factores que se relacionan con mejorar la productividad y eficiencia en la Industria Cerámica, para determinar que controles es importante llevar a cabo en las materias primas, así como las operaciones y parámetros de la maquinaria y equipo.

Velasco (2023) publica un artículo llamado *La Eficiencia en la Molienda* donde explica que la eficiencia durante el proceso de molienda de arcilla se tiene que considerar las materias primas a moler y parámetros del molino durante el proceso, como la velocidad a la que rota el molino, también los componenates para moldear como las bolas de alubit, diámetros grandes en la primera recámara y en la recámara dos diámetros de bolas más pequeños, y por último considerar la carga de arcilla y la cantidad de bolas de trituración.

También cabe mencionar que para una mejor molienda utilizar bolas de alubit de mayor médica al inicio y bolas de menor medida en la recámara final, asimismo dentro del molino la carga de arcilla debe de cubrir la altura de las bolas de trituración para evitar desgastes y elevada temperatura y tener baja productividad.

Reyes (2023) publica un informe que explica la preparación de la pasta para el conformado. En este apartado, se consigue una humedad adecuada para el prensado, donde es necesario tener poca variación y se mejora la fluidez de la pasta para el llenado del molde de prensa.

Cabe resaltar que es de suma importancia tener un control de las condiciones de operación en la molienda y atomizado debido a que la humedad de barbotina incide en la productividad para bien o para mal dependiendo las condiciones de operación del atomizador, podremos tener una producción de arcilla con la humedad fuera de los rangos establecidos o necesitar más calor para evaporar más agua a la barbotina.

Tena (2021) realiza un proyecto de investigación titulado *Planta de obtención de polvo atomizado para el prensado de piezas de alta alúmina*, donde explica que que se necesita una buena mezcla gas-aire para mejorar el rendimiento calorífico del combustible.

Cabe mencionar que para mejorar la eficiencia en el consumo de gas de un atomizador también es importante evitar fugas y caídas de presión de gas, así como tener aire de entrada al atomizador con la mayor temperatura posible.

Asimismo, para tener una mejor productividad es necesario evitar pérdidas y fugas en la tubería de aspiración de aire del atomizador y trabajar a una presión en las bombas no menor a 20 Bar.

Muñoz (2020) publica un artículo donde compara y describe los diferentes procesos de los materiales cerámicos, donde desarrolla conceptos y explica la preparación de las materias primas para azulejos cerámicos.

También cabe mencionar que el conformado de barbotina es la mezcla de arcilla de mina y agua, donde las bolas de alubit ayudan a la molturación y para la regulación de la viscosidad y densidad es utilizado un aditivo defloculante, siendo muy importante controlar las cargas de producción de la molienda.

Lenis (2020) realizó un trabajo de grado donde analizó y mejoró los Controles de variables. Se implementó el control de las cantidades debido a que la variación de humedades en las arcillas no es muy significativa, por ello el total de lo ingresado en seco se divide en la cantidad consumida por día la cual se estima por el número de cargas promedio en el día, conociendo la participación de cada arcilla debido a la formulación de pasta.

Es de suma importancia conocer la capacidad máxima de las cargas en la molienda debido a que podrían surgir taponamientos y eso provocaría serios daños a la maquinaria.

Llanos (2017) realizó una tesis de grado para la *Aplicación del planeamiento sistemático de la distribución en planta para incrementar la productividad del área de preparación de esmalte en una Empresa Productora de Sanitarios Cerámicos*, con el objeto de determinar cómo con esta aplicación se logra mejorar la productividad de dicha área.

De la misma manera el crear un plan estratégico para el proceso de producción nos ayudará a establecer las variables y parámetros a trabajar para poder producir con eficiencia y productividad.

Abellán (2016) realizó un estudio de los factores que inciden en el proceso cerámico de pisos, donde explica que debido a la variabilidad se producen diferentes calibres y calidades dimensionales en el piso.

En la molienda y atomizado existen factores muy importantes a controlar, siendo los siguientes:

- Densidad de la barbotina.

- La viscosidad
- La granulometría de la barbotina.
- Carga de materiales.
- Humedad del polvo atomizado
- Granulometría.

Es de suma importancia contar con un documento donde se describen los factores y generar un tablero de control para monitorear la producción de arcilla y poder realizar ajustes a la maquinaria y equipo.

Heredia y Gras (2009) realizaron un artículo llamado *Análisis y modelado de la transmisión de variabilidad dimensional en un proceso de producción de baldosas cerámicas*.

Por consecuencia cualquier cambio que se realice a los parámetros y factores de operación en la molienda, provocará cambios en el tamaño y composición de la partícula, implicando cambios en los siguientes procesos.

Cabe destacar que la calidad de arcilla está determinada por la correcta humedad y granulometría, ya que esta incide en los siguientes procesos como el prensado donde se establece un rango de humedad a utilizar, y en la cocción donde una granulometría fuera de rango por mala carga en la prensa provoca variaciones en la planaridad y calibres del producto.

Islas (2008) realizó un estudio de *Molienda de óxidos suaves*. El conocimiento de los parámetros de la molienda permitirá lograr un control efectivo de los fenómenos que intervienen en el proceso y de esa forma obtener polvos con características deseadas.

Algunos de los parámetros son: la velocidad de giro del molino, la superficie de las bolas, el material de las bolas, la distribución de tamaño de bolas y la cantidad de polvo a moler.

Méndez (2007) realizó una tesis de grado donde determina la influencia de los diferentes factores del proceso de molienda y atomizado durante las etapas de producción buscando garantizar la calidad.

También cabe mencionar que las tablas de control son una herramienta útil para estimar la variación del proceso. Ayudando a poder identificar los puntos de variación en la producción, para poder analizar y mejorar los procesos de producción.

Asimismo, el poder contar con un control efectivo de los parámetros nos permite operar la maquinaria y equipo durante el proceso de molienda y atomizado de manera eficiente, realizando ajustes al proceso se logra una producción continua y productividad estableciendo la mejor calidad en la producción de arcilla.

En conclusión, es importante saber cuáles son las variables o factores que inciden en las etapas de producción de molienda y atomizado y así contar con indicadores de control y establecer parámetros de operación en la maquinaria y equipo, resulta indispensable para asegurar una producción eficiente y evita que los factores involucrados en la producción no incidan negativamente en la eficiencia del proceso cerámico.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Contexto general

La empresa industrial dedicada a la fabricación de pisos azulejos y fachaletas que será objeto de estudio para este trabajo de investigación, está comprometida con la mejora continua en los procesos de producción. Los diseños y formatos que se fabrican se diferencian por el uso de tecnología digital, con ventas a nivel Centroamérica, el Caribe y Estados Unidos.

La empresa desde su fundación se ha caracterizado por estar en constante evolución en la producción para posicionarse como una empresa líder en la industria de cerámica. Los productos son producidos en una de las fábricas más modernas y automatizadas en Latinoamérica, y que ha estado presente desde más de 30 años en la industria cerámica y de la construcción. Resultado de ello es la continua evolución, calidad, dedicación y detalle con la que se fabrica cada uno de los productos. Un pilar importante es el servicio orientado al cliente y la atención personalizada para la elaboración de diferentes proyectos en la construcción personalizados y emblemáticos, tanto en la región como en otros países, convirtiendo a la empresa en líder en la categoría.

En el Departamento de Molienda y Atomizado se lleva a cabo el proceso inicial en la producción de arcilla por lo tanto es fundamental realizar controles y herramientas idóneas para llevar a cabo el proceso con la mayor eficiencia. Debido al crecimiento se requieren aumentos en la productividad y mejoras en el rendimiento en la producción de pisos y azulejos, es preciso la aplicación de mejoras en la gestión y control de maquinaria, materiales e insumos.

Describir el contexto laboral o institucional en el cual se observa la situación que origina el problema. Identificar brevemente la magnitud de la institución. Es importante evidenciar la persistencia del problema, desde cuándo se observa, si se ha intentado resolver, cómo se ha resuelto.

