

**Propuesta de mejoramiento en el sistema productivo de una ladrillera
del norte del Valle utilizando herramientas de Ingeniería Industrial**

**Diego Fernando Pérez Agudelo
Luis Enrique Cañas Torres**

**Universidad del Valle
Facultad de ingeniería
Zarzal
2020**

**Propuesta de mejoramiento en el sistema productivo de una ladrillera
del norte del Valle utilizando herramientas de ingeniería industrial**

**Diego Fernando Pérez Agudelo
Luis Enrique Cañas Torres**

Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero industrial

**Director
Liliana Estella Montaña Caicedo**

**Universidad del Valle
Facultad de ingeniería
Zarzal
2020**

El presente trabajo tiene como objetivo realizar una investigación basada en la identificación o diagnóstico actual del sistema productivo y con ello hacer la propuesta de la mejora que permite incrementar la eficiencia, disminuyendo la cantidad de defectuosos en la industria ladrillera. Por medio de la utilización de herramientas de ingeniería industrial que ayuden obtener las entradas y salidas de materia prima, como también el consumo y los costos, y así determinar la manera óptima en cómo se debe comportar el proceso.

1.1	Introducción.....	1
1.2	Planteamiento Del Problema.....	2
1.2.1	Descripción Del Problema.....	2
1.2.2	Formulación Del Problema.....	4
1.2.3	Sistematización Del Problema.....	4
1.3	Objetivos.....	4
1.3.2	Objetivo General.....	4
1.3.3	Objetivos Específicos.....	4
1.4	Justificación.....	4
1.5	Antecedentes.....	5
1.5.2	Nacionales.....	5
1.5.3	Internacionales.....	6
1.6	Marco.....	8
1.6.2	Marco Teórico.....	8
1.6.3	Marco Normativo.....	14
1.7	Estado Del Arte.....	16
1.8	Diseño Del Método De Investigación.....	17
2.	Objetivos Específicos.....	18
2.1	Objetivo Específico 1.....	18
2.2	Objetivo Específico 2.....	32
2.3	Objetivo Específico 3.....	33
3.	Conclusiones.....	38
5.	Anexos.....	1
5.1	Anexo 1 – Diagrama Amfe.....	1
5.2	Anexo 2 – Diagrama 5w1h.....	2
5.3	Anexo 3 – Cronograma De Mantenimiento Preventivo.....	1
6.	Bibliografía.....	2

Lista de Ilustraciones

v

Ilustración 1. Diagrama De Flujo De Proceso.....	8
Ilustración 2. Clasificación De Fallas Según Gravedad.	10
Ilustración 3. Clasificación De Fallas Según Probabilidad De No Detección	10
Ilustración 4. Clasificación De Fallas Según Su Probabilidad De Ocurrencia	11
Ilustración 5. Dimensiones De Fabricación Reales, Ntc 296	15
Ilustración 6. Metodología De Trabajo	18
Ilustración 7. Diagrama De Flujo Del Proceso. Ladrillera Norte Del Valle.....	21
Ilustración 8. Balance De Materia - Fase 1	24
Ilustración 9. Balance De Materia - Fase 2	25
Ilustración 10. Balance De Materia - Fase 3	26
Ilustración 11. Balance De Materia - Fase 4	27

Lista de Tablas

Tabla 1. Cantidad De Arcilla Que Ingresa Por Semana.	22
Tabla 2. Densidad De La Arcilla.....	22
Tabla 3. Cantidad De Arcilla Semanal Y Diaria	22
Tabla 4. Humedad De La Arcilla En Patios De Almacenamiento	23
Tabla 5. Humedad Antes De Ingresar Al Sistema Productivo	23
Tabla 6. Humedad En La Mezcladora	25
Tabla 7. Cantidad De Ladrillos Defectuosos/Minuto	28
Tabla 8. Cantidad De Ladrillos Optimos/Minuto	29
Tabla 9. Consumo De Energia De Las Máquinas/Mensual	29
Tabla 10. Consumo De Energía De Las Máquinas/Día	29
Tabla 11. Consumo De Energía Máquina/Ladrillo	30
Tabla 12. Costo De Consumo De Agua	30
Tabla 13. Costo De Materia Prima	30
Tabla 14. Costo De Mano De Obra.....	31
Tabla 15. Cantidad De Ladrillo/Minuto Y Hora	31
Tabla 16. Precio De Costo Del Ladrillo	31
Tabla 17. Cantidad De Ladrillo/Día	31
Tabla 18. Diagrama Amfe	32
Tabla 19. 5w1h - Humedad.....	34
Tabla 20. Porcentaje De Humedad Entrada Extrusora.....	34
Tabla 21. Ensayo De Porosidad.....	34
Tabla 22. 5w1h - Laminadora	35
Tabla 23. 5w1h - Bomba De Vacío	36
Tabla 24. 5w1h - Mantenimiento Preventivo	36
Tabla 25. Meta.....	37
Tabla 26. Diagrama Amfe	1
Tabla 27. Diagrama 5w1h	2
Tabla 28. Cronograma De Mantenimiento Preventivo	1

1.1 Introducción

El crecimiento industrial y la globalización son dos fenómenos emergentes en el nuevo siglo, por el cual están atravesando las organizaciones del mundo. Su gran impacto ocasiona fluctuaciones en las actividades de la mayoría de las empresas en busca de mantener un sostenimiento a lo largo del tiempo; industrias de cualquier tipo de razón social han tenido la necesidad de implementar mecanismos y/o herramientas que permitan la reducción de desperdicios para aumentar los márgenes de utilidad siguiendo con la premisa de Gutiérrez (2004), “se es más competitivo si se puede ofrecer mejor calidad, a bajo precio y en el menor tiempo”.

Actualmente en la industria ladrillera se ve reflejada la búsqueda de opciones para el mejoramiento de sus técnicas de trabajo, según Ramírez, (2018); el 70% de estas empresas no cuentan con procesos estandarizados, presentando falencias en cada de sus etapas y limitando su capacidad productiva.

En Colombia todos los sectores productivos tienen aspiraciones al desarrollo, es necesario mantener en continua mejora para optimizar su crecimiento y sostenibilidad. Según una investigación de Anfalit para la firma Camargo y Asociados Ingenieros Constructores (2019), Colombia; produce 376.947 toneladas mensuales de ladrillo, las ventas totales de la industria ladrillera nacional suman \$31.643 millones de pesos en el mes, en donde Bogotá participa con 49% del mercado, es decir \$15.500 millones mensuales, seguido por Santander del Norte con 14.3%, que equivalen a \$4.514 millones; Antioquia con 9.5% (\$3.014 millones); Valle 7.8% (\$2.458 millones) y el Eje Cafetero con 7.1% (\$2.233 millones).

El estudio también revela que Colombia cuenta con un total de 1.924 unidades productivas, de las cuales sólo 88%, es decir 1.694 se encuentran en operación; 2% (34) están liquidadas y 10.2% (196) están cerradas temporalmente. Es de anotar que la industria ladrillera nacional genera 12.204 empleos directos, los cuáles se podrían incrementar en la medida que exista una mayor capacitación y conocimiento acerca de las oportunidades para mejorar la capacidad de producción.

En busca de satisfacer las necesidades internas de la ladrillera del norte del Valle. Se expone una metodología que permita analizar el sistema productivo, identificando posibles fallas y desperdicios y así proponer una mejora significativa que precise el aumento de la eficiencia, proporcionando un estado futuro con mejores posibilidades y una ventaja competitiva considerable en el entorno en el que esta compañía se encuentra desempeñando.

1.2 Planteamiento del Problema

1.2.1 Descripción del Problema

La ladrillera caso de estudio, es una empresa colombiana con más de 20 años de experiencia, ubicada en el norte del Valle del Cauca. Está especializada en la elaboración y comercialización de cerámica rústica como son ladrillos de tipo farol, liso y adoquines con alta calidad y eficiencia. Sin embargo, se evidencia el poco control que existe en los distintos procesos de la compañía y la falta de aplicación de estándares que le permitan identificar los puntos clave de la generación de tanto desperdicios como de pérdidas, no solo materia prima sino también por stocks en proceso, entre muchas otras.

El proceso inicia con la extracción de la materia prima, en una mina de arcilla ubicada a 5 km de la ladrillera, se realizan operaciones de arranque, cargue y transporte del mineral al sitio donde se realiza el beneficio o maduración de la misma, y otras actividades auxiliares como la mezcla de dicho mineral; que se llevan a cabo de manera superficial a cielo abierto por intermedio de maquinaria amarilla, que se utiliza a tiempo parcial durante los días de la semana y para darle humedad a la materia prima se tiene a cargo de un operario que por medio de una manguera riega a priori a dicha mezcla.

La materia prima se traslada hacia una tolva en la cual se reduce el tamaño del grano por medio de la desterronación, empleando hélices y molinos de rodillos, para lograr la homogenización, posteriormente se traslada por medio de banda transportadora hacia el área de amasado en donde por medio de un tornillo sin fin y agua se encargan de mezclar nuevamente los componentes.

Se traslada la mezcla al área de extrusión empleando bombas de vacío que permiten una mayor eficiencia en el proceso y conducen a la obtención del ladrillo según la configuración de la boquilla de la máquina. Éste termina con el corte de las piezas a la longitud requerida, se identifica en esta sección el producto con defectos debido a las condiciones de los procesos anteriores los cuales son retirados del sistema. Por último, el producto semi-terminado es traslado al área de secado natural (patios de secado) y artificial (horno tipo colmena) para retirar humedad y evitar fisuras; después se lleva al horno de cocción a una temperatura de (900°C a 1000°C) obteniendo un producto final, listo para ser almacenado y transportado.

Se realizan visitas al área de producción de la ladrillera caso de estudio, se realiza un estudio de tiempos, además de contar con la opinión de los operarios, se encuentra que bajo este sistema productivo existen varios tipos de problemas que llevan a obtener pérdidas en la mezcla de arcilla y reduce directamente la capacidad de ladrillos producidos.

El primero de ellos es que el proceso de maduración en donde el operario se encarga de regar la mezcla de arcilla de manera uniforme, no tiene en cuenta el porcentaje de agua que debe llevar para obtener la plasticidad adecuada. En el área siguiente que es el de molienda, específicamente en el proceso de laminación, se presenta una situación de mejora respecto a la potencia de sus rodillos, ya que no funcionan de una manera adecuada para conseguir una arcilla con la menor cantidad de grumos y materia extraña posible.

Cuando la mezcla llega a la extrusora no se encuentra en las condiciones de humedad adecuadas para la creación del bloque de arcilla, ya que el proceso anterior a este, que es la Mezcladora, se debe agregar la cantidad de agua necesaria, pero en el proceso inicial que es la maduración también se le adiciona agua; además, la bomba de vacío no opera bajo las condiciones necesarias; durante su funcionamiento, esta máquina refleja un mayor esfuerzo para realizar su tarea debido a que no se encuentra calibrada o no trabaja bajo la potencia ideal. En el proceso de corte, la máquina por defecto está programada para que, entre cada corte, haya una tolerancia de arcilla que incurre en un reproceso. También se presenta que la mezcla es tan húmeda y poco comprimida, que el ladrillo no tiene la firmeza suficiente y se desmorona inmediatamente.

Analizando el proceso se encuentra que en promedio por minuto se producen 54 ladrillos, de los cuales 48 son buenos y el restante (6 ladrillos) son defectuosos antes de pasar al área de secado, debido a problemas de sobre-humectación y poca resistencia.