3.2. Descripción del problema

El Departamento de Molienda y Atomizado se realiza el proceso de molienda de arcilla no procesada, en el cual se mezcla agua, aditivos y la propia arcilla para obtener como resultado un material llamado barbotina, la cual se almacena en cisternas, para luego efectuar el proceso de Atomizar la barbotina, este proceso nos entrega como resultado la arcilla atomizada, que es la materia prima con la que se realiza los siguientes procesos en las líneas de fabricación de pisos y azulejos.

En este departamento actualmente presenta varias deficiencias a nivel operativo como también de producción, lo cual genera varios inconvenientes en el mismo proceso y procesos siguientes. Estas deficiencias se evidencian en paros y desperdicios de insumos y materiales, así como la calidad de arcilla entregada al Departamento de Prensas.

Debido a estas deficiencias que se presentan en la manera en la que se está realizando las operaciones de producción de arcilla, es necesario proponer varias mejoras en el Departamento de Molienda y Atomizado, que permitan optimizar las funciones y operaciones del departamento y proporcionen una mejor eficiencia y calidad.

3.3. Formulación del problema

Es la etapa donde se estructura formalmente la idea de la investigación y establece los límites dentro de los cuales se desarrollará la investigación.

3.3.1. Pregunta central

¿Cómo se puede mejorar la productividad en la molienda y atomizado de una empresa dedicada a la fabricación de pisos ubicada en Villa Nueva?

3.3.2. Preguntas auxiliares

- ¿Cuáles son los factores a mejorar en el proceso de producción de arcilla en el Departamento de Molienda y Atomizado?

- ¿Qué herramienta permitirá dar seguimiento a las acciones de operación para cumplir con los parámetros de producción de arcilla en el Departamento de Molienda y Atomizado?

- ¿Qué tipo de acciones se pueden llevar a cabo para reducir o evitar las variaciones y calidad de la arcilla en el Departamento de Molienda y Atomizado?

3.4. Delimitación del problema

La investigación tiene como estudio determinar los factores que inciden negativamente en la productividad de la producción de arcilla y la población de estudio será el Departamento de Molienda y Atomizado perteneciente a la empresa industrial dedicada a la fabricación de pisos ubicada en Villa Nueva,

teniendo una planificación estimada en un año de estudio desde la recopilación de información hasta la entrega del informe final.

4. JUSTIFICACIÓN

Con base en la línea de investigación relación tecnología productividad se realizará el presente trabajo, el cual surge ante la necesidad de proponer mejoras en las gestión, administración y control de los procesos de arcilla y barbotina, que son responsabilidad directa del Departamento de Molienda y Atomizado, el cual pertenece a una empresa enfocada en la producción de pisos.

La importancia de la realización de este trabajo se centra en el hecho de que para la gran mayoría de las organizaciones la eficiencia y la productividad representan tener menos desperdicios y uso óptimo de la maquinaria y equipo, provocando que una mala administración en los procesos de producción repercuta grandemente en costos de producción.

Para la empresa que es objeto de estudio la importancia recae en la arcilla no procesada, que posteriormente se transforma en arcilla atomizada que se utiliza para la fabricación de pisos, siendo un factor relevante el hecho de que una mala administración de los procesos puede aumentar los costos de fabricación, por ende, optimizar las operaciones en el proceso de Molienda y Atomizado permitirá mantener el rendimiento óptimo y la productividad.

Actualmente varias operaciones que realiza el Departamento de Molienda y Atomizado necesita de mejoras y optimizar el proceso, por esta razón para iniciar con el proyecto se plantea identificar cuales son los factores que inciden negativamente en la producción, para reducir costos y mejorar la productividad en los siguientes procesos en la producción de pisos, por lo que debe estar en evolución y mejora continua para futuros crecimientos en la industria cerámica.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Identificar las oportunidades de mejora y optimización para que aumente la productividad y eficiencia en la producción del Departamento de Molienda y Atomizado.

5.2. Específicos

1. Realizar un diagnóstico del proceso de producción de arcilla, para determinar los factores a mejorar del Departamento de Molienda y Atomizado.

2. Definir un instrumento de control administrativo y operativo conformado por indicadores clave de desempeño para cumplir con los parámetros de producción de arcilla en el Departamento de Molienda y Atomizado.

3. Proponer acciones de mejora para reducir o evitar las variaciones de la arcilla durante su producción, para mantener su calidad en el Departamento de Molienda y Atomizado.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Al finalizar la presente investigación, la empresa industrial de fabricación de pisos donde se realizará el estudio de análisis de los factores que inciden negativamente en la producción de molienda y atomizado, contará con controles y procesos optimizados que le permitirá administrar y controlar el proceso y parámetros del Departamento de Molienda y Atomizado que dará como resultado garantizar la eficiencia en la producción de arcilla.

Para llevar a cabo la determinación de los factores que inciden negativamente en la productividad, se realizará la verificación de los parámetros y variables de operación en el Departamento de Molienda y Atomizado, así como procedimientos para determinar cuáles son las actividades y aquellas variables que se encuentran fuera de los rangos de producción y requieran de llevar un control y seguimiento para mejorar la eficiencia y productividad.

Posterior a ello, se establecerán técnicas y optimización del proceso de molienda y atomizado. Se establecerán indicadores de control de la producción para tener todas las variables y parámetros determinadas para una eficiencia y productividad en el Departamento de Molienda y Atomizado. También se determinarán los procesos que generan desperdicio.

Al concluir con estas actividades, se presentará un plan de mejora del proceso de Molienda y Atomizado, el cual indicará los factores que afectan negativamente a la producción de Molienda y Atomizado en donde se verificará que la maquinaria y equipo opere y se desempeñe adecuadamente dando como resultado mejor productividad y eficiencia en el proceso de producción de arcilla

Para cumplir con los objetivos planteados y otorgar una solución eficiente en la determinación de los factores que inciden negativamente en la productividad dentro del Departamento de Molienda y Atomizado en la producción de arcilla, se realizarán las siguientes fases:

Tabla 1.

Esquema de solución

Fases	Actividad	Metodología	Recurso	Tiempo
Fase 1. Recolección de datos	Obtención de la información del proceso	Solicitud para realizar el análisis del proceso de producción dentro del área de molienda y atomizado	Humano Computadora Hojas de control Hojas de reporte	8 semanas
	Obtención de los datos de producción	Llenado de hojas de control y reportes diarios		8 semanas
	Establecimiento del proceso de molienda y atomizado	Entrevistas al personal, para determinar las actividades del proceso y toma de tiempos.		8 semanas
Fase 2. Análisis de la información	Análisis de los factores de la producción	Determinar la variables que afectan al proceso	Humano Computadora Hojas de control y reportes	12 semanas
	Análisis de los desperdicios y del proceso de arcilla	Digitación de los datos obtenidos para el análisis y desperdicios		10 semanas
	Análisis del flujo del proceso	Elaboración de diagramas y conformado de indicadores		10 semanas
Fase 3: Propuesta y rediseño del proceso	Nuevo flujo del proceso	Determinar las actividades que representan reproceso.	Humano Computadora Resultados de la fase 2	9 semanas
	Nuevo tiempo en el proceso	Determinar tiempos del proceso de molienda y atomizado		12 semanas
	Ahorros en el proceso	Calcular la cantidad de desperdicio		8 semanas
	Resumen	Comparativo del proceso actual, aplicar herramientas y técnicas de control para la mejora		10 semanas

Nota. Detalle de la recolección de datos, análisis y rediseño del proceso para la realización del proyecto de investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

Al finalizar las tres fases se realizará un documento en el cual se identificarán los factores que inciden negativamente en la productividad de la Molienda y Atomizado y la propuesta que contendrá desperdicios, flujo del proceso, tiempos del proceso, indicadores de control y ahorros esperados.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Producción de arcilla

Las arcillas son productos naturales y por tanto pueden presentar cierta variabilidad en su composición y propiedades, por lo que se hace necesaria una cierta homogeneización. Para ello se apilan formando estratos paralelos que facilitan la mezcla en cada operación, ya que luego se incorporan al proceso de fabricación mediante cortes perpendiculares (Galindo, 2018, p. 28).

En cuanto a la arcilla de la mina Galindo (2018) explica que se almacena dentro de una bodega donde por medio de una banda con triper se deposita la arcilla a lo largo de dicho almacén para su homogeneización. Luego la arcilla es tomada por cargadores frontales para su mezcla y transporte por medio de bandas transportadoras hacia la operación de la reducción y uso en la molienda.

Por otra parte la producción de arcilla consta de un proceso continuo empezando por la homogeneización de la arcilla de mina hasta ser enviada por bandas transportadoras de arcilla a la tolva de recepción que almacena 50,000 kg de arcilla para poder tener una alimentación constante al molino de tambor continuo, para iniciar el proceso de molienda y luego como resultado obtener barbotina que será tamizada y almacenada en cisternas, para después la barbotina sea enviada a una presión constante de 20 bar. Por medio de bombas de pistones hacia el atomizador donde la suspensión de barbotina es pulverizada por el calor interno del atomizador de aproximadamente 480 °C, dando como resultado la arcilla atomizada, bajo condiciones específicas de humedad para ser almacenada en silos para su posterior uso en el área de prensado.

Figura 1.

Conjunto de maquinaria para la preparación de arcilla



Nota. Imágenes de visualización representativas, las cuales muestran como es la molienda y atomizado en la producción de arcilla de una empresa cerámica. Adaptado de SACMI (2023). *Preparación de polvos cerámicos.* (https://sacmi.com/es-ES/ceramics/Azulejos/Preparacion-de-polvos-ceramicos), consultado el 21 de septiembre de 2023. De dominio público.

7.1.1. Cerámicos

La cerámica es un término general que se aplica a la ciencia que se ocupa de la fabricación de objetos con materiales terroso blandos, endurecidos mediante tratamientos térmicos con altas temperaturas.

Los recientes avances en el dominio de la cerámica no sólo han permitido mitigar su principal defecto, la fragilidad, sino ha proporcionado también un mayor control sobre aspectos de composición y de microestructura que gobiernan otras

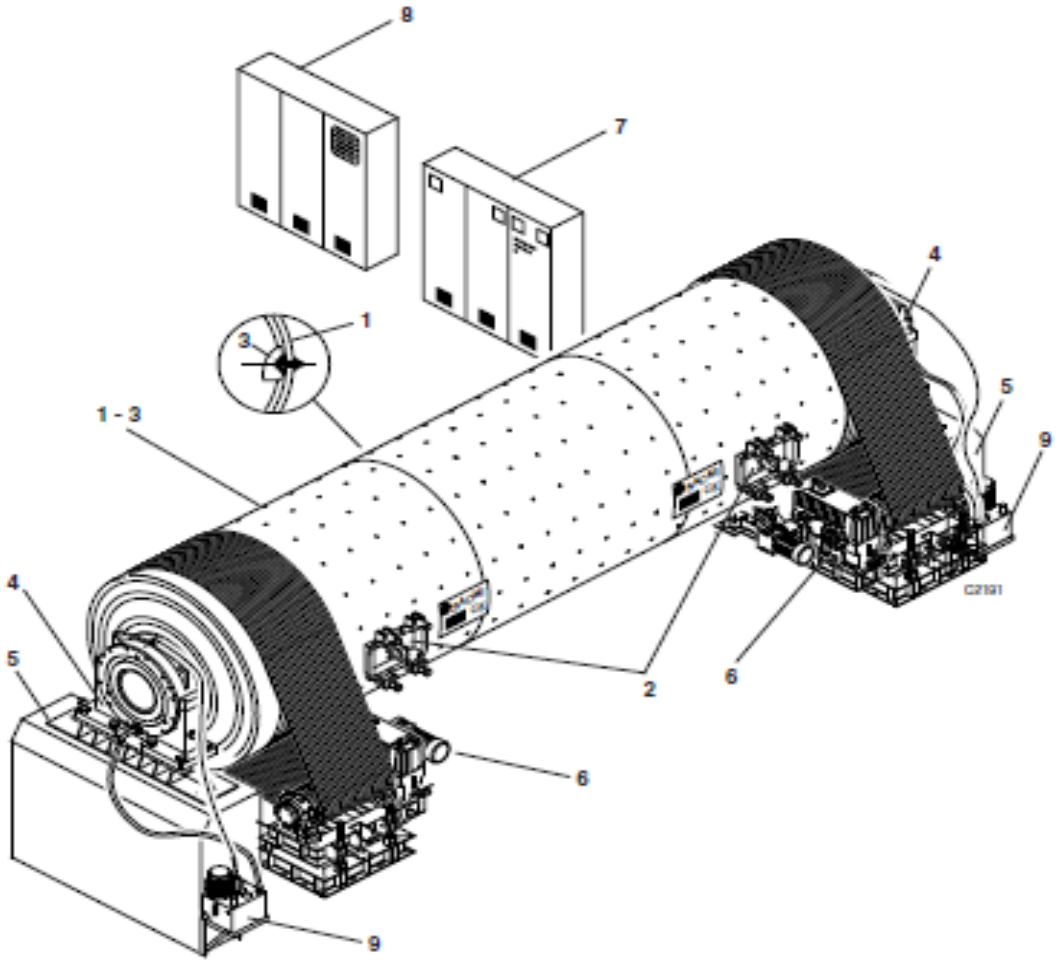
propiedades físicas. Tal control facilita el diseño de materiales cerámicos que satisfagan requerimientos químicos, térmicos, mecánicos y eléctricos específicos, como los que ningún otro material puede dar respuesta.

7.1.1.1. Arcilla

> Las arcillas hacen parte del grupo de filosilicatos, cuya estructura está dada en forma de láminas apiladas; estas láminas están formadas por unidades tetraedros de silicio y octaedros de aluminio, dependiendo de las combinaciones que puedan formar las láminas se generan los diferentes grupos de arcillas, que se caracterizan por su forma, estructura, apilamiento de capas, geometría y por la simetría en su red cristalina. (Cáceres, Garcia y Sánchez, 2022, p. 29)

Figura 2.

Molino de tambor continuo



1 Estructura cilíndrica
2 Trampilla
3 Revestimiento interior
4 Soporte del molino
5 Base
6 Motorización
7 Cabina eléctrica de potencia
8 Cabina eléctrica por microprocesador
9 Central de recirculación y filtrado aceite

Nota. Información de los dispositivos principales de molino de tambor continúo. Obtenido de SACMI IMOLA (2008). *Manual de instrucciones 017AZ004B, molino de tambor continuo*. (p. 12).

7.1.2. Molienda de arcilla

Esta operación realiza el mezclado y homogeneización de la arcilla, disminuyendo impurezas que pueda contener, aumentando la velocidad de reacción para otro proceso como la cocción, y obtener partículas y agregados de material con una determinada distribución de tamaños que permita las reacciones químicas y las transformaciones físicas necesarias. Las composiciones para la fabricación de polvos atomizados se molturan en suspensión con agua y aditivos como pueden ser defloculantes y bolas de alubit.

De acuerdo a Galindo (2018) el molino funciona en régimen estacionario, por lo que requiere continuidad en la alimentación al molino, tiene una producción elevada de 24 toneladas por hora.

> La barbotina, sale del molino con unas características de densidad, viscosidad y contenido en sólidos constantes. Esta luego se tamiza con vibro tamices y se almacena en depósitos o cisternas subterráneos de barbotina, que se mantienen con movimiento por medio de agitadores de aspas accionadas eléctricamente. (Galindo, 2018, p. 29)

Asimismo, Galindo (2018) explica que la barbotina que se obtiene en el proceso de molienda contiene aproximadamente 30 % de agua, que debe eliminarse parcialmente hasta obtener un polvo aglomerado con una humedad constante próxima al 6 %.