Teniendo en cuenta lo anterior, la ladrillera del norte del Valle, obtiene en promedio 17.282,96587 Kg.Arcilla.Agua/Día de material defectuoso diariamente, que en términos económicos equivale a aproximadamente a 4'897,704 COP mensuales, además de las desviaciones en el producto, que se encuentran incluidas en el nivel de tolerancia aceptado por la empresa y que pasan a la venta y a manos del cliente como ladrillos de segunda, que de una u otra manera se convierten en grandes pérdidas económicas a largo plazo, aparte de convertirse en una desventaja competitiva para la compañía. Estos inconvenientes se manifiestan debido a la falta de estandarización de los procesos, adicionalmente en la empresa no existe un departamento de calidad ni responsables de esta área, que implementen un sistema integrado de gestión que permita englobar todos y cada uno de los aspectos de la compañía. Se propone realizar un sistema donde se pueda llevar a cabo un control de la humedad de la mezcla, una laminación con la potencia necesaria, un proceso de extrusión estandarizado y un programa de mantenimiento, en donde se pueda minimizar la cantidad de desperdicio que se genera en el sistema.

1.2.2 Formulación del Problema

¿De qué manera se puede plantear una propuesta de mejora para la eficiencia del proceso de producción de la compañía, disminuyendo la cantidad de desperdicios?

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿Cómo diagnosticar el proceso de producción que se realiza en la ladrillera del norte del Valle para facilitar la comprensión en cada una de sus fases?
- ¿Cómo identificar los cuellos de botella en el sistema productivo de la ladrillera norte del Valle teniendo en cuenta la gestión del riesgo en la propuesta?
- ¿De qué manera se puede documentar una mejora en la ladrillera del norte del Valle incluyendo elementos del diagnóstico e identificación de cuellos de botella?

1.3 Objetivos

1.3.2 Objetivo General

Propuesta de mejora del proceso en el cual se lleva a cabo la producción del ladrillo farol y liso, mediante la investigación, identificación y caracterización de producto defectuoso.

1.3.3 Objetivos Específicos

- Diagnosticar el proceso de producción que se realiza en la ladrillera del norte del Valle por medio de herramientas que faciliten la comprensión de cada una de sus fases.
- Identificar los cuellos de botella en el sistema productivo de la ladrillera del norte del Valle mediante el análisis modal de fallos y efectos para tener presente en la gestión del riesgo en la propuesta.
- Documentar una propuesta de mejora para el sistema productivo a través de los elementos del diagnóstico y la identificación de cuellos de botella en la ladrillera del norte del Valle.

1.4 Justificación

Los problemas presentados en ladrillera del norte del Valle permiten ver con cierta claridad la ineficiencia presentada en los métodos utilizados y en los procesos aplicados por la compañía, razón por la cual se debe generar una

mejora continua en sus actividades, por medio de la implementación de nuevas políticas y reajustes técnicos y mecánicos, que se reflejen en buenos resultados en el sistema.

El desarrollo de este proyecto tendrá como meta proponer una mejora en el método de producción que se está utilizando para la elaboración de los ladrillos, teniendo en cuenta que, para contrarrestar los inconvenientes encontrados en la empresa, ladrillera del norte del Valle, debe implementar un plan de acción que le permita incurrir en notables cambios para su línea productiva de manera que consiga una estabilidad dado el uso inadecuado de materia prima, recurso y tiempo. De esta manera la identificación y eliminación de desperdicios se vuelve necesaria para la compañía, a través de algunas herramientas de ingeniería industrial que comprenden la mejora en los procesos, logrando la estandarización del proceso. Se debe plantear una metodología que permita el alcance de los objetivos propuestos. Por lo tanto, las metas del presente trabajo se basan en proponer una mejora en el sistema productivo, por medio de la investigación, identificación y caracterización de los productos defectuosos. Lo anterior tiene la finalidad de llevar a cabo un esquema en el que se contemple el área de operaciones actual de la empresa, haciendo una valoración con un sistema estandarizado, con el fin de evaluar políticas, desperdicios y el nivel de eficiencia que presentan, identificando las actividades que presentan inconvenientes.

1.5 Antecedentes

1.5.2 Nacionales

Carlos Suarez, Universidad Industrial de Santander (Bucaramanga 2014), desarrolló el proyecto “Mejoramiento de los procesos productivos de Tecalimentos LTDA”, cuyo principal objetivo era diseñar e implementar un plan de mejoramiento de los procesos productivos de la planta en sistema de producción de Tecalimentos LTDA. En base a herramientas de manufactura esbelta, y de esta manera contribuir al mejoramiento e incremento de la productividad en la organización y así ayudar a darle solución a problemas como lo son los sobre costos de producción, el retroceso de muchos elementos, desperdicio de materiales y la baja productividad.

Valencia, Mauricio y Quijano, Fabián. Aplicación de conceptos de gestión y las herramientas de estudio de métodos de trabajo para mejorar la productividad del departamento de jarabe de la empresa IDM. Tesis (Maestría en Ingeniería Industrial). Cali, Colombia: Universidad ICESI, departamento de ingeniería industrial, 2012. 102 pp. El fin general fue rediseñar el método de trabajo de los procedimientos objeto de estudio para reducir los desechos y los tiempos perdidos, mejorando los costos de producción, mejorar la calidad y por tanto

mejorar la productividad de la compañía, aplicando definiciones de herramientas para el mejoramiento de los procesos y estudio de tiempos, para desempeñar acciones aprendidas durante la maestría en ingeniería industrial. La metodología fue de tipo aplicativa. Se concluyó que la adaptación de las herramientas de calidad y las herramientas de perfeccionamiento de problemas nos proporcionó reconocer y escoger procedimientos productivos cuya mejora incrementó significativamente la productividad de la empresa. Rediseñamos el modo de trabajo de los dos sistemas escogidos como objeto de estudio y realizamos con los objetivos fijados en la investigación. Para el procedimiento de empaque de tambores se pasó de 24 a 25,7 toneladas empacadas por día. Para el periodo utilizado para ejecutar las permutas de alusión se pasó de seis (6) a cinco, cuatro (5,4) horas.

Paternina, Manuel. Y Viana Jhon. Diseño de un método de trabajo para mejorar la productividad en una maquina papelera. Tesis (Ingeniero Industrial). Cali, Colombia: Universidad de San Buenaventura, faculta de ingeniería industrial, 2016. 75pp. El fin general fue diseñar un modo de mejora de la productividad en el aparato papelero mediante instrumentos de mejoramiento del sistema productivo, adaptando la metodología lean seis sigma que permita determinar variables críticas del proceso. La metodología fue de tipo cuantitativo. Se concluyó que poseyendo como aplicación la metodología seis sigma se ha alcanzado de manera real y especifica trabajar en la mejora continua de una etapa productiva, el cual nos deja un gran conocimiento en nuestra etapa formativa como ingenieros industriales. Así mismo las organizaciones a nivel mundial cada día necesitan estrategias que renueven sus procesos internos para conseguir ser más competitivas las herramientas que propone la metodología DMAIC seis sigmas son de utilidad y de gran ayuda.

1.5.3 Internacionales

Manjares Tatiana. (2016), en su investigación “plan de mejoramiento continuo de los procesos de fabricación para incrementar niveles de eficiencia en la empresa Khristell Jean del Cantón Pelileo”. Tesis (ingeniería comercial con mención en la Administración de la Productividad), Ambato, Ecuador (2016). El autor tiene como objetivo principal diseñar un plan de mejoramiento continuo de los procesos de fabricación para incrementar los niveles de eficiencia en la empresa Khristell Jean, mediante la aplicación de técnicas e instrumentos se puede observar las falencias que presenta la empresa en el área de producción.

Para esto se utilizan técnicas de calidad como son las 4 etapas del ciclo Deming que ayuden a eliminar o reducir los principales factores o problemas principales como son el desperdicio de recursos y tiempo. Finalmente, el autor propone elaborar un diseño de plan de mejoramiento continuo en los procesos de fabricación para poder mejorar los niveles de eficiencia de la empresa Khristell

Jean mediante la aplicación del ciclo PDCA que está orientado a poder levantar los procesos actuales y realizar las mejoras en dicha área o departamento.

Christopher Ibáñez, “diseño de propuesta de mejora para el área de producción en la empresa Puerto de Humos S.A”. Tesis (Ingeniero Civil Industrial), Universidad Austral de Chile (2016). En esta investigación se han propuesto distintas herramientas que ayuden a mejorar los problemas que afectan el departamento de producción, por tal motivo se realizó un diagnostico actual de la empresa en estudio para acercarse a los problemas que afectan este departamento, de lo cual se constató que existía una baja productividad debido a los factores siguientes: inexactitud de conocimiento por parte de los operarios, además de cuellos de botella en la línea de corte baja inversión de maquinaria y mal manejo de los insumos por parte del trabajador.

Finalmente, mediante la investigación se concluyó, establecer herramientas que permitan dar solución a los problemas, implementando la muy conocida técnica de las 5S, que le permitiera tener mejor control de los insumos, materia prima y/o otros, asimismo surgió la necesidad de poder elaborar un plan de mejora en el área de calidad, donde se incentive y promueva la visión de mejora continua y calidad total. Por último, se implementó el plan de mejora continua que permita dar soluciones a los erros cometidos por la falta de planificación, comunicación y liderazgo; lo que ayudó a que se tome conciencia de lo que se refiere a mejora continua en procesos en una empresa y así poder incrementar el nivel de productividad.

Hudli Rameez, presenta un artículo para la Academia Mundial de Ciencia, Ingeniería y Tecnología Revista Internacional de Ingeniería Industrial y de Manufactura (2010). Presenta un artículo titulado “Areas of Lean Manufacturing for Productivity Improvement in a Manufacturing Unit” en donde realiza el análisis de la situación actual de las empresas manufactureras llegando a determinar que dichas empresas presentan deficiencias en la forma de mejorar su gestión de procesos y la competitividad. Para esto el autor propuso la metodología denominada Lean Manufacturing la cual trajo mejoras en la unidad de fabricación de las empresas manufactureras.

Al implementarse la metodología se mejoró los retrasos en la entrega de los productos, así mismo se pudo reducir las mermas existentes en los procesos, se llegó a mejorar la productividad y se estableció una estructura de la fabricación. El autor concluyo que mediante la metodología Lean Manufacturing se pueden mejorar procesos de todas las áreas en este caso se tomó como referencia los procesos de fabricación de juegos de bombas, trayendo como resultado aumento de la producción.

1.6 Marco

1.6.2 Marco Teórico

Proceso Productivo

El proceso productivo está referido a la utilización de recursos operacionales que permiten transformar la materia prima en un resultado deseado, que bien pudiera ser un producto terminado.

Dada esta situación se comienza por comprender en primera instancia el término producción, el cual está referido al proceso de transformación que experimenta la materia prima, según Donnelly et al., (1994:542) la función de producción en una organización de negocios se ocupa específicamente de la actividad de producción de artículos, es decir, el diseño, la implantación, la operación y el control del personal, materiales, equipos, capital e información para lograr objetivos específicos de producción.

Flujo de Proceso

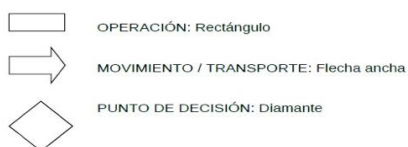
Es un método para describir gráficamente un proceso existente o uno nuevo, propuesto mediante la utilización de símbolos, líneas y palabras simples, demostrando las actividades y secuencias en el proceso.