De acuerdo a Galindo (2018) el polvo atomizado obtenido, se almacena en grandes silos, donde se mantiene entre 2 a 3 días de reposo para compensar

las eventuales diferencias de humedad que puedan haberse generado en su fabricación.

7.1.2.1. Molino de tambor continuo

> Los molinos continuos son máquinas utilizadas para el molido en húmedo de las pastas cerámicas con ciclo completamente automático. Son molinos de elevada productividad específica. El revestimiento de clasificación genera una subdivisión dimensional apropiada de la carga de molido a causa de la ligera inclinación con que se montan las placas y los elementos de elevación de goma. Durante la rotación del molino, los cuerpos de molido de dimensiones mayores, que ruedan normalmente en la zona periférica dentro del cilindro, sufren, por defecto de esta inclinación, un empuje axial que los transporta hacia el lado de alimentación del molino. (SACMI IMOLA, 2008, p. 11)

Como explica el SACMI IMOLA (2008) el sistema continuamente auto-alimentado, determina dentro del cilindro la subdivisión de los cuerpos de molido, desde las partículas más grandes a las más pequeñas procediendo desde la entrada en la recámara uno que es el lado de alimentación al lado de descarga.

7.1.2.2. Dispositivos principales del molino de tambor continuo

De acuerdo al SACMI IMOLA (2008) los dispositivos principales para el molino de tambor continuo son (figura 2): la estructura cilíndrica que consta de

dos recamaras, las trampillas de las recámaras del molino, el revestimiento interior del molino, los soportes, las bases, la motorización que contiene caja reductora y junta oleodinámica, el tablero eléctrico y tablero de control, la caja central de recirculación y filtrado de aceite. Al mismo tiempo cada dispositivo cuenta con indicadores de medición y control.

7.1.2.3. Descripción del funcionamiento del molino de tambor continuo

> El molino forma parte de una instalación de trituración conformada por la dosificación de las materias primas, del agua y del fluidificante, efectuado de manera continua mediante sistema computarizado, permite obtener un producto final constante y exactamente correspondiente a las características requeridas.
>
> También los motores, reductores y cojinetes están constantemente controladas y cualquier anomalía de funcionamiento es comunicada mediante señalizaciones acústicas y luminosas y, cuando está previsto, registrada claramente por un aparato impresor. (SACMI IMOLA, 2008, p. 18)

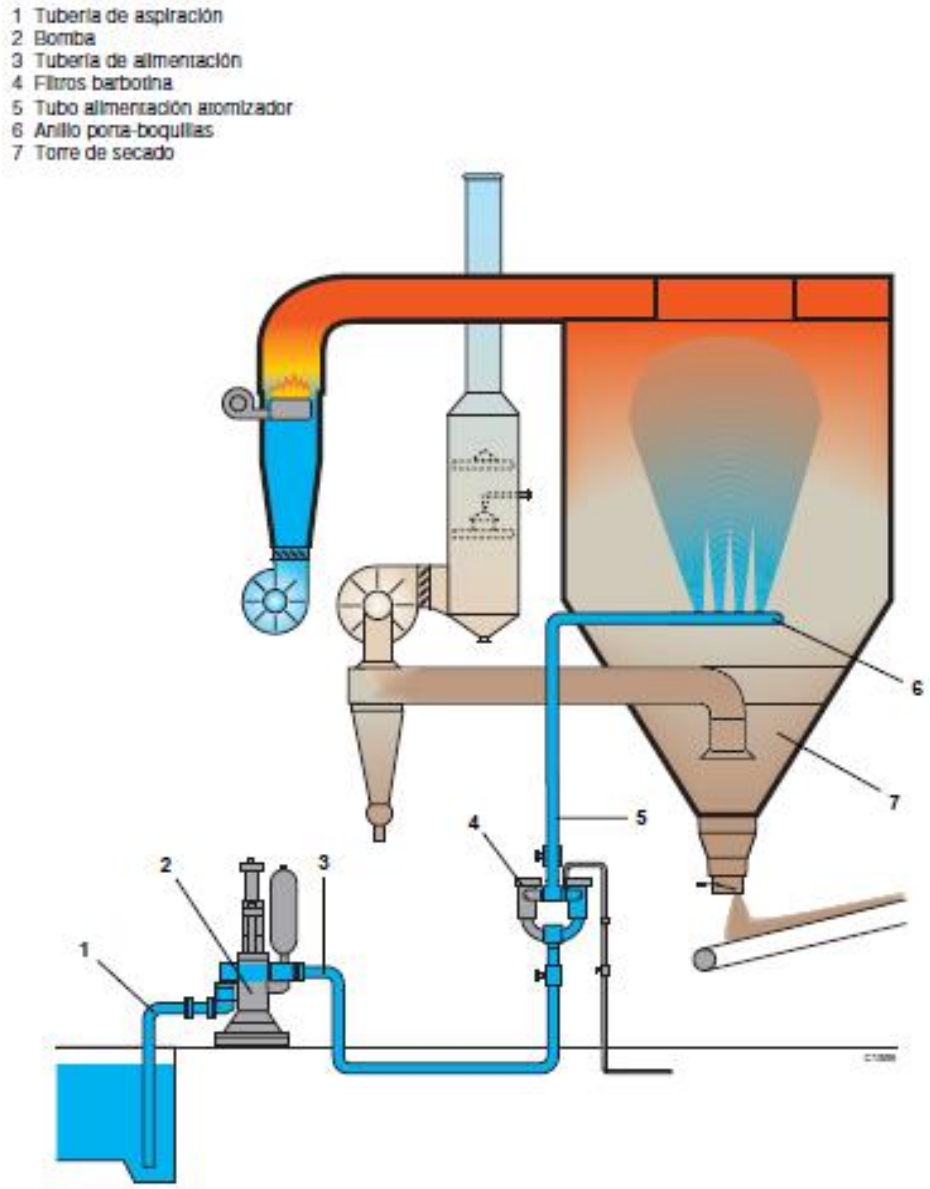
Asimismo, como indica el SACMI IMOLA (2008), el ciclo de puesta en marcha del molino inicia rotación lentamente mediante los motores auxiliares, seguida de la activación de los motores principales de modo suave y gradual. La colocación del molino se efectúa manualmente accionando los motores auxiliares, iniciando así el funcionamiento de producción a 13 ciclos por minuto.

7.1.2.4. Eficiencia del molino de tambor continuo

La eficiencia está condicionada tanto por las características de las materias a molturar como por los parámetros de la molieda siendo estos la velocidad de rotación del molino, los medios de molienda, Cantidad de medios de molienda que utilizar, Carga de materias primas. (Velasco, 2023, p. 154-155)

Figura 3.

Esquema del atomizador



Nota. Información de los dispositivos principales de molino de tambor continúo. Obtenido de SACMI (2004). *Manual de instrucciones 001AZ002A, atomizador para barbotinas cerámicas*. (p. 27).

7.1.2.5. Productividad del molino de tambor continuo

“La productividad del molino depende de la dimensión o volumen útil de la máquina y del tiempo de molienda, es importante considerar la densidad de la barbotina, el porcentaje de material seco en la barbotina” (SACMI, 2004, p. 60).

De la misma manera es importante el tiempo y aprovechar la máxima carga de arcilla, considerando la cantidad de bolas de alubit correcta para poder moler y así obtener una mayor productividad.

7.1.2.6. Controles del molino de tambor continuo

De acuerdo a SACMI (2004) durante el proceso de molienda de arcilla es de suma importancia llevar a cabo los controles de producción del residuo, la viscosidad, la temperatura, la densidad y contenido de agua, al tener el control de estos factores se pueden realizar ajustes a la operación para mejorar la productividad.

7.1.3. Atomizado

“Es un proceso de secado, por el cual una suspensión pulverizada en finas gotas entra en contacto con el aire caliente procedente de un generador, produciendo un producto granulado de humedad constante, formado por pequeñas esferas huecas” (Galindo, 2018, p. 30).

Cuya finalidad es producir arcilla a una humedad específica de entre seis a siete por ciento de agua por cada cien gramos de arcilla procesada para su utilización en las prensas.