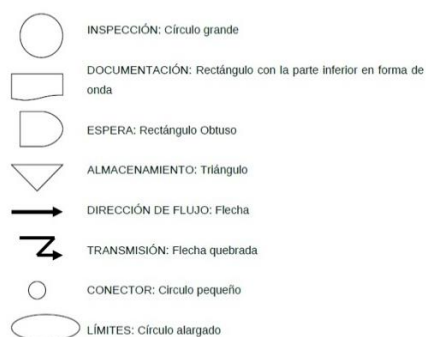
Los diagramas de flujo más efectivos solo utilizan símbolos estándares ampliamente conocidos. Resulta fácil leer un mapa vial cuando se está familiarizado con el significado de cada símbolo. Por tal motivo es molesto tener una figura extraña y desconocida en el área del mapa que se utiliza para tomar una decisión sobre los planes de viaje.

El diagrama de flujo es una de las más antiguas ayudas de diseño con que podemos contar. Para mayor sencillez, solo analizaremos doce de los símbolos más comunes en su mayor parte publicados por la ANSI (American National Standards Institute).

Los símbolos son los siguientes:

Ilustración 1. Diagrama de Flujo de Proceso





Fuente: ANSI

AMFE

AMEF (Análisis de modo y efectos de fallas), es una técnica sistematizada que permite evaluar los bienes y servicios que ofrece una organización objetivamente con la finalidad de identificar las causas, efectos y elementos que ocasionan fallas en los procesos para así poder evitar su ocurrencia. En la utilización de esta herramienta es necesario tener un registro documentado de todas las actividades que se hagan en la misma para no incurrir en los mismos errores. El manejo adecuado de AMEF permite diseñar productos, servicios, procesos y facilita la capacitación del personal. (Socconini, 2010).

Para el desarrollo óptimo de esta herramienta se debe realizar una recolección de información que permita desarrollar un mapa de procesos donde se muestre de manera gráfica la operación de la compañía, se forma un equipo de trabajo que identifique los puntos críticos del proceso, sus fallas, determinar sus efectos junto con sus causas y los controles preventivos y correctivos necesarios, finalizando con la documentación aprovechar la aplicación del AMFE (Salazar, B. 2016).

Para lo anterior son necesarias las siguientes tablas clasificatorias de información, para lograr la calificación de las fallas y su impacto en las operaciones de la compañía.

Ilustración 2. Clasificación de fallas según gravedad.

Criterio	Valor de S
Infima. El defecto sería imperceptible por el usuario	1
Escasa. El cliente puede notar un fallo menor, pero sólo provoca una ligera molestia	2-3
Baja. El cliente nota el fallo y le produce cierto enojo	4-5
Moderada. El fallo produce disgusto e insatisfacción el cliente	6-7
Elevada. El fallo es crítico, originando un alto grado de insatisfacción en el cliente	8-9
Muy elevada. El fallo implica problemas de seguridad o de no conformidad con los reglamentos en vigor	10

Fuente: Lean Solutions, 2017.

Ilustración 3. Clasificación de fallas según probabilidad de no detección

Criterio	Valor de D
Muy escasa. El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1
Escasa. El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría raramente escapar a algún control primario, pero sería posteriormente detectado	2-3
Moderada. El defecto es una característica de bastante fácil detección	4-5
Frecuente. Defectos de difícil detección que con relativa frecuencia llegan al cliente	6-7
Elevada. El defecto es de naturaleza tal, que su detección es relativamente improbable mediante los procedimientos convencionales de control y ensayo	8-9
Muy elevada. El defecto con mucha probabilidad llegará al cliente, por ser muy difícil detectable	10

Fuente: Lean solutions, 2017.

Ilustración 4. Clasificación de fallas según su probabilidad de ocurrencia

Criterio	Valor de O
Muy escasa probabilidad de ocurrencia. Defecto inexistente en el pasado	1
Escasa probabilidad de ocurrencia. Muy pocos fallos en circunstancias pasadas similares	2-3
Moderada probabilidad de ocurrencia. Defecto aparecido ocasionalmente	4-5
Frecuente probabilidad de ocurrencia. En circunstancias similares anteriores el fallo se ha presentado con cierta frecuencia	6-7
Elevada probabilidad de ocurrencia. El fallo se ha presentado frecuentemente en el pasado	8-9
Muy elevada probabilidad de fallo. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente	10

Fuente: Lean solutions, 2017.

Diagrama 5W1H

Según Adriani Carlos S, 2003 es una herramienta de planeación a prueba de errores y confusiones, se utiliza para definir con claridad un proyecto, un plan de acción, y la relación de acciones que se deben ejecutar para alcanzar determinada meta.

La herramienta 5W + 1H proviene de las iniciales de las palabras en inglés:

- ¿Qué? (What): es la primera palabra de este método que señala la acción para alcanzar la meta.
- ¿Por qué? (Why): Siempre se debe saber por qué se realiza la actividad.
- ¿Cómo? (How): Detalla el modo a realizar la actividad.
- ¿Quién? (Who): Persona responsable de la actividad.
- ¿Dónde? (Where): Lugar donde se ejecutará
- ¿Cuándo? (When): Fecha de inicio y fin.

Tiene como objetivo lograr una planificación adecuada a situaciones complejas utilizando una herramienta simple y fácil, que presenta acciones claras a llevar a cabo a fin de alcanzar una meta.

Esta metodología puede utilizarse para planear, guiar y coordinar los esfuerzos de un equipo que busca desarrollar una mejora en un proceso o crear algo nuevo, además, es muy eficaz porque el plan se elabora rápidamente siguiendo un proceso de pensamiento muy lógico. ¿Qué?, ¿Por qué?, ¿Cómo?

Balance de Masa

El balance de masa, puede definirse como una contabilidad de entradas y salidas de masa en un proceso o de una parte de éste. No es más que la aplicación de la ley de conservación de la masa que expresa “La masa no se crea ni se destruye”.

La realización del balance es importante para el cálculo del tamaño de los equipos de un proceso que se emplean y por ende para evaluar sus costos. Los cálculos de balance de masa son casi siempre un requisito previo para todos los demás cálculos, además, las habilidades que se adquieren al realizar los balances de masa se pueden transferir con facilidad a otros tipos de balances (Deiana, A., Granados, A., & Sardella, M., 2018).

Costos

Según Rojas, Ricardo (2007) define la contabilidad de costos como un sistema de información, con el cual se determina el costo incurrido al realizar un proceso productivo y la forma como se genera éste en cada una de las actividades en las que se desarrolla la producción.

Costos de Producción

Son los que se generan durante el proceso de transformar la materia prima en un producto final.

- Materia prima directa: Son todos los materiales que pueden identificarse cuantitativamente dentro del producto y cuyo importe es considerable.
- Mano de obra directa: Es la remuneración en salario o en especie, que se ofrece al personal que interviene directamente para la transformación de la materia prima en un producto final.
- Costos indirectos de fabricación: Denominados también carga fabril, gastos generales de fabrica o gastos de fabricación. Son aquellos costos que intervienen dentro del proceso de transformar la materia prima en un producto final y que son distintos a material directo y mano de obra directa.

Eficiencia

Gutiérrez y De la Vara (2012) define la eficiencia como la razón entre los resultados obtenidos y los insumos utilizados, se mejora esencialmente optimizando el empleo de los recursos lo cual permite minimizar los tiempos y recursos desperdiciados (Pp 7).

Prueba de Humedad

El contenido de humedad del suelo es un indicador complementario y necesario en numerosos análisis pedológicos. Este contenido ha sido expresado tradicionalmente como la proporción de la masa de humedad con respecto a la masa de la muestra de suelo después de que ha sido secada a un peso constante, o como el volumen de humedad presente respecto al volumen total de la muestra de suelo. Para realizar cálculos del contenido de humedad con base en el volumen se requiere una medida correcta de la densidad aparente del suelo (Gardner, 1986).

El contenido de humedad es la relación que existe entre el peso de agua contenida en la muestra en estado natural y el peso de la muestra después de ser secada en el horno a una temperatura de 80° C. Se expresa de forma de porcentaje, puede variar desde cero cuando está perfectamente seco hasta un máximo determinado que no necesariamente es el 100%. La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este, por ejemplo, cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica.

Estudio de Métodos y Tiempos.

Según Benjamín W Niebel 2004, el estudio de tiempos y movimientos es una herramienta la cual sirve para determinar los tiempos estándar de cada una de las operaciones que componen cualquier proceso, así como para analizar los movimientos que son realizados por un operario para llevar a cabo dicha operación, el estudio de métodos y tiempos tiene como objetivo lo siguiente:

- Minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos.
- Conservar los recursos y minimizar los costos.
- Proporcionar un producto que sea cada vez más confiable y de alta calidad.
- Eliminar o reducir los movimientos ineficientes y acelerar los eficientes.

1.6.3 Marco Normativo

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4205

Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los ladrillos y bloques cerámicos utilizados como unidades de mampostería y fija los parámetros con que se determinan los distintos tipos de unidades. La Norma Técnica Colombiana identifica tres tipos de unidades de mampostería de arcilla, de acuerdo a sus perforaciones y el volumen que estas ocupen, donde tenemos:

- Perforaciones Verticales (PV): ladrillos y bloques, cuyas perforaciones son perpendiculares a la superficie en que se asienta el muro y sus perforaciones no pueden ser mayor a un 65% del área bruta del bloque o ladrillo.
- Perforaciones Horizontales (PH): Ladrillos y bloques, cuyas perforaciones son paralelas a la superficie que se asienta en el muro.
- Macizos (M): Mampuestos ligeros que cuentan con pequeñas perforaciones no mayor al 25% de su volumen o que no cuentan con perforaciones.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 296

Esta norma establece las dimensiones exteriores de las unidades de mampostería de arcilla cocida, con base en los principios de coordinación modular.

Los fabricantes de unidades de mampostería de arcilla cocida eligen libremente las medidas de fabricación de sus productos, como modulares o no modulares. En el caso de ofrecer medidas modulares, deben especificar si están coordinadas horizontal, vertical o espacialmente. El tipo o clase de unidad es indiferente para efectos de coordinación modular.

Requisitos:

Dimensiones modulares

- Juntas

El espesor de diseño, tanto de juntas verticales como horizontales, es de 10 mm $\pm$ 3 mm.

- Coordinación modular de las dimensiones

Las dimensiones modulares de las unidades de mampostería son proporcionales entre ellas de manera que tienen un común denominador llamado módulo, definido en la NTC 45.

- Dimensiones de fabricación (Reales)

Una vez establecida una relación de dimensiones modulares, se ordenarán como longitud, ancho y altura nominales con respecto a la pieza colocada tal como está diseñada para colocarse en el muro. Las dimensiones reales de las piezas guardarán la siguiente relación:

Ilustración 5. Dimensiones de fabricación reales, NTC 296

$$\begin{array}{lclclcl} L & = & \text{longitud real} & = & \text{longitud modular} & - & \text{junta} \\ A & = & \text{ancho real} & = & \text{ancho modular} & - & \text{junta} \\ H & = & \text{altura real} & = & \text{altura modular} & - & \text{junta} \end{array}$$

Fuente: NTC

- Tolerancia dimensional

Se establece como límite de desviación en las dimensiones de fabricación $\pm 1,25$ % de la dimensión modular.

Las piezas se colocan conservando la junta vertical de diseño de manera que el promedio de las longitudes reales más la junta corresponda a la unidad de mampostería. No se debe buscar como meta de colocación un alineamiento de los ejes de las juntas verticales.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6033

Esta norma se enmarca en la implementación del esquema del sello ambiental colombiano, especificando los requisitos para la elaboración de ladrillos y bloques de arcilla y demás productos afines de la industria ladrillera, teniendo en cuenta los siguientes principios; el producto debe hacer un uso sostenible de los recursos naturales que emplea, tales como materia prima o insumos, debe minimizar el uso de materias primas nocivas para el medio ambiente, los procesos de producción deben utilizar menos cantidades de energías o hacer uso de fuentes de energía renovables, debe utilizar menos materiales de empaque y debe ser fabricado haciendo uso de tecnologías limpias o generando menor impacto sobre el ambiente.

Requisitos generales

La organización encargada de la fabricación o producción de ladrillos y bloques de arcilla debe cumplir con los siguientes requisitos.

- Se debe definir e implementar un programa de mantenimiento preventivo o correctivo para todas las máquinas y equipos empleados en las etapas de extracción de materias primas, fabricación y embalaje y dejar registros de los mantenimientos efectuados.

- Se deben identificar, valorar y priorizar los impactos ambientales de las actividades de mantenimiento a fin de establecer e implementar planes de acción para controlar o evitar aquellos de carácter significativo.

1.7 Estado del Arte

En la tesis titulada “Estandarización del proceso productivo y control de calidad en la industria ladrillera. Caso: Ladrillera y comercializadora Alfredo”. Diana Rivera, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador (2018). En donde se hace un diagnóstico del proceso productivo en la empresa, en donde se evidencia que las actividades son empíricas y presentan bajo control. Para darle solución a esta situación propone un modelo de estandarización de operaciones y de control de calidad, consideran normativas, cambios en los procesos, reasignación en planta e indicadores para darle seguimiento al proceso.

Llanos Almendra, en el trabajo de grado titulado “Plan de mejora continua para incrementar la productividad en la empresa ladrillera North Ceramic SAC, Lambayeque – 2018”. Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú (2018). Mediante un diagnóstico en el área de producción de la empresa ladrillera North Ceramic SAC, se encontró dificultad en el espacio de trabajo debido al desorden y suciedad que presenta el sistema productivo dificultando la fabricación del producto; así mismo, se detectan falencias en la maquinaria y equipos utilizados, esto genera disminución en la productividad haciendo que no se cumpla con los ladrillos requeridos en el tiempo adecuado para su entrega. Se plantea elaborar un plan de mejora continua sustentados en los componentes que son: 5”s” y el mantenimiento productivo total (TPM), con el fin de incrementar el rendimiento y la productividad en la empresa ladrillera.

Según Humberto Huamani, de la Universidad César Vallejo, en la tesis titulada “Aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad en el área de cocción en la empresa ladrillera huamaní, carabaylo, 2017”. Lima, Perú (2017). A través, de un método experimental y toma de datos en un periodo de tiempo determinado, evidencia la baja la productiva del área de cocción. Se utiliza herramientas como ishikawa, diagrama de Pareto, matriz de correlación y priorización, permitiendo crear un manual de procedimientos para mejorar el rendimiento de la ladrillera.

Lancheros Orlando y Sánchez Andrea, el trabajo de grado titulado “Mejoramiento del proceso productivo y de almacenamiento en la empresa ladrillera Curití LTDA”. Universidad industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia (2016). Realizan un diagnóstico de la empresa e identifican aspectos a mejorar como la maquinaria, método de trabajo, control de calidad y organización en las zonas de almacenamiento, que hacen que el proceso tenga

muchos desperdicios. Plantean una metodología para implementar mejoras, evitar desperdicios y mejorar el rendimiento del producto.

En la tesis de grado de Rodríguez Lucía, titulada “Evaluación del proceso productivo de la planta industrial ladrillera terraforte, ubicada en el sector de calacalí en el periodo 2012-2013”. Universidad internacional sek, Quito, Ecuador, (2014). Presenta que al evaluar y analizar las entradas y salidas en el proceso productivo de la planta terraforte, los productos terminados no se ajustaban a los estándares de calidad establecidos en la normativa, se genera una gran cantidad de desechos, tiempos muertos, cuellos de botella y que se ven reflejados en pérdidas, poniendo en riesgo la existencia de la empresa. Para mejorar esta situación, definen la cantidad de humedad de la arcilla, el balance de masa y energía del sistema, además de la temperatura que se debe utilizar en la última estación del proceso. Obteniendo rendimientos superiores y mejorar la productividad de la empresa.

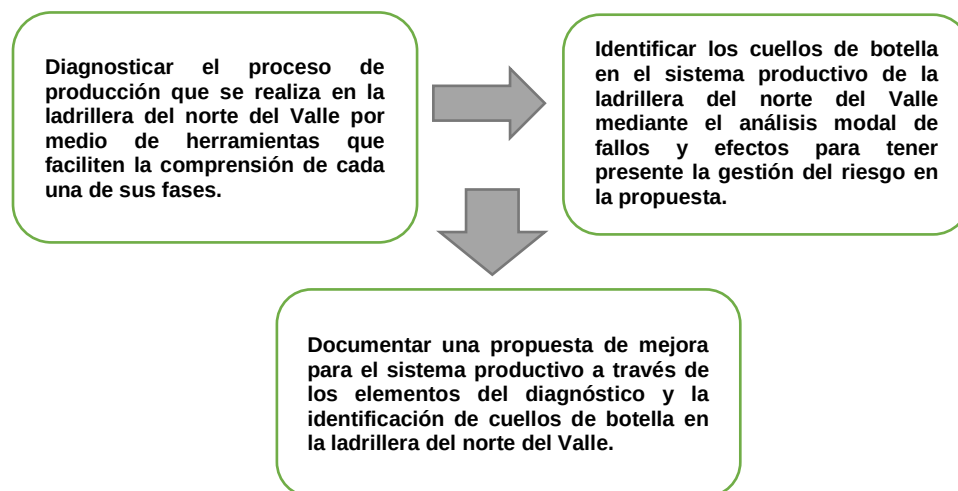
Para el trabajo de grado de Mendoza Jairo que se titula “Propuesta para implementar estrategias de producción más limpia en la ladrillera Cucuta”. Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia (2006). En donde se analiza el proceso productivo y se identifica los puntos críticos desde el punto de vista ambiental y se relacionan con la actividad económica; de esta manera establece un sistema de gestión ambiental (SGA) que permita organizar y desarrollar tres objetivos concretos como lo son la reducción de la concentración de contaminantes atmosféricos, gestión de los residuos sólidos generados, además, aplicar un proceso mejoramiento continuo que permita el desarrollo sostenible.

1.8 Diseño del Método de Investigación

El tipo de investigación que se aborda en el presente proyecto es de tipo investigativo y propositivo, donde inicialmente se debe realizar un diagnóstico previo de todo el sistema productivo de la ladrillera del norte del Valle, con el fin conocer todas las etapas de elaboración del ladrillo, las características del producto, los tiempos de fabricación y desperdicios, respondiendo al primer objetivo específico. Posteriormente identificar cuáles son los cuellos de botella en el sistema productivo mediante el análisis modal de fallos y efectos para tener presente la gestión del riesgo en la propuesta, dando cumplimiento al segundo objetivo específico.

Una vez diagnosticado el proceso e identificado sus fallas, se procede a documentar una propuesta de mejora para el sistema productivo a través de los elementos del diagnóstico y la identificación de cuellos de botella en la ladrillera del norte del Valle, efectuando el objetivo específico número tres.

Ilustración 6. Metodología de Trabajo



Fuente: Elaboración propia

2. Objetivos Específicos

2.1 Objetivo Específico 1

Diagnosticar el proceso de producción que se realiza en la ladrillera del norte del Valle por medio de herramientas que faciliten la comprensión de cada una de sus fases.

Para conocer el proceso que lleva a cabo la ladrillera del norte el Valle, se realiza un diagrama de flujo en donde se describe cada de una de sus fases.

Extracción de Materia Prima: Para la extracción de la materia prima la planta no cuenta con los permisos necesarios para la explotación de minas de arcilla, por ende, incurre en la contratación de un proveedor que se encarga de suplir dicha necesidad.

La mina de arcilla más cercana se encuentra a 5km de la planta, para su extracción se utiliza una retroexcavadora de marca John Dere 310sg que por medio del cucharón extrae la arcilla de la mina y la deposita en un sitio establecido. La retroexcavadora es manejada por un operario capacitado para esta tarea.

Transporte de Materia Prima: El proveedor se encarga de suministrar la materia prima en volquetadas 7m³, que son transportadas hasta la planta, dicha

función tiene una frecuencia diaria y su cantidad depende de los requerimientos de la empresa.

Almacenamiento de Materia Prima: La arcilla es depositada en los patios de la planta para su almacenamiento, en donde es apilada según el tipo de arena. El patio se encuentra a cielo abierto, un operario de retroexcavadora se encarga de mezclar los tipos de arena según su porcentaje (66,67% tierra caliche; 6,67% tierra negra; 26,67% arena peña), simultáneamente hay un operario encargado de humectar la arcilla de manera uniforme por medio de una manguera preparándola para ingresar al sistema productivo.

Alimentación de la Tolva: La tolva tiene una capacidad de 30m³ y es alimentada por el operario de retroexcavadora cada 30 minutos con un total de 16 veces al día.

Molienda: Esta integrada por dos máquinas: desterronadora y laminadora. El primero se encarga de disminuir los grumos que se encuentran en la arcilla y el segundo se encarga de comprimir y pulverizar hasta conseguir una lámina homogénea de arcilla.

Amasado: Esta compuesta por una máquina de mezclado, que se encarga de agregar agua a la arcilla por medio de 2 tubos cada uno con 30 orificios con un diámetro de 2mm y de amasar por medio de un tornillo sin fin para conseguir una mezcla homogénea y maleable para su trabajo.

Moldeo: Consta de una máquina extrusora la cual contiene una bomba y una cámara de vacío que se encargan de la eliminación de aire de la mezcla con el fin de garantizar la resistencia del producto; y con el uso de una boquilla conseguir la forma deseada con apariencia de una barra de plastilina.

Cortadora: Esta compuesta por una máquina de corte, luego de que la masa sale de la extrusora corta el material en unidades y dimensiones adecuadas (30cm x 20cm x 10cm) con un total de 54 ladrillos/minuto.

Secado: Existen dos tipos de secados natural y artificial. En el secado natural se expone el ladrillo húmedo en los patios de secado y se deja reposar durante 2 o 3 días según las condiciones atmosféricas. El secado artificial se basa en introducir los ladrillos en cámaras de secado en donde se les inyecta aire caliente por medio de un extractor y es controlador por un termómetro a una temperatura de 70°C durante 24 horas.

Cocción: En el área de cocción se pretende convertir el ladrillo que salen del secado en un producto permanente que posea la resistencia requerida, durabilidad y una mejor apariencia, este proceso consiste en introducir el

producto en hornos de cocción tipo colmena o túnel en donde son quemados a una temperatura de 900°C a 1000°C por 24 horas.

Enfriamiento con Ventilador Industrial: Este proceso consta en apagar los hornos de cocción y tapar todas las salidas de aire dentro de él, luego se procede encender ventiladores industriales que inyectan una temperatura de 550°C a 600°C por 24 horas. Este proceso se realiza con el fin de reducir el calor paulatinamente.

Almacenamiento: Consiste en la ubicación del producto terminado en zonas de almacenamiento de la planta para su posterior entrega a los clientes.

Despacho de Volquetas: En esta área se encarga de recibir los requerimientos de los clientes y su ubicación, para posteriormente cargar las volquetas y hacer entrega de los pedidos.

ACLARACIÓN: Para fines de la investigación se limita el alcance del trabajo desde el área de almacenamiento de la materia prima hasta el área de corte en el proceso de producción del ladrillo.

Ilustración 7. Diagrama de Flujo del Proceso. Ladrillera Norte del Valle



Fuente: Elaboración propia.

Balance de Materia: Para el balance de materia se tiene en cuenta la cantidad de materia prima que ingresa al sistema, la humedad con la que entra y la que se le adiciona durante el proceso, la cantidad de producto defectuoso que resulta luego de su transformación. El balance de materia se encuentra dividido en 4 fases: molienda, amasado, extrusión y corte.