7.1.3.1. Secado por pulverización de barbotina

Desde hace más de un siglo en la industria alimenticia y farmacéutica, se ha impuesto en la industria cerámica, reemplazando las fase de filtro prensado, secado, molienda, re-humectación y clasificación, reduciendo al mismo tiempo la mano de obra y el mantenimiento.

La barbotina obtenida por molienda de las materias primas en suspensión acuosa se seca en un proceso gestionado de manera continua y automática, que permite obtención de un producto con un contenido de humedad controlado, con una forma y granulometría ideal para la siguiente fase de prensado. (SACMI, 2004, p. 71)

7.1.3.2. Ciclo del atomizador

En lo que respecta al cuerpo principal del secadero es cilíndrico, en la fase inicial, los volúmenes de aire caliente se introducen desde lo alto, donde se distribuyen tangencialmente y el intercambio térmico se produce en contracorriente con la barbotina atomizada y proyectada hacia arriba desde abajo a través de las toberas situadas sobre una corono concéntrica con la cámara. Durante la caída del polvo hacia la parte cónica inferior de la torre de secado se produce la fase final del secado en equicorriente. (SACMI, 2004, p. 75)

Al mismo tiempo SACMI (2004) explica que la energía cinética se aporta a través de una bomba de pistones, la cual impone a la barbotina velocidad de salida por la corona distribuidora, para vencer la baja viscosidad del fluido, para deshacerlo en diminutas gotas y dirigirlo hacia arriba dentro de la recámara del aire caliente del atomizador.

De manera simplificada SACMI (2004) describe el ciclo del funcionamiento del atomizador de la siguiente forma (figura 3).

La barbotina se bombea a presión constante a la corona distribuidora. La barbotina es nebulizada, se invierte en la torre de secado mediante un remolino de aire caliente generado por el quemador de gas GLP. El aire se transporta hacia la parte superior, donde se pone en rotación mediante el distribuidor. El polvo seco se descarga, por la válvula de detención, en una cinta transportadora. El residuo de polvo fino es aspirado por el ventilador principal se separa en parte por los ciclones y por la unidad de depuración en húmedo de acción centrífuga. El aire es expulsado por la chimenea (SACMI, 2004).

7.1.3.3. Principales dispositivos del atomizador

Los principales dispositivos del atomizador son los que conforman la parte importante del ciclo de atomización son:

- Bomba de alimentación de la barbotina
- Filtros de barbotina
- Anillo distribuidor
- Toberas de nebulización
- Torre de secado
- Tubos de aire expulsado

- Válvula de descarga de polvo
- Ciclones separadores
- Quemador de combustible
- Distribuidor de aire caliente
- Ventilador principal
- Chimenea

7.1.3.4. Productividad del atomizador

Para determinar la productividad del atomizador Sacmi (2004) menciona dos importantes parámetros.

- Determinar la producción por hora de polvo húmedo.
- Determinar la cantidad de evaporación del atomizador.

Asimismo, es importante considerar el uso correcto del combustible GLP, debido a que es un derivado del petróleo y por lo tanto es un factor de incidencia en la productividad, evitando fugas en tubería y paros no programados. También la operación correcta de las bombas de barbotina, manteniendo la presión correcta para producir eficientemente.

7.1.3.5. Controles del atomizador

De acuerdo a SACMI (2004) explica que durante el proceso de atomización de arcilla procesada es de suma importancia llevar a cabo los siguientes controles de producción. La humedad de la arcilla, el peso específico aparente de la arcilla y la granulometría, al establecer parámetros óptimos, dichos controles no ayudaran a poder operar la maquinaria y equipo con la mayor eficiencia y productividad.

7.2. Productividad

“Es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados” (García, 2005, p. 9).

En general, la productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados.

“La productividad implica la mejora del proceso productivo” (Carro y González, 2012, p. 1).

Al definir los factores que inciden en la producción de arcilla, entonces podremos tener la capacidad de desarrollar el proceso en tiempo estimado y con la cantidad de recursos asignados. Tomando en cuenta que al mejorar los factores y variables de la producción se podrá optimizar el proceso de producción de arcilla.

Es importante para la productividad contar con una comunicación efectiva y órdenes claras, teniendo en cuenta la importancia del orden y limpieza en las áreas de trabajo y producción para un proceso continuo, por tal también obtendremos calidad y evitamos pérdidas de tiempo.

7.2.1. Importancia de la productividad

Es importante considerar ciertos cambios que continuamente se llevan en los ambientes industriales y de negocios. Dichos cambios incluyen la globalización del mercado y de la manufactura, el crecimiento del sector

servicios, el uso de computadoras en las operaciones de la empresa y la aplicación de internet (Niebel, 2009, p. 1).

En cuanto a la forma de crecer como empresa se da mediante el aumento de la productividad (Niebel, 2009).

Asimismo, para mejorar la productividad se necesita hacer un producto con calidad, realizado de forma eficiente y minimizando costos. También se deben de mantener las especificaciones y cumplir con la calidad establecida. Planificando y programando la producción. Para la producción es de suma importancia el mantenimiento, ya que para poder producir se necesita tener disponibilidad y confiabilidad en la maquinaria y equipo para minimizar los tiempos muertos.

7.2.1.1. Alcance de los métodos

De acuerdo a Niebel (2009) la ingeniería de métodos incluye el diseño, la creación y la selección de los mejores métodos de fabricación, procesos, herramientas y equipos para manufacturar un producto. Cuando el mejor método coincide con las mejores habilidades disponibles, se presenta una relación trabajador – máquina que es eficiente.

7.2.2. Ingeniería de los métodos

“La ingeniería de métodos implica el análisis en dos tiempos diferentes durante el proceso de producción de un producto” (Niebel, 2009, p. 3).

- Primero, el ingeniero de métodos es responsable del diseño y desarrollo de centros de producción.

- Segundo, este ingeniero debe estudiar estos centros de producción para encontrar una mejor forma de producir el producto y/o mejorar la calidad.

Por otra parte la simplificación y la medida del trabajo son dos áreas importantes de desarrollo de la ingeniería de métodos.

7.2.2.1. Lugar del trabajo y la productividad

La presencia o ausencia de materiales y equipos innecesarios que saturen el espacio de trabajo, el almacenamiento adecuado de los materiales y equipos, la limpieza y el orden, las normas de salud y seguridad ocupacional y la normalización de los procedimientos son todos aspectos comunes que afectan a la productividad en el lugar de trabajo.

“Si partimos de los índices de productividad se pueden determinar a través de la relación producto-insumo, teóricamente existen tres formas de incrementarlo” (García, 2005, p. 10).

- Aumentar el producto y mantener el mismo insumo
- Reducir el insumo y mantener el mismo producto
- Aumentar el producto y reducir el insumo simultánea y proporcionalmente.

7.2.2.2. Eficiencia

Según plantean Carro y González (2012) la eficiencia de un proceso productivo puede medirse mediante una amplia variedad de criterios. Se dice que

el proceso es muy eficiente si tiene una productividad muy elevada: grandes resultados por unidad de consumo. Pero también puede decirse que el proceso es muy eficiente porque produce una calidad altísima y, en consecuencia, hay pocos desperdicios. Asimismo, es posible que el proceso sea muy eficiente porque produce a costos muy bajos.

También se puede ser eficiente al tener producción con maquinaria y equipo en óptimas condiciones, debido a una operación eficaz y mantenimientos predictivos, evitando fallas y paros no programados.

7.2.2.3. Factores del mejoramiento de la productividad

De acuerdo a Signaturit (2022) con el avance de la tecnología y a la digitalización de procesos y al análisis de la información se menciona lo siguiente.