Molienda: Para conocer la cantidad de materia prima que ingresa al proceso, se toman datos de la cantidad de volquetas que entran y depositan arcilla en la planta. Se registraron datos durante 3 semanas, además, de corroborar con los históricos que provienen del jefe de producción.

Tabla 1. Cantidad de Arcilla que ingresa por semana.

Cantidad de Volquetadas (7m ³)			
Lunes	48	42	45
Martes	40	9	25
Miércoles	6	26	16
Jueves	31	26	28
Viernes	31	17	24
Sábado	20	24	22
			160

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Densidad de la arcilla

Densidad de la Arcilla	1420 Kg/m ³
------------------------	------------------------

Fuente: Portal de Suelos de la FAO.

Tabla 3. Cantidad de arcilla semanal y diaria

227200 Kg	Semanal
41309 Kg	Diaria

Fuente: Elaboración propia.

Según la Tabla 1, el promedio semanal de arcilla que ingresa al sistema es de 160m³, para conocer su valor en kilogramos se utiliza la densidad de la arcilla

que es 1420 Kg/m³ y se encuentra en la Tabla 2, dando como resultado 227,200 Kg de materia prima semanal. Para posteriores cálculos se toma el valor diario de materia prima correspondiente a 41,309 Kg.

Para hacer el cálculo del porcentaje de humedad, se lleva a cabo un experimento donde se recogen muestras superiores a 100 gramos de arcilla en 3 partes diferentes del proceso (patios de almacenamiento, mezcla y amasado), posterior a esto se depositan en un horno donde se calienta a una temperatura de 80°C durante 24 horas. Se procede a revisar nuevamente su peso y la diferencia es la cantidad de agua que se encuentra dentro de la arcilla.

Tabla 4. Humedad de la arcilla en patios de almacenamiento

Tierra Caliche (100g)		% Humedad
1	85	15%
2	85	15%
Arena Peña (100g)		% Humedad
1	92	8%
2	88	12%
Arena Negra (100g)		% Humedad
1	91	9%
2	94	6%
PROMEDIO		10,83%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Humedad antes de ingresar al sistema productivo

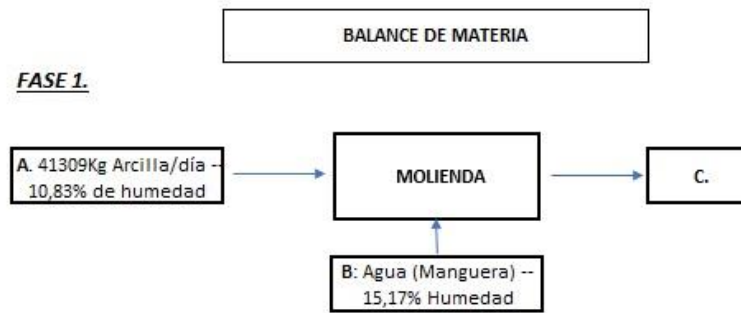
Arcilla (Mezcla 100g)		% Humedad
1	84	16%
2	85	15%
3	86	14%
4	85	15%
5	84	16%
6	85	15%
Promedio		15,17%

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4 se aprecia el registro de la prueba de humedad realizada en el laboratorio a los 3 tipos de arena que llegan a los patios de almacenamiento con un promedio de humedad de 10,83% al mezclarse en la primera fase del proceso.

En la Tabla 5 se evidencia el registro de la prueba de humedad antes de que la materia prima ingrese al proceso, en donde existe un operario que le adiciona agua a la mezcla por medio de una manguera. Esta adición corresponde a un promedio total de 15,17%.

Ilustración 8. Balance de materia - Fase 1



$$A + B = C$$

Para calcular B:

Aumento de Humedad: 15,17%-10,83%: 4,34% de Adicción de Agua.

$$B = 41,309 \times 0,0434 = 1,792.8106 \text{ Kg.Agua.}$$

Para calcular C:

$$C = 41,309 \text{ Kg.Arcilla.Agua/Día} + 1,792.8106 \text{ Kg.Agua} = 43,101.8106 \text{ Kg.Arcilla.Agua/Día}$$

Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 8 se presenta la primera fase del balance de materia, donde se tiene como entrada la materia prima correspondiente a 41,309 kg/día con un porcentaje de humedad del 10,83%, además en el proceso entra un 4,34% de adicción de agua por medio de la manguera en el mezclado de las arcillas dando un total de 15,17%, siendo equivalente a 1,792.8106 Kg.Agua antes de ingresar al sistema productivo. Obteniendo un valor de salida de 43,101.8106 Kg.Arcilla.Agua/día.

Amasado: En la fase del amasado se toma como valor de entrada, la salida C de la molienda que corresponde a 43,101.8106 Kg.Arcilla.Agua/Día con el 15,17% de humedad. En la máquina de mezclado de manera constante se le esta adicionando agua a la mezcla aumentando su valor cuando sale de ese proceso (ver Tabla 6).

Tabla 6. Humedad en la mezcladora

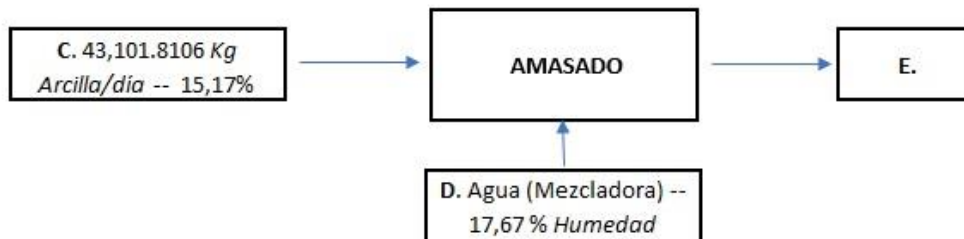
	Arcilla (Amasado 100g)	% Humedad
1	83	17%
2	82	18%
3	82	18%
	Promedio	17,67%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se ve reflejado el aumento de humedad al final del proceso de amasado con un valor de 17,67%.

Ilustración 9. Balance de materia - Fase 2

FASE 2.



$$C + D = E$$

Para calcular D:

Aumento de Humedad: 17,67% Humedad - 15,17% Humedad = 2,5% Humedad

$$D = 43,101.8106 \text{ Kg.Arcilla.Agua/Día} * 0,025 \text{ Humedad} = 1,077.55 \text{ Kg.Agua}$$

Para calcular E:

$$C = 43,101.8106 \text{ Kg.Arcilla.Agua/Día} + 1,077.55 \text{ Kg.Agua} = 44,179.3606 \text{ Kg.Arcilla.Agua/Día}$$

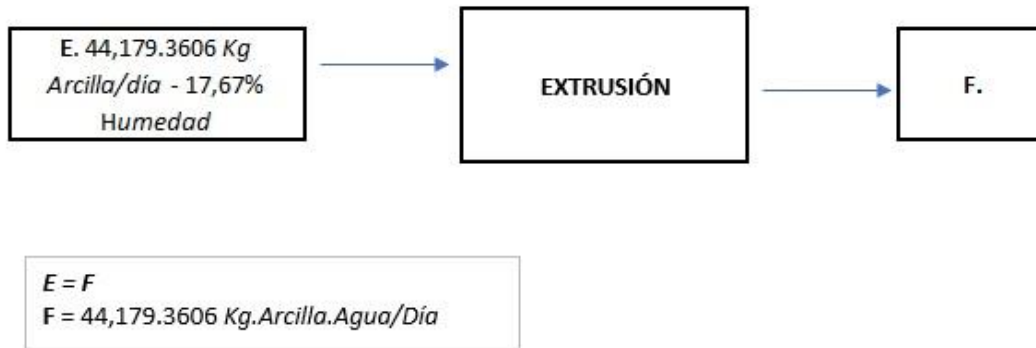
Fuente: Elaboración propia.

En la Ilustración 9 se expone la segunda fase del balance de materia, donde se le agrega un porcentaje de humedad de 2,5% que equivale a 1,077.55 Kg.Agua y como resultado al final de este proceso se obtiene 44,179.3606 Kg.Arcilla.Agua/Día.

Extrusión: es la fase 3 del balance de materia, se tiene en cuenta la salida anterior como entrada en esta fase que es 44,179.3606 Kg.Arcilla.Agua/Día.

Ilustración 10. Balance de materia - Fase 3

FASE 3.



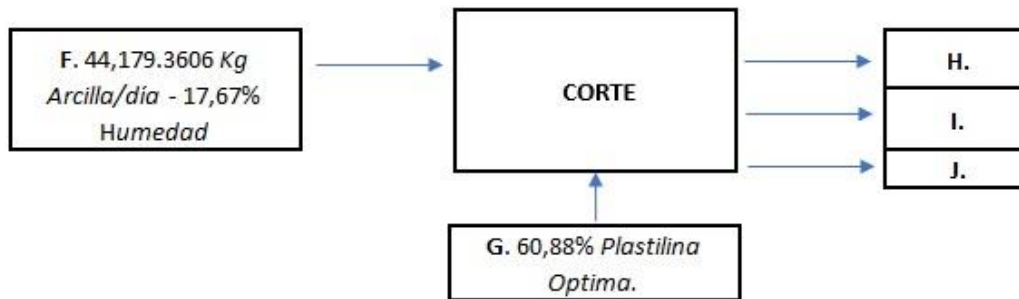
Fuente: Elaboración propia.

En esta fase no se le agrega agua ni materia prima al proceso, por ende, la entrada tiene el mismo valor que en la salida ya que solo ocurre un proceso de compresión del material.

Corte: En esta fase del balance de materia se tiene en cuenta la salida del proceso anterior. Esta fase cuenta con 3 tipos de salidas luego de realizarse el corte, la primera de ella es la plastilina optima que representa a el ladrillo en buenas condiciones y que continua dentro del proceso productivo; la segunda representa la cantidad de materia defectuosa que no sigue en el sistema y que tiene que ser reprocesada, y la tercera hace referencia a la tolerancia que existe en la máquina de corte.

Ilustración 11. Balance de materia - Fase 4

FASE 4.



CANTIDAD DE DEFECTUOSOS:

SI:

- 6 Ladrillos Defectuosos *Minuto
- 60 Minutos
- 8 Horas de Trabajo
- 6Kilogramos * Ladrillo
- = $6 * 60 * 480 * 6 = 17,282.96587 \text{ Kg.Arcilla.Agua/Día}$

TOLERANCIA DE CORTE:

- $\Delta = 1,821 \text{ Kg.Arcilla.Agua/Minuto}$
- $\Delta = 1,821 * 60 * 480 = 874,08 \text{ Kg.Arcilla.Agua/Día}$

$H = G$

$I = F - H$

Para calcular G:

$G = 44,179.3606 \text{ Kg.Arcilla.Agua/Día} * 0,6088 \text{ Plastilina Optima} = 26,896.39473 \text{ Kg.Agua/Día (Kg.Plastilina Optima)}$

Para calcular H:

$H = 26,896.39473 \text{ Kg.Plastilina Optima.}$

Para calcular I:

$I = 44,179.3606 \text{ Kg.Arcilla.Agua/Día} - 26,896.39473 \text{ Kg.Agua/Día (Kg.Plastilina Optima)} = 17,282.96587 \text{ Kg.Agua.Arcilla/Día (Kg.Plastilina No Optima).}$

$I = 17,282.96587 \text{ Kg.Agua.Arcilla/Día (Kg.Plastilina No Optima).}$

Para calcular J:

$J = 874,08 \text{ Kg.Agua.Arcilla/Día}$

Eficiencia del Proceso = $(44,179.3606 \text{ Kg.Arcilla.Agua/Día} - (17,282.96587 \text{ Kg.Arcilla.Agua/Día} + 874,08 \text{ Kg.Agua.Arcilla/Día}) / 44,179.3606 \text{ Kg.Arcilla.Agua/Día}) * 100 = 58,9 \%$

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente sobre la entrada, se calcula un porcentaje que corresponde a la cantidad de plastilina óptima equivalente a 60,88%, teniendo como resultado un total de 26,896.39473 Kg.Agua.Arcilla/Día. En la siguiente salida se expone la cantidad de materia correspondiente a los ladrillos que no cumplen con las características de calidad, según la Tabla 7 la cantidad de promedio de ladrillos defectuosos es de 6 por minuto; en términos de materia de prima está representada por 17,282.96587 Kg.Agua.Arcilla/Día. Posteriormente se cuantifica la cantidad de materia correspondiente a la tolerancia de corte evidenciada en la máquina, este valor es de 874,08 Kg.Agua.Arcilla/Día. Por último, se expone la eficiencia del proceso productivo que está representada con un 58,9%.