- Revisar y modernizar los procesos
- Gestionar los recursos humanos
- Aumentar la automatización
- Digitalizar documentos y procedimientos
- Evitar pérdidas de tiempo
- Innovar constantemente
- Construir un buen equipo de trabajo

En lo que respecta a producción, los factores a tomar en cuenta son el trabajo asignado al personal técnico y operativo para un correcto funcionamiento de la maquinaria y equipo, la tecnología con la que se cuenta para tener continuidad y productividad, la capacitación y conocimiento de los procesos productivos no ayuda a ser eficientes. El considerar los factores para el

mejoramiento de la productividad nos da como resultado un proceso eficiente y minimizamos los costos.

7.2.3. Metodología para la solución de problemas de productividad

El trabajo en equipo, la planeación y la toma de decisiones con base a datos son elementos esenciales en la calidad y la productividad. El ciclo PHVA, es un procedimiento a seguir en la solución de problemas y en los procesos de mejora continua.

7.2.3.1. Ciclo PHVA

De acuerdo a Gutiérrez (2010) el ciclo PHVA es importante para estructurar y ejecutar mejoras de la calidad y la productividad en los procesos de cualquier empresa.

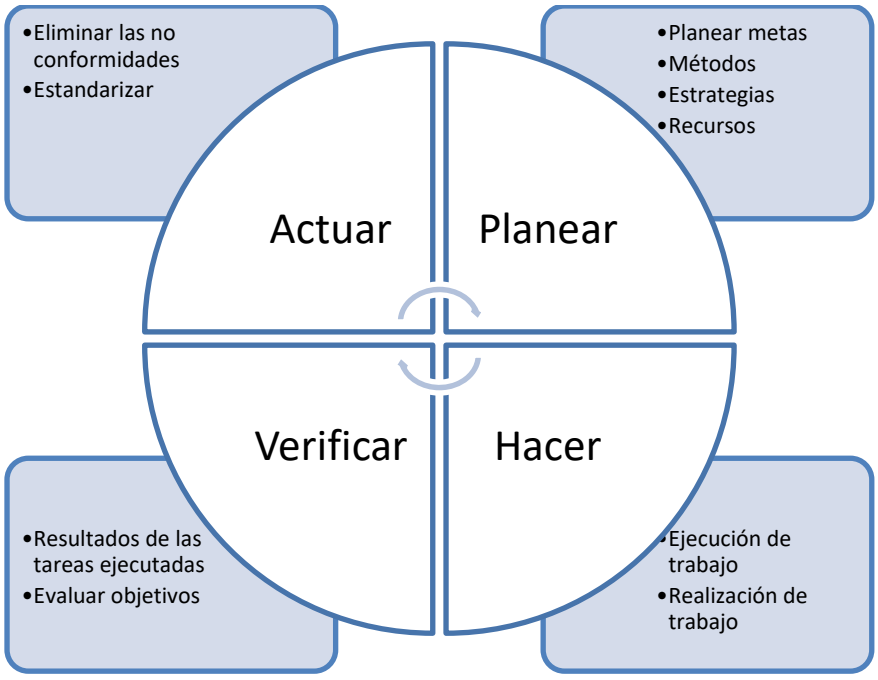
> En este ciclo, se desarrolla de manera objetiva y profunda un plan (planear), éste se aplica en pequeña escala o sobre una base de ensayo (hacer), se evalúa si se obtuvieron los resultados esperados (verificar) y, de acuerdo con lo anterior, se actúa en consecuencia (actuar), ya sea generalizando el plan —si dio resultado— y tomando medidas preventivas para que la mejora no sea reversible, o reestructurando el plan debido a que los resultados no fueron satisfactorios, con lo que se vuelve a iniciar el ciclo. (Gutiérrez, 2010, p.120)

En lo que respecta a la filosofía de este ciclo Gutiérrez (2010) explicó que lo hace de gran utilidad para perseguir la mejora mediante diferentes metodologías. En general, para cumplir efectivamente el ciclo PHVA, es clave utilizar las herramientas básicas.

Por lo tanto, en la etapa de mejora de procesos se puede utilizar Herramientas Lean como la 5 S, para eliminar actividades que no agregan valor, herramienta de flujo continuo para reducir tiempos de ciclo, mantenimiento productivo total para lograr la máxima efectividad en la maquinaria y equipo, también métodos de desarrollo de six sigma.

Figura 4.

Ciclo PHVA



Nota. Descripción del ciclo PHVA. Elaboración propia, realizado con Word.

7.2.4. Control de la productividad

De acuerdo a Cruelles (2013) un sistema de control de la productividad pretende ser algo mucho más amplio que un informe de la situación real frente a lo que debería de ser. Mucho más que un gráfico que señala lo bien o lo mal que lo hemos hecho, se trata de identificar a cada uno de los causantes de retrasos en la ejecución del trabajo y cuantificar dicho retraso.

También es importante mencionar que deben de establecerse tiempos estándar para determinar y comparar la ejecución de un proceso y así poder cuantificar las desviaciones y determinar sus causas para darle solución.

7.2.4.1. Datos necesarios para el control de la productividad

De acuerdo a Cruelles (2013) es necesario disponer de la siguiente información para controlar la productividad.

- Cantidad de trabajo realizado.
- Tiempo dedicado para realizar ese trabajo.
- Tiempo estándar de la actividad.
- Información básica.

En cambio, dentro del área de molienda y atomizado se presentan factores como los parámetros de operación de la maquinaria y equipo, la producción del residuo, la viscosidad, la temperatura, la densidad y contenido de agua, al tener el control de estos factores se pueden realizar ajustes a la operación para el control y mejorar la productividad.

7.2.4.2. Partes del trabajo

Según Cruelles (2013) una parte del trabajo es un archivo o documento en el que se recoge toda la información necesaria para realizar el control de la productividad. El ingreso de datos al documento alimenta el control de la productividad. En él se describe, para un periodo de tiempo concreto, el trabajo realizado, el tiempo dedicado para ejecutarlo, el número de operarios y una descripción y cuantificación de las incidencias ocurridas.

Es importante que el archivo contenga la información acorde al proceso, maquinaria y equipo que pueda ser utilizado para dar seguimiento a las operaciones realizadas y descripción de las actividades.

7.2.4.3. Objetivo de un sistema de indicadores de control

Los indicadores nos ayudan a identificar la cantidad de recurso que genera cada proceso o recurso en la producción. Es importante distinguir entre un sistema de indicadores y el sistema de medidas o datos de la empresa.

- El objetivo del sistema de datos es el control de todas las operaciones de la empresa.

- El objetivo del sistema de indicadores es la mejora de los procesos, actividades y recursos críticos para alcanzar los objetivos de la empresa.

Para el proceso de molienda y atomizado los indicadores más importantes son producción del residuo, la viscosidad, la temperatura, la densidad y contenido de agua, la humedad de la arcilla, el peso específico aparente de la arcilla y la

granulometría, parámetros del molino y parámetros del atomizador, cantidad de arcilla a moler, cantidad de arcilla atomizada y cantidad de gas GLP, permitirá tener el control y operar la maquinaria con la mayor eficiencia y productividad.

7.2.5. Herramientas de la productividad

"Las herramientas para la productividad pueden incluir *software* para automatizar tareas, equipos más eficientes o incluso métodos de trabajo más eficaces. Existen muchas aplicaciones y herramientas de productividad con múltiples beneficios, tales como" (Conacasa, 2023, párr. 3).