Tabla 7. Cantidad de ladrillos Defectuosos/Minuto

CORRIDAS	CANTIDAD DEFECTUOSOS/MINUTO
1	5
2	4
3	7
4	6
5	4
6	8
7	7
8	4
9	7
10	8
PROMEDIO	6

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Cantidad de ladrillos Optimos/Minuto

CORRIDAS	CANTIDAD DE LADRILLOS OPTIMOS/MINUTO
1	47
2	48
3	48
4	48
5	49
6	48
7	48
8	49
9	48
10	48
PROMEDIO	48

Fuente: Elaboración propia.

Para conocer el valor o costo de fabricación en el proceso productivo del ladrillo se calcula el consumo de energía de las máquinas, agua, costo de materia prima, mano de obra y cantidad de ladrillos buenos y defectuosos, teniendo en cuenta que la empresa trabaja 22 días al mes.

Tabla 9. Consumo de energia de las Máquinas/Mensual

MAQUINA	CONSUMO	CONVERSION (Kw)	TARIFA	TOTAL
Bomba de agua weg "110/220 V"	2 HP	1,4914	475,52	\$ 124.818
Banda elevadora de Materiañ "8/18" x3	6 HP	4,4742	475,52	\$ 374.453
Extrusora al vacio MVB - 14-350	200 HP	149,14	475,52	\$ 12.481.753
Desterronadora para ladrillo de 6 huecos (Model DB)	30 CV	22,371	475,52	\$ 1.872.263
Laminadora Refinador - Modelo LB	25 CV	18,6425	475,52	\$ 1.560.219
Mezcladora Horizontal para ladrillo de 6 huecos	60 HP	44,742	475,52	\$ 3.744.526
Cortadora Automatica Modela CAB - 1	1/3 + 1 HP	0,7477	475,52	\$ 62.576
SUMA				\$ 20.220.608

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Consumo de energía de las Máquinas/Día

CONSUMO DE ENERGIA MAQUINAS/22 DÍAS DE TRABAJO	
\$	919.119

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Consumo de energía Máquina/Ladrillo

CONSUMO DE ENERGIA MAQUINA/LADRILLO	
\$	0,02820

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas anteriores se muestra el consumo de energía por día de \$919,119COP y por ladrillo \$0.02820COP para posteriores cálculos.

Tabla 12. Costo de consumo de agua

COSTO DE CONSUMO DE AGUA	
MENSUAL	\$ 60.000
DIARIO	\$ 2.727
CONSUMO DE AGUA/LADRILLO	\$ 10

Fuente: Elaboración propia.

La empresa cuenta con un aljibe el cual utilizan para el suministro de agua en el sistema productivo, esta es extraída por medio de una bomba la cual se tuvo en cuenta en el cálculo del consumo energético, además de pagar el valor correspondiente a la entidad prestadora del servicio de la región por un valor de \$60,000 COP/Mensuales y con un consumo de agua por ladrillo de \$10 COP.

Tabla 13. Costo de materia prima

COSTO DE MATERIA PRIMA	
METRO CUBICO DE ARCILLA	\$ 25.000
PROMEDIO SEMANAL ARCILLA (m3)	\$ 3.993.333
PROMEDIO DIARIO DE ARCILLA	\$ 726.061
COSTO DE ARCILLA/LADRILLO	\$ 0,03570

Fuente: Elaboración propia.

En los siguientes cálculos se ve reflejado el valor por metro cúbico que es pagado a la empresa proveedora de arcilla. El promedio utilizado semanal y diarios por la ladrillera y el costo de arcilla por cada ladrillo \$0.03570 COP.

Tabla 14. Costo de mano de obra

COSTO DE MANO DE OBRA	
MENSUAL	\$ 877.803
DIARIO	\$ 29.260
HORA	\$ 3.658
PRECIO DE MANO DE OBRA/LADRILLO	\$ 67,7

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 14 se puede apreciar el salario correspondiente al personal de producción de ladrillo en la empresa, encontrando un valor de \$67,6 COP/Ladrillo.

Tabla 15. Cantidad de Ladrillo/Minuto y Hora

CANTIDAD LADRILLOS/MINUTO		
BUENOS	48	
DEFECTUOSOS	6	CANTIDAD DE LADRILLOS/HORA
TOTAL	54	3240

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Precio de costo del ladrillo

PRECIO DE COSTO DEL LADRILLO	
CONSUMO DE ENERGIA MAQUINA/LADRILLO	\$ 0,02820
CONSUMO DE AGUA/LADRILLO	\$ 10
COSTO DE ARCILLA/LADRILLO	\$ 0,03570
PRECIO DE MANO DE OBRA/LADRILLO	\$ 67,7
TOTAL	\$ 77

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Cantidad de Ladrillo/Día

CANTIDAD DE LADRILLOS/DÍA		PRECIO DE COSTO	COSTO POR DÍA
BUENOS	23040	\$ 77	\$ 1.780.983
DEFECTUOSOS	2880	\$ 77	\$ 222.623
		MENSUAL	\$ 4.897.704

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas anteriores se presenta la cantidad de producción por minuto, hora y por día, también se calcula el precio de costo del ladrillo tanto de buenos como

defectuosos, teniendo en cuenta los costos realizados con anterioridad ver Tabla 16. Posteriormente se cuantifica el costo de producción total y diario, tanto para buenos como para defectuosos, siendo \$1'780,983 COP y \$222,623 COP. Por otra parte, se encuentra el valor de pérdidas totales mensuales con un valor de \$4'897,704 COP.

2.2 Objetivo Específico 2

Identificar los cuellos de botella en el sistema productivo de la ladrillera del norte del Valle mediante el análisis modal de fallos y efectos para tener presente en la gestión del riesgo en la propuesta.

Tabla 18. Diagrama AMFE

1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
Descripción de la fase	Operación o función	Modo/s potencial/es de fallo	Efecto/s potencial/es del fallo	Gravedad	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación (y/o control(es) actual(es))	Detección	NPR
Desterronadora	Disminuir grumos que se encuentran en la arcilla	Desgaste en las hélices	Desterronación inadecuada	7	Mantenimiento	7	Ninguno	7	343
		Desestabilización de la máquina	Desterronación inadecuada	8	Mantenimiento	3	Ninguno	5	120
Laminadora	Comprimir y pulverizar la arcilla	Desgaste de rodillos	Laminación inadecuada	10	Mantenimiento	5	Ninguno	10	500
		Quema de fusibles	Paros de la producción	10	Mantenimiento	8	Ninguno	10	800
		Potencia y capacidad deficiente	Laminación inadecuada	10	Mantenimiento	10	Ninguno	8	800
Mezcladora	Amasado homogéneo y adición de agua	Sobre-humectación de la arcilla	Reproceso del material	10	Humectación en fase previa de entrar al sistema productivo	10	Ninguno	10	1000
Extrusora	Eliminación de aire en la mezcla y compactación	Bomba de vacío descalibrada	Compactación inadecuada del material	10	Mantenimiento	10	Ninguno	10	1000
			Reproceso del material	10	Mantenimiento	10	Ninguno	10	1000
Cortadora	Seccionar la masa en unidades y dimensiones adecuada	Desgaste en el filo de los alambres	Reproceso del material	9	Mantenimiento	10	Ninguno	10	900

Fuente: Elaboración propia.

Para su mayor comprensión ver anexo 1 ([Diagrama AMFE](#)).

Para la identificación de los cuellos de botella que se encuentran en el proceso de producción se utiliza la matriz de modos y fallos (AMFE) la cual permite reconocer cada una de las problemáticas, sus causas y efectos, con criterios de evaluación de gravedad, ocurrencia y no detección, además, de su respectiva ponderación.

En la fase de desterronación que es la que se encarga de disminuir los grumos que se encuentran en la arcilla existen dos fallos potenciales: El primero es el desgaste de las hélices y el segundo la desestabilización de la máquina las cuales producen un efecto de desterronación inadecuada, por ende, se les define un valor de Numero de Prioridad de Riesgo de 343 y 120, esta decisión se toma después de la realización de las visitas a la planta.

En la fase de laminación responsable de comprimir y pulverizar la arcilla se identifican 3 modos potenciales de fallo: Desgaste de rodillos, quema de fusibles y potencia y capacidad deficiente, produciendo paros en la producción y laminación inadecuada, luego de la realización de las visitas a la planta se evaluaron con el Numero de Prioridad de Riesgo de: 500, 800 y 800 respectivamente.

En la fase de mezclado que tiene como función amasar de manera homogénea y adición de agua a la arcilla presenta un modo potencial de fallo de sobre-humectación de la mezcla presentando características inapropiadas que generan reproceso del material, luego de su valoración de Numero de Prioridad de Riesgo se define un valor de 1000.

En la etapa de la extrusión que es la encargada de eliminar el aire en la mezcla y la compactación presenta como modo potencial de fallo en la bomba de vacío que tiene un efecto de compactación inadecuada y reproceso de material, teniendo como Numero de Prioridad de Riesgo: 1000 y 1000 para cada uno de estos.

En el proceso de corte que tiene como función seccionar la masa en unidades y dimensiones adecuadas se identifica como modo potencial de fallo el desgaste del filo de los alambres en la máquina, se define un valor de Numero de Prioridad de Riesgo de 900.

Dichos fallos tienen como causante potencial la falta de mantenimiento en los equipos que conforman el proceso, exceptuando la etapa de mezclado en donde se genera una sobre-humectación de la mezcla ya que se le adiciona agua en una fase previa antes de ingresar al proceso.

2.3 Objetivo Específico 3

Documentar una propuesta de mejora para el sistema productivo a través de los elementos del diagnóstico y la identificación de cuellos de botella en la ladrillera del norte del Valle.

Para darle cumplimiento al objetivo N° 3, se sugiere la siguiente pregunta ¿Dónde se va a proponer una mejora? Para dar respuesta a la pregunta anterior, se tiene en cuenta la metodología de análisis empresarial 5W1H que ayuda a definir las acciones correctivas que debe tener el proceso.

Con la ayuda del diagrama AMFE se definen las situaciones a mejorar las cuales son: Humedad, laminadora, bomba de vacío y mantenimiento preventivo. Para su mayor comprensión revisar anexo ([Diagrama 5W1H](#)).

Tabla 19. 5W1H - Humedad

HUMEDAD						
QUÉ	CÓMO	QUIÉN	CUÁNDO		POR QUÉ	DÓNDE
			INICIO	FIN		
Se propone omitir la primera fase de humectación, en donde existe un operario encargado de agregar agua a la mezcla con una manguera	Implementar una tecnica en donde se instale un amperimetro al motor con el fin de llevar un control de la humedad (donde especifica si la mezcla necesita o no, agua)	Jefe de Producción.	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA	En la empresa caso de estudio, se tiene un proceso de adición de agua a la arcilla antes de ingresar a la tolva, sin ningun fundamento teorico, creyendo que esto facilitara el proceso de mezclado, generando una sobre humectacion en la arcilla. Se propone eliminar la fase inicial, ya que hay una área especifica en donde se humedece la arcilla (Amasado).	Ladrillera del Norte del Valle, Fase de Amasado

Fuente: Elaboración propia.

Según la tesis de Mendoza, Jairo (2006) "propuesta para implementar estrategias de producción más limpia en la ladrillera Cúcuta", se llevó a cabo un experimento de la cantidad de humedad óptima que debe de llevar la arcilla antes de la extrusión, en el cual arroja un promedio de 11,94% de humedad.

Tabla 20. Porcentaje de humedad entrada extrusora

MAQUINA MEZCLADORA	PESO HUMEDO Po	PESO SECO Pf	% Humedad (Po - Pf)/Po * 100
1	0,335	0,294	12,24
2	0,45	0,395	12,22
3	0,32	0,283	11,56
4	0,425	0,375	11,76
5	0,42	0,37	11,90
		PROMEDIO	11,94

Fuente: Mendoza, Jairo (2006).

Según Del Carpio, Maira (2016) en su tesis "propuesta de mejora en el área de producción para incrementar las ventas de ladrillos de la ladrillera Continental en la ciudad de Arequipa" realiza un experimento del porcentaje de humedad que debe de llevar el ladrillo para que sea resistente a la compresión y al corte; y afirma que el nivel de humedad del ladrillo no debe de ser mayor al 15%.

Tabla 21. Ensayo de porosidad

MUESTRA	PESO SECO GR	PESO MOJADO GR	ABSORCIÓN %
1	198	223,72	12,99%
2	192	219,3	14,22%

Fuente: Del Carpio, Maira (2016).

Teniendo en cuenta las tesis anteriores se fundamenta la propuesta de omitir la primera fase de humectación en la ladrillera del norte del Valle: se sabe que la

arcilla llega con humedad de 10,83%, en la segunda fase una persona encargada adiciona agua en un 4,34%, y en la fase de amasado se le adiciona 2,5%, dando un total de 17,67% de humedad; eliminando la fase dos, se tendría un sistema con una humedad de 13,33% de humedad obteniendo un valor que se encuentra entre los estándares que presentan los autores anteriores, además, se propone implementar la instalación de un amperímetro en el motor de la maquina mezcladora el cual interpreta la fuerza con la que está trabajando, proporcionando una medida de estabilidad para llevar un control de la humectación de la materia.

Cabe resaltar que se realiza una visita a una ladrillera con mayor estandarización de los procesos y con una capacidad productiva similar, se identifica que en la máquina mezcladora cuenta con las mismas características de la empresa caso de estudio; y que es la única encargada de la fase de humectación, para llevar un control de esta utilizan un amperímetro con una medida estándar de 100 A a 120 A. Teniendo en cuenta lo anterior se propone implementar este dispositivo en el sistema productivo de la ladrillera del norte del Valle.

Tabla 22. 5W1H - Laminadora

LAMINADORA					
QUÉ	CÓMO	QUIÉN	CUÁNDO		POR QUÉ
			INICIO	FIN	
Se propone aumentar la eficiencia en el proceso de Laminación	Aumentando la potencia en la laminadora actual	Jefe de Producción.	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA	El proceso de laminación actual no se encuentra en las condiciones suficientes para aplastar objetos más duros, lo que hace que se dañen los fusibles o se desgasten los rodillos.
	sustituyendo la laminadora actual, por una con mayor tecnología.	Gerencia.	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA	

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta la tesis de Estévez, Ibeth & Lancheros, Cristian titulada "mejoramiento de proceso productivo y de almacenamiento en la empresa ladrillera Curití LTDA" (2016), se presenta una situación similar, donde el área de laminado no tiene la capacidad para responder a la cantidad de materia prima que le entra al proceso, por ende, proponen la adquisición o la compra de una nueva laminadora con mayor capacidad respondiendo a la demanda presentada, en la empresa ladrillera del norte del Valle se encuentra una situación similar, donde la laminadora de referencia LB - 500 Bonfanti, presenta una capacidad de 7 a 15 Tn/días y el sistema productivo utiliza diariamente un total de 41 Tn/día, sobre esforzando la máquina y haciendo de su rendimiento deficiente. Se propone incurrir en la compra del modelo LB - 800 de la misma marca, la cual cuenta con una capacidad de 38 a 45 Tn/día respondiendo favorablemente a la cantidad de arcilla diaria que le entra a la empresa caso de estudio. En la visita realizada se encuentra que en su proceso productivo se emplea el funcionamiento de dicho modelo, con un alto de grado eficiencia.

Tabla 23. 5W1H - Bomba de vacío

BOMBA DE VACÍO					
QUÉ	CÓMO	QUIÉN	CUÁNDO		POR QUÉ
			INICIO	FIN	
Se propone que la Bomba de Vacío trabaje en las condiciones recomendadas (22 a 25 Kg/cm ²)	Mantenimiento con frecuencia mínima de una vez al año.	Jefe de Mantenimiento.	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA	Actualmente la extrusora esta trabajando con una Bomba que no se calibra lo que genera improductividad.
					Ladrillera del Norte del Valle, extrusión.

Fuente: Elaboración propia.

En la tesis titulada "estudio de métodos en la línea de producción de ladrillos para incrementar la productividad en la empresa ladrillera Cuadros SAC" por Santom, Augusto (2016), justifica que la resistencia a la compresión del ladrillo debe de ser de 25 kg/cm² según un estudio realizado. En la visita que realizada se evidencia que la maquina extrusora trabaja a 22 Kg/cm² el cual se encuentra dentro del estándar recomendado. Teniendo en cuenta la tesis anterior y la visita mencionada, se propone que la bomba de vacío de la empresa caso de estudio, opere dentro de los limites recomendados (22 a 25 kg/cm²).

Tabla 24. 5W1H - Mantenimiento preventivo

MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
QUÉ	CÓMO	QUIÉN	CUÁNDO		POR QUÉ
			INICIO	FIN	
Proponer la implementación de un programa de mantenimiento preventivo de las máquinas.	Fortaleciendo la competencia de la persona encargada para que tenga la capacidad de documentar, implementar y administrar el programa de mantenimiento	Jefe de Mantenimiento.	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA	No hay un programa de mantenimiento preventivo en ninguna area del sistema productivo, lo que genera paro constante por daño de maquinas y falta de repuestos.
					Ladrillera del Norte del Valle, sistema Productivo.

Fuente: Elaboración propia.

La ladrillera caso de estudio actualmente no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo y correctivo, lo que a ocasionado a lo largo de su existencia, que el sistema productivo tenga que detener labores para encontrar y solucionar problemas respecto a las maquinas, de lo investigado en la literatura en este tipo de industria se ha caracterizado por presentar problemas por falta de mantenimiento. En la tesis de Del Carpio, Maira (2016) "propuesta de mejora en el área de producción para incrementar las ventas de ladrillos de la ladrillera Continental Arequipa Perú" justifica que, a pesar de tener un jefe y un operario encargado del mantenimiento, la empresa no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo de las maquinas, lo cual presenta problemas y provoca paros de producción, pérdida de tiempos y aumento de costos. La autora propone crear un programa de mantenimiento preventivo.

Para empezar a implementar un programa de mantenimiento preventivo se hace necesario la creación de la hoja de vida de cada uno de las maquinas que integran el sistema productivo de la empresa, posteriormente se procede a determinar fechas de mantenimiento y su respectivo cumplimiento. Para dicha

tarea se hace necesario un cronograma en que se estipule el tipo de equipo, ubicación, cantidad, el tipo de mantenimiento, frecuencia y responsable. (Anexo 3, [cronograma de mantenimiento preventivo](#)).

Según lo presentado en el diagrama 5W1H, donde se proponen mejoras significativas en el sistema que pueden incrementar la eficiencia en el proceso de producción, se plantea una meta que puede mejorar considerablemente la cantidad de ladrillo óptimo y disminuyendo la cantidad de desperdicios, dando respuesta a la formulación del problema.

Tabla 25. Meta

EFICIENCIA	BUENOS - UD	DEFECTUOSOS - UD	COSTO BUENOS - COP	COSTO DEFECTUOSOS - COP	DEF/DIARIO - UD	DEF/MINUTO - UD	DEF/KG	DELTA - KG	ARCILLA TOTAL/DIARIA - KG	RECUPERACIÓN - UD
59%	23040	2880	\$ 1.780.983	\$ 222.623	360	6	17280	874,08	44179,3606	0
66%	23540	2380	\$ 1.819.633	\$ 183.973	297,5	5	14280	874,08	44179,3606	500
72%	24040	1880	\$ 1.858.283	\$ 145.323	235	4	11280	874,08	44179,3606	1000
79%	24540	1380	\$ 1.896.933	\$ 106.673	172,5	3	8280	874,08	44179,3606	1500
86%	25040	880	\$ 1.935.582	\$ 68.024	110	2	5280	874,08	44179,3606	2000
RECUPERACIÓN				69,44%						

Fuente: Elaboración propia.

Para la elaboración de esta meta se proponen 5 diferentes escenarios en donde se tiene en cuenta la cantidad y el costo de ladrillo buenos y defectuosos, deficiencia diaria por minuto y en kilogramo, la tolerancia manejada en el corte, la cantidad de arcilla que ingresa al sistema diariamente y la recuperación de ladrillos defectuosos.

Se proyecta que, al realizar dichas mejoras propuestas en el sistema, en el mejor de los casos, la eficiencia aumenta a un valor de 86% teniendo un total de 25,040 UD de ladrillos óptimos, 880 UD de defectuosos, con un costo de \$1'935,582 COP y \$68,024 COP respectivamente, además, teniendo un ahorro de 69,44% en el costo de los ladrillos defectuosos, presentado un déficit diario de 110 ladrillos y de 2 por minuto y con una recuperación de 2000 ladrillos.

3. Conclusiones

- La conclusión general de esta investigación respecto al objetivo general: al proponer cambios significativos en el sistema productivo de la ladrillera del norte del Valle, se podrá obtener resultados importantes para la productividad como la reducción de productos defectuosos presentados por la ineficiencia de los métodos utilizados y procesos aplicados en la compañía.
- Al utilizar el diagrama de flujo, balance de materia; y cálculo de costo de producción, se logra identificar cada una de las fases en el sistema productivo, determinando las entradas y salidas, además, de especificar las ganancias y las pérdidas de la empresa caso de estudio.
- Al emplear un análisis modal de fallos y efectos se logra identificar cuellos de botella presentes en cada una de las fases del proceso productivo, al darle ponderación cuantitativa a los aspectos de gravedad, ocurrencia y no detección, se obtiene su respectiva gestión del riesgo.
- Al aplicar la metodología de análisis empresarial 5W1H se logra documentar las situaciones de mejora las cuales son humedad, laminadora, bomba de vacío y mantenimiento preventivo, proponiendo acciones correctivas que debe emplear la empresa caso de estudio, además, de la elaboración de una meta evaluando diferentes escenarios en donde se proyecta el aumento de la eficiencia en el sistema.

4. Recomendaciones

- Se recomienda planificar una administración estratégica basada en la mejora continua en donde se involucren a los operarios, administradores y demás personal de la planta, para que trabajen en beneficio de esta.
- Se recomienda que la empresa invierta en la capacitación del personal encargado del mantenimiento, con el fin de que alcance las competencias necesarias para que tenga la capacidad de documentar, implementar y administrar el programa de mantenimiento.
- Se recomienda que la gerencia tenga una mayor apreciación a nivel operativo para que sean aceptados cambios significativos y que no tengan resistencia al mejoramiento, ya que pueden incrementar la productividad del sistema.