- Reducir el tiempo que dedicamos a una actividad
- Mejorar la competitividad
- Aumentar la eficiencia de las tareas
- Mejorar la comunicación
- Priorizar de forma rápida y efectiva
- Tener mayor acceso a la información
- Mejorar la eficiencia, la coordinación y el seguimiento
- Mayor organización y agilidad
- Logro de objetivos marcados
- Mejorar el servicio ofrecido al cliente

Las herramientas de la productividad sirven para mejorar y optimizar procesos y trabajo dando como resultado ser eficiente y productivo. El uso de ciertas herramientas marca una diferencia importante en el rendimiento de un proceso o tareas. Es importante contar con herramientas de definición y medición del proceso, herramientas de análisis de información, de mejora y de control de la producción, ya que son fundamentales para mejorar la productividad del proceso de producción.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES
LISTA DE SÍMBOLOS
GLOSARIO
RESUMEN
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS
OBJETIVOS E HIPÓTESIS (CUANDO PROCEDA)
RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO
INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

2. MARCO TEÓRICO
    2.1. Producción de arcilla.
        2.1.1. Cerámicos.
            2.1.1.1. Arcilla
        2.1.2. Molienda de arcilla
            2.1.1.2. Molino de tambor continuo
        2.1.2. Atomizado
            2.1.2.1. Secado por pulverización de barbotina
    2.2. Productividad
        2.2.1. Importancia de la productividad
        2.2.2. Ingeniería de métodos
        2.2.3. Metodología para la solución de problemas de productividad

2.2.4. Control de la productividad
2.2.5. Herramientas de la productividad

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
REFERENCIAS
ANEXOS

9. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el estudio en la fábrica de pisos cerámicos se realizará la siguiente metodología.

9.1. Características del estudio

El enfoque del estudio que se propone es mixto, el enfoque cuantitativo permitirá medir y analizar datos numéricos relacionados con el proceso y productividad. El análisis cualitativo del estudio abarca la descripción del proceso cerámico, cada una de las actividades que se realizan.

El alcance del estudio es descriptivo, dado que evaluará todas las características del proceso producción, así como determinar las mejoras necesarias a implementar para optimizar el proceso y reducir los desperdicios generados.

El diseño adoptado será no experimental, ya que la información operacional para realizar el análisis del proceso de producción de arcilla para optimizar y mejorar la productividad se analizará en su proceso actual sin realizar cambios. Dentro de esto lo que se buscará es adaptar el procedimiento al proceso planteado y maquinaria disponible.

9.2. Unidades de análisis

La población de estudio es el proceso de producción de arcilla del Departamento de Molienda y Atomizado. La unidad de análisis es la productividad, la eficiencia, el tiempo del proceso, desperdicios generados.

9.3. Unidades de análisis

Las variables en estudio se describen a continuación.

Tabla 2.

Variables en estudio

Variable	Definición teórica	Definición Operativa
Eficiencia	Realizar un proceso cumpliendo con las especificaciones requeridas optimizando los recursos.	Se medirá en porcentaje % utilizando el cumplimiento a la producción real obtenida y la producción estándar esperada. E=(Preal/Pesperada) x 100
Temperatura de Barbotina	Temperatura de la bartotina en la salida del Molino.	Se medirá utilizando pistola térmica.
Temperatura de arcilla	Temperatura de salida del atomizador de la arcilla.	Se mediará en grados centígrados utilizando una termocopla.
Porcentaje de humedad	Porcentaje de humedad de arcilla.	Se medirá en % utilizando una probeta
Tiempos muertos	Tiempo que se pierde debido a inactividad de tareas.	Se medirá utilizando un contador de tiempo en un programa del plc.
Producción de arcilla	Cantidad de arcilla atomizada producida	Se medirá en kg/hora utilizando un programa de plc.

Continuación de la tabla 2.

Variable	Definición teórica	Definición Operativa
Tiempo del ciclo del atomizador	Tiempo que realiza el ciclo de atomización.	Se medirá en minutos utilizando un cronometro.
Viscosidad de la barbotina	Resistencia que tiene el fluido al movimiento	Se medirá en segundos utilizando un viscosímetro.
Capacidad de evaporación	Capacidad de evaporación de agua del atomizador para producir arcilla	Se medirá en litros/hora utilizando fórmula matemática.
Temperatura de aire	Temperatura de aire de entrada del atomizador	Se mediará en grados centígrados utilizando una termocopla.
Desperdicio	Material que ya no será utilizado durante el proceso.	Se medirá en kg utilizando una tolva en la salida de la máquina.
Presión	Presión de envio de la barbotina al atomizador	Se medirá en bar utilizando un manometro.

Nota. Variables en estudio para la realización del proyecto de investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

9.4. Unidades de análisis

El presente estudio se realizará mediante tres fases, la cuales se describen a continuación:

- Fase 1: recopilación de la información, Se realizarán la recolección de datos y de información del proceso cerámico en la producción de arcilla y el diagnóstico de la situación actual, determinando cuales son los factores y variables dentro del proceso. Con la ayuda del personal técnico y operativo se tiene programado un tiempo para la recopilación de 10 semanas.

- Fase 2: análisis de la Información, Luego de obtener la información necesaria dentro del Departamento de Molienda y Atomizado, corresponde la fase de análisis de la información, se utilizarán herramientas de productividad y se determinarán los parámetros para ajustar el proceso y se propondrá un conformado de indicadores clave para cumplir con los parámetros. El tiempo programado para la realización de esta fase es de 14 semanas.

- Fase 3: propuesta de trabajo y mejora, dentro de esta fase se realiza una propuesta de trabajo para la operación en el Departamento de Molienda y Atomizado. Diseño de área, diseño de puesto, seguridad, ambiente, propuestas. El tiempo programado para la realización de la propuesta es de 12 semanas.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

En relación con las técnicas que se aplicaran, se llevará a cabo la observación directa al momento de la visita de la investigación de campo, además se analizaran los registros del departamento en búsqueda de información útil para el desarrollo de la investigación.

- Técnicas de análisis de información

Para la observación de datos se cuentan con diversas herramientas estadísticas como las siguientes:

  - Diagrama de barras: gráfico de la representación de distribuciones de frecuencias. Con esta herramienta se analizarán los datos obtenidos por los registros de información.

  - Diagrama de dispersión: gráfico que se utilizará para analizar la información obtenida de las observaciones estructuradas, permitirá identificar tendencias en las variaciones de los procesos.

- Técnicas cualitativas

  - Documentación estándar: herramienta para tener referencias documentadas. Se consultan temas relacionados con la administración del proceso de producción de arcilla.

- Técnicas de recopilación de datos

    - Observaciones: consiste en observar, de forma estructurada de cómo se desarrollan las actividades y operaciones del proceso de producción.

    - Entrevistas: conversaciones estructuradas que se llevarán a cabo con el personal operativo para recopilar información sobre el funcionamiento actual de las operaciones.

    - Registros: consulta y recopilación de datos históricos sobre distintos aspectos a investigar o que puedan contribuir al logro de los objetivos planteados.

- Técnicas para el análisis

    - Medición de trabajo: es una técnica para la medición de trabajo, empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de tareas asignadas dentro del Departamento de Molienda y Atomizado.

    - Diagrama Ishikawa: herramienta para identificar relaciones causa y efecto que existen dentro del proceso de producción de arcilla.

    - Diagrama de flujo: esta técnica permitirá identificar todas las actividades que intervienen en el proceso de molienda y atomizado.

- Técnicas para la mejora y control

    - 5 S: herramienta para eliminar actividades que no agregan valor durante el proceso, nos permitirá mantener un buen nivel de productividad.

    - Gráficas de control: técnica que nos indicará la estabilidad del proceso de producción y podremos evaluar la capacidad del proceso de arcilla.

La presente investigación, pretende realizar un estudio que ayude a la administración del Departamento de Molienda y Atomizado para cumplir con los objetivos y requerimientos de arcilla mejorando la productividad y eficiencia.

- Recopilación de información y datos
- Tabulación de datos
- Identificación de factores que afectan la productividad
- Propuesta de trabajo, métodos y técnicas de control de la productividad

11. CRONOGRAMA

Se presenta la organización cronológica del proceso de la investigación de factores que inciden negativamente en la productividad de la molienda y atomizado para mejorar la producción de arcilla, organizado por semanas, incluyendo tres fases desarrollándose en 49 semanas de duración. Utilizando la herramienta Excel.

Tabla 3.