5. Anexos

5.1 Anexo 1 – Diagrama AMFE

Tabla 26. Diagrama AMFE

1°	2°	3°	4°	Gravedad 5°	6°	Ocurrencia 7°	8°	Detección 9°	NPR 10°
Descripción de la fase	Operación o función	Modo/s potencial/es de fallo	Efecto/s potencial/es del fallo		Causa(s) potencial(es) del fallo(s)		Verificación(es) y/o control(es) actual(es)		
Desterronadora	Disminuir grumos que se encuentran en la arcilla	Desgaste en las hélices	Desterronación inadecuada	7	Mantenimiento	7	Ninguno	7	343
		Desestabilización de la máquina	Desterronación inadecuada	8	Mantenimiento	3	Ninguno	5	120
Laminadora	Comprimir y pulverizar la arcilla	Desgaste de rodillos	Laminación inadecuada	10	Mantenimiento	5	Ninguno	10	500
		Quema de fusibles	Paros de la producción	10	Mantenimiento	8	Ninguno	10	800
		Potencia y capacidad deficiente	Laminación inadecuada	10	Mantenimiento	10	Ninguno	8	800
Mezcladora	Amasado homogéneo y adición de agua	Sobre-humectación de la arcilla	Reproceso del material	10	Humectación en fase previa de entrar al sistema productivo	10	Ninguno	10	1000
Extrusora	Eliminación de aire en la mezcla y compactación	Bomba de vacío descalibrada	Compactación inadecuada del material	10	Mantenimiento	10	Ninguno	10	1000
			Reproceso del material	10	Mantenimiento	10	Ninguno	10	1000
Cortadora	Seccionar la masa en unidades y dimensiones adecuada	Desgaste en el filo de los alambres	Reproceso del material	9	Mantenimiento	10	Ninguno	10	900

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Anexo 2 – Diagrama 5W1H

Tabla 27. Diagrama 5W1H

HUMEDAD						
QUÉ	CÓMO	QUIÉN	CUÁNDO		POR QUÉ	DÓNDE
			INICIO	FIN		
Se propone omitir la primera fase de humectación, en donde existe un operario encargado de agregar agua a la mezcla con una manguera	Implementar una tecnica en donde se instale un amperimetro al motor con el fin de llevar un control de la humedad (donde especifica si la mezcla necesita o no , agua)	Jefe de Producción.	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA	En la empresa caso de estudio, se tiene un proceso de adición de agua a la arcilla antes de ingresar a la tolva, sin ningun fundamento teorico, creyendo que esto facilitara el proceso de mezclado, generando una sobre humectacion en la arcilla. Se propone eliminar la fase inicial, ya que hay una área específica en donde se humedece la arcilla (Amasado).	Ladrillera del Norte del Valle, Fase de Amasado
LAMINADORA						
QUÉ	CÓMO	QUIÉN	CUÁNDO		POR QUÉ	DÓNDE
			INICIO	FIN		
Se propone aumentar la eficiencia en el proceso de Laminación	Aumentando la potencia en la laminadora actual	Jefe de Producción.	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA	El proceso de laminación actual no se encuentra en las condiciones suficientes para aplastar objetos más duros, lo que hace que se dañen los fusibles o se desgasten los rodillos.	Ladrillera del Norte del Valle,Molienda
	sustituyendo la laminadora actual, por una con mayor tecnología.	Gerencia.	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA		Ladrillera del Norte del Valle,Molienda
BOMBA DE VACÍO						
QUÉ	CÓMO	QUIÉN	CUÁNDO		POR QUÉ	DÓNDE
			INICIO	FIN		
Se propone que la Bomba de Vacío trabaje en las condiciones recomendadas (22 a 25 Kg/cm^2)	Mantemiento con frecuencia minima de una vez al año.	Jefe de Mantenimiento.	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA	Actualmente la extrusora esta trabajando con una Bomba que no se calibra lo que genera improductividad.	Ladrillera del norte del Valle, Extrusión.
MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
QUÉ	CÓMO	QUIÉN	CUÁNDO		POR QUÉ	DÓNDE
			INICIO	FIN		
Proponer la implementación de un programa de mantenimiento preventivo de las máquinas.	Fortalenciendo la competencia de la persona encargada para que tenga la capacidad de documentar, implementar y administrar el programa de mantenimiento	Jefe de Mantenimiento.	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA	SUJETO A DECISION DE LA EMPRESA	No hay un programa de mantenimiento preventivo en ninguna area del sistema productivo, lo que genera paro constante por daño de maquinas y falta de repuestos.	Ladrillera del norte del valle, Sistema Productivo.

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

6. Bibliografía

- Donelly, James H; Gibson, James L. e Ivancevich, John M. (1995). *Dirección y Administración de Empresas* (6 ed.). (M. G. Frías, Trad.) Madrid, México: Editorial Addison Wesley Iberoamericana.
- HARRINGTON, H. James. (1998). *Mejoramiento de Procesos de la Empresa*. Santa Fe de Bogotá: Editorial Mc Graw Hill.
- Bestratén, M., Orriols, R., & Mata, C. (2004). *NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos*. AMFE. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España.
- Carlos S Adriani. (2003). *El nuevo sistema de la gestión para las PYME's: un reto para las empresas latinoamericanas*. Bogotá: Prólogo del Dr. Yoshio Kondo.
- Mg. Deiana, A., Dra. Granados, D., & Mg. Sardella, M. (2018). Balance de Masa. *Universidad Nacional San Juan*.
- Ricardo A Rojas. (2007). *Sistemas de Costos Un Proceso para su Implementación*. Manizalez: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MANIZALES.
- Gutiérrez, Humberto; De la Vara, Román. (2012). *Análisis y Diseño de Experimentos, Tercera Edición*. México DF : McGrawHill.
- A. Castellanos-Navarrete, A. Chocobar, R. A. Cox, S. Fonteyne, B. Govaerts, N. Jespers, F. Kienle, K. D. Sayre y N. Verhulst. (2013). *CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO*. México: CIMMYT.
- Nievel, Benjamín; Freivalds, Andris; Gonzalez, Marcia. (2004). *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo. Edición 11*. Buenos Aires: ALFAOMEGA GRUPO EDITORIAL.
- Socconini, L. (2010). *Lean Manufacturing: paso a paso*. Barcelona: NORMA.
- Salazar, B. (2016). *Mandelbrot, Fama y el surgimiento de la econofísica*. Cuadernos de economía.
- Astaiza, N. J., Rodriguez, & Stephany. (2016). *Mejoramiento del metodo de gestión por proceso en la producción de farol rustico en la ladrillera el Jardin s.c.s*. Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium. Santiago de Cali.
- Cunyas Arias, G. O. (2018). *Propuesta de implementación de una cortadora electro-neumática de ladrillo en crudo en la linea de producción para mejorar la capacidad productiva en la empresa ladrillera Laprosur s.a.c*. Universidad tecnológica del Perú. Lima, Perú.
- Estéves Sanchez, I. A., & Cristian, L. L. (2016). *Mejoramiento del Proceso Productivo y de almacenamiento en la empresa Ladrillera Curití LTDA*. Universidad Industrial de Santander.
- Huamani, H. (2017). *Aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad en el área de cocción en la empresa ladrillera Huamani, Carayllo - 2017*. Universidad César Vallejo. Lima, Perú.
- Lima, D. C., & Noelia, M. (2016). *Propuesta de mejora en el área producción para incrementar las ventas de ladrillos en ladrillera Continental s.a.c*. Universidad Católica de Santa Maria, Arequipa, Ecuador.

- Llanos Almedra, A. (2018). Plan de mejora continua para incrementar la productividad en la empresa ladrillera North Ceramic s.a.c Lambayeque - 2018. Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú.
- Mendoza, J. A. (2006). Propuesta para implementar estrategias de producción mas limpia en la ladrillera Cucuta. Universidad de la Salle. Bogota D.C.
- Merino Espinoza, L. E. (2017). Aplicación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la productividad del área de producción de una empresa ladrillera, Carabayllo, 2016. Universidad César Vallejo. Lima, Perú.
- Quintero, J., & Julián Alberto, G. (2013). Propuesta de un modelo de gestión por procesos para mejorar la productividad del área de producción de la empresa ladrillera la Ximena. Universidad San buenaventura. Santiago de Cali.
- Rivera, D. (2018). Estandarización del proceso productivo y control de calidad en la industria Ladrillera. Caso: Ladrillera y comercializadora Alfredo. Universidad del Azuay. Cuenca Ecuador.
- Rodriguez, L. (2014). Evaluación del proceso productivo de la planta industrial ladrillera Terraforte, ubicada en el sector de calacalí en el periodo 2012-2013. Universidad Internacional Sek. Quito, Ecuador.
- Santome Vela, A. A. (2016). Estudio de Métodos en la línea de producción de ladrillos para incrementar la productividad en la empresa ladrillera Cuadros s.a.c. Universidad César Vallejo. Lima, Perú.
- Construdata. (2012). Construdata. Obtenido de <http://www.construdata.com/BancoConocimiento/L/ladrillosdiagnostico/ladrillosdiagnostico.asp>
- Gutierrez, H., & Salazar, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos (segunda edición). México, D.F: McGRAW-HILL INTERAMERICANA.
- IBÁÑEZ, C. (2016). Diseño De Propuestas De Mejora Para El Área De Producción En La Empresa Puerto De Humos S.A. Universidad Austral De Chile.
- Icontec. (20 de 11 de 2013). Icontec Internacional. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Sello_ambiental_colombiano/NTC_6033_-_Etiquetas_Ambientales_Tipo_I.pdf
- Icontec. (s.f.). Icontec internacional. Obtenido de https://kupdf.net/download/ntc-296-dimensiones-modulares-de-ladrillo-piezas-ceramicas-y-arcilla-cocida_5a12177fe2b6f59d1b568e26_pdf
- INTERNACIONAL, I. (18 de 11 de 2009). Tienda Icontec. Obtenido de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC4205-2.pdf>
- Jimenez, A., & Salazar, O. (s.f.). Transferencia de tecnología a ladrilleras en Cholula elaborando un manual de capacitación y diseñando un horno para pruebas de laboratorio con capacidad de cocer veinte ladrillos de arcilla. Cholula, México.
- MANJARRES, T. (2016). Plan De Mejoramiento Continuo De Los Procesos De Fabricación Para Incrementar Niveles De Eficiencia En La Empresa Khristell Jean Del Cantón Pelileo. Universidad Católica De Ecuador.

- PATERNINA, M. E., & VIANA, J. (2016). Diseño De Un Método De Trabajo Para Mejorar La Productividad En Una Maquina Papelera Carvajal Pulpa Y Papel. Universidad De San Buenaventura Seccional Cali.
- Ponce, A. R. (2010). Alfonso Ramírez Ponce. Pensamiento y obra. (M. Ramage, Entrevistador)
- Pulido, H. G. (2010). Calidad Total y Productividad. México, D.F: McGRAW - HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Rameez, H. M., & Inamdar, K. (2010). Areas of Lean Manufacturing for Productivity Improvement in a Manufacturing Unit. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering.
- Suarez, C. (2014). Mejoramiento de Procesos Productivos LTDA. Universidad Industrial de Santander (Bucaramanga).
- VALENCIA, M., & QUIJANO, F. (2012). Aplicación De Conceptos De Gestion Y Las Herramientas De Estudio De Metodos De Trabajo Para Mejorar La Productividad Del Departamento De Jarabe De La Empresa Idm. Universidad ICESI. Santiago de Cali.
- IBARRA, B. & BALLESTEROS, M. (2017). Manufactura Esbelta, Lean Manufacturing. Instituto Tecnológico De Piedras Negras, Mexico.