Cronograma

Descripción	Duración semanas	Fecha Inicio	Fecha Final	2023												2024		
				oct				nov				dic				ene		
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
Propuesta	49	01/10/2023	05/10/2024															
Aprobación del protocolo	4	01/10/2023	31/10/2023															
Fase 1: recolección de datos	10	01/11/2023	13/01/2024															
Observación del proceso de producción	4	01/11/2023	30/11/2024															
Registros: Consulta y recopilación de datos	6	12/11/2023	31/12/2023															
Documentación estándar: Referencias documentadas	6	01/12/2023	13/01/2024															
Entrevistas a personal Operativo y Técnico	10	01/11/2023	13/01/2024															

Continuación de la tabla 3.

Descripción	Duración semanas	Fecha inicio	Fecha final	2024
				ene: 3 4 · feb: 1 2 3 4 · mar: 1 2 3 4 · abr: 1 2 3 4
Fase 2: situación actual del proceso	14	14/01/2024	30/04/2024	
Elaboración de un diagrama de flujo	4	14/01/2024	31/01/2024	
Medición de trabajo	10	14/01/2024	31/03/2024	
Elaboración de un diagrama causa y efecto	10	14/01/2024	31/03/2024	
Elaboración de diagramas y gráficas de control	10	14/01/2024	31/03/2024	
Identificación de factores que inciden en la productividad	10	14/01/2024	31/03/2024	
Conformado de indicadores clave	4	01/04/2024	30/04/2024	

Descripción	Duración	Fecha inicio	Fecha final	2024
				may: 1 2 3 4 · Jun: 1 2 3 4 · Jul: 1 2 3 4 · ago: 1 2 3 4 · sep: 1 2 3 4 · oct: 1 2
Fase 3: propuesta de trabajo y mejora	12	01/05/2024	31/07/2024	
Definir los factores para mejorar la productividad	4	01/05/2024	31/05/2024	
Propuesta de un plan de mejora	12	01/05/2024	31/07/2024	
Métodos y técnicas de control	12	01/05/2024	31/07/2024	
Redacción final	9	01/05/2024	01/10/2024	

Nota. Cronograma para la realización del proyecto de investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Esta investigación es factible porque se tienen los recursos indispensables para ejecutar las fases trabajadas de esta investigación, para cumplir con los objetivos establecidos.

12.1. Recursos

Para que esta investigación sea realizada, en primer lugar, se gestiona la autorización de Gerencia para que se pueda disponer de los siguientes recursos:

- Humanos
    - Personal a disposición para realizar las tareas requeridas en la investigación.
- Tecnológicos
    - Base de datos con información y acceso a Internet.
- Informativos
    - Acceso a la información requerida en la investigación teniendo claro la confidencialidad de ciertos datos debe ser respetada.
- De infraestructura y equipo

- Facilita la utilización de equipos de cómputo y mobiliario dentro de la empresa y las áreas relacionadas para el desarrollo de la investigación.

El recurso financiero es proporcionado directamente por el investigador. A continuación, se detalla una tabla con el desglose de los gastos que se realizarán para el desarrollo de la presente investigación:

Tabla 4.

Recursos necesarios para la investigación

Id	Tipo de recurso	Descripción	Costo (Q)	Porcentaje fondos (%)
1	Humano	Tiempo propio de inversión	7,000	57
2	Humano	Asesor	0	0
3	Material	Papelería	1,500	12
4	Transporte	Combustible y depreciación	1,500	12
5	Alimentación	Alimentación	1,000	8
6	Tecnológico	Internet	650	5
	Varios	Imprevistos (5 %)	600	5
	TOTAL		12,250	100

Nota. Detalle del presupuesto para la realización del proyecto de investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

Siendo los recursos aportados suficientes para la investigación, se considera que es factible la realización del estudio.

REFERENCIAS

Abellán, A. (2016). Estudio de los factores de transmisión de la variabilidad dimensional en la fabricación de baldosas cerámicas. *Asociación Española de Ingeniería Mecánica*, *48*, 684-691.

Cáceres, V., Garcia, A. y Sánchez, J. (2022). *Caracterización de Materiales Arcillosos y su potencial aplicación en la industria cerámica*. Editorial UFPS.

Carro, R. y González, D. (2012). *Administración de la Operaciones, Productividad y competitividad.* Universidad Nacional de Mar del Plata.

Conacasa. (septiembre de 2023). *Que son las Herramientas de productividad*. https://conasa.grupocibernos.com/blog/importancia-de-las-herramientas-de productividad#:~:text=Las%20herramientas%20de%20productividad%20son,m%C3%A9todos%20de%20trabajo%20m%C3%A1s%20eficaces

Cruelles, J. (2013). *Productividad e incentivos: como hacer que los tiempos de fabricación se cumplan*. Alfaomega Grupo Editor.

Galindo, R. (2018). *Prensas, moldes y prensado en la fabricación de baldosas cerámicas.* Macer S.L.

Garcia, R. (2005). *Estudio del trabajo Ingenieria de métodos y medición del trabajo*. McGraw-Hill.

Gutiérrez, H. (2010). *Calidad total y productividad*. McGraw-Hill.

Heredia, J. (2000). *Sistema de indicadores para la mejora y el control integrado de la calidad de los procesos*. Publicanions de la Universitat Jaume I. D. L, Athenea.

Heredia, J. y Gras, M. (2009). Análisis y modelado de la transmisión de variabilidad dimensional en un proceso de producción de baldosas cerámicas. *Boletin de la Sociedad Española de Ceramica y Vidrio*, *48*(6), 289-296.

Islas, J. (2008). *Molienda de Óxidos Suaves*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo de México]. Archivo digital. https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/handle/123456789/10691

Lenis, D. (2020). *Análisis y mejora en los controles de variables que influyen en el secado por atomización de pasta cerámica*. [Tesis de pregrado, Universidad de Pamplona de Colombia]. Archivo digital. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/5343

Llanos, L. (2017). *Aplicación del planeamiento sistemático de la distribución en planta para incrementar la productividad del área de preparación de esmalte en una empresa productora de sanitarios cerámicos.* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo de Perú]. Archivo digital. http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/10369

Mendez, J. (2007) *Optimización del proceso de Molienda y Secado por pulverización en la empresa Ceramica Italia S.A.* [Tesis pregrado,

Universidad de Santander de Colombia]. Archivo digital. https://uids-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/fulldisplay?docid=uids_bucaramanga144056&context=L&vid=UIDS&lang=es_CO&search_scope=uids_completo&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=uids_tab&query=any,contains,molienda%20y%20secado&offset=0

Muñoz, M. (2020). *Procesamiento de materiales cerámicos tradicionales: azulejos cerámicos y ladrillos de construcción.* Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Universitat Politécnica de Valencia. https://polibuscador.upv.es/discovery/fulldisplay?docid=alma998450928203706&context=L&vid=34UPV_INST:bibupv&lang=es&search_scope=MyInst_and_CI&adaptor=Local%20Search%20Engine&query=any,contains,Procesamiento%20de%20materiales%20cer%C3%A1micos%20tradicionales

Niebel, B. (2009). *Ingeniería industrial métodos, estándares y diseño de trabajo*. McGraw-Hill.

Reyes, J. (2023). *Cerámica Industrial Producción de Pavimento y Revestimiento Cerámico.* Universidad de Alicante. https://www.virtualpro.co/biblioteca/ceramica-industrial-produccion-de-pavimento-y-revestimiento-ceramico

SACMI (2004). *Documentación técnica manual de instrucciones 001AZ002A: atomizadores para barbotinas cerámicas*.

SACMI IMOLA (2008). *Documentación técnica manual de instrucciones 017AZ004B: molino de tambor continuo*.

Signaturit (26 de octubre de 2022). *Como aumentar la productividad de una empresa*. https://blog.signaturit.com/es/aumentar-productividad-empresa

Tena, V. (2021). *Planta de obtención de polvo atomizado para el prensado de piezas de alta Alúmina.* [Tesis de pregrado, Universitat Jaume I. Castellón de España]. Archivo digital. https://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/195046

Velasco, J. (2023). La Eficiencia en la Molienda. *Técnica Cerámica: Revista de los materiales, equipos y técnicas de fabricación de la cerámica industrial*, *486*, 154-155. https://www.publica.es/numero.php?numero=486