

# Análisis de factibilidad para la construcción de horno túnel en una empresa ladrillera.

Feasibility analysis for the construction of a tunnel kiln in a brickmaking company

María Nela Zúñiga Sinisterra<sup>1</sup>

maria.zuñiga@usc.edu.co

Anyela Yolima Benavides Narvaez<sup>1</sup>

anyela.benavides00@usc.edu.c

o

Nathaly Martínez Escobar, M. Sc<sup>1</sup>

nathaly.martinez00@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de [Ingeniería Industrial] (1)

## **Resumen**

En el presente artículo se muestra un análisis de factibilidad, que tomó en cuenta un estudio del mercado, un estudio técnico-operativo y económico para determinar la bondad de construir un horno túnel en la empresa ladrillera La Samaritana. Ésta presentaba en el proceso de secado y horneado la siguiente problemática: acumulación de material en proceso, subutilización del área, producto no conforme, problemas ambientales y poca competitividad en el mercado. Con la realización del estudio de factibilidad, herramienta muy útil en la fase pre-operativa de un proyecto, se pudo presentar a la gerencia de la compañía las posibilidades de éxito del proyecto de inversión. Para realizar el estudio de factibilidad se llevó a cabo en primera instancia el estudio técnico-operativo donde se evidenciaron las necesidades primordiales de la operación, la metodología empleada fue un trabajo de campo que incluyó la toma de datos de tiempos del proceso de producción, con esta información se realizó un análisis de las fallas que presentaba en cada una de sus etapas para luego hacer una comparación técnica de la nueva tecnología vs la situación actual; seguidamente se realizó un estudio del mercado en los municipios del sur del Valle del Cauca para determinar la demanda potencial insatisfecha empleando para ello información secundaria proveniente de entes gubernamentales, libros e información de la empresa; respecto al análisis económico fue necesario recopilar la información financiera de la empresa (costos totales y de inversión) se determinó la depreciación y amortización y con lo anterior se determinó mediante la realización de un análisis financiero la tasa interna de retorno y el valor actual neto, criterios económicos decisivos que toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo. Los principales resultados del estudio se obtuvieron en el proceso productivo evidenciando que la organización podría aumentar su capacidad de producción de 340.000 pieza/mes a 1.000.000 piezas/mes, los tiempos de operación tendrían una reducción en días pasando de 15 días de proceso de secado a 8 horas, tiempo en el cual se ejecutarían la etapa de secado y cocción simultáneamente; con el estudio de mercado se concluyó que la organización es muy competitiva en cuanto a precios debido a que éstos están por debajo de las principales competencias, y con la evaluación financiera se obtuvo una TIR del 172% y un valor actual neto mayor a cero lo que significa que la inversión es factible.

*Palabras Clave:* Análisis de factibilidad, Horno túnel, Tasa interna de retorno, Valor presente neto.

## **Abstract**

In the present article an analysis of the feasibility is shown, which was taken into account a market study, a technical-operative and economic study to determine the goodness of building an oven in the La Samaritana brick factory. This presentation in the process of drying and baking in the following problem: accumulation of material in process, underutilization of the area, nonconforming product, environmental problems and little competitiveness in the market. With the realization of the feasibility study, the very useful tool in the pre-operative phase of a project, the possibilities of success of the investment project can be presented to the management of the company. To carry out the feasibility study, take into account in the same place where the main needs of the operation can be known, the function used in the field

that included the taking of data of the times of the production process, with this information An analysis of the faults presented at each moment was made. then a market study was carried out in the municipalities of the south of Valle del Cauca to determine the unmet potential demand, using secondary information from government agencies, books and company information; The economic analysis was necessary. Collect the financial information of the company. Depreciation and amortization was determined and the foregoing was determined by conducting a financial analysis. economic criteria that take into account the value of money over time. The main results of the study were obtained in the process. The result was: the writing of the production of 340,000 pieces / month to 1,000,000 pieces / month, the operation times. Drying and cooking time simultaneously; with the study of the market it is concluded that the organization is very competitive in terms of prices due to the results found in the principles of the main competences, and with the financial evaluation an IRR of 172% and a net real value is obtained greater than zero which means that the investment is feasible.

Keywords: Feasibility analysis, tunnel kiln, internal rate of return, net present value.

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante el desarrollo de Expocamacol 2018, ProColombia, entidad dedicada a las exportaciones, turismo, inversión y marca país, informó que, en los próximos 2 años, Colombia va a ser uno de los líderes en la región en materia de construcción, ya que proyecta crecimientos promedio superiores a 5% entre 2019 y 2022. (Dinero, 2018).

En la actualidad la competitividad en el sector ladrillero ha venido en aumento, de ahí se deriva que las medianas y pequeñas empresas tengan algunas desventajas, ya que gran parte de sus procesos son artesanales y no les permite obtener un mayor porcentaje de productividad para ser más competitivos en cuanto a calidad, tiempos de entrega y respuesta eficiente al consumidor frente a las grandes ladrilleras a nivel nacional y regional.

Por su parte, la baja tecnificación de las pequeñas y medianas ladrilleras, la ineficiencia de los hornos que emplean y la utilización de grandes cantidades de combustibles además de los sobrecostos generados por el gran consumo de energía, hacen necesario que estas fábricas realicen cambios significativos en sus procesos productivos para lograr una eficiencia energética y con ello mejorar la productividad. Es por ello necesario realizar inversiones de crecimiento, encaminadas a aumentar la productividad para ampliar los canales de distribución de sus productos con miras de hacer crecer la empresa mediante la implementación de nuevas tecnologías. (EELA Eficiencia Energetica en Ladrilleras, 2015)

Por lo anterior la empresa ladrillera la Samaritana fijó su objetivo en lograr una reconversión tecnológica, con la cual buscó dar solución a varias problemáticas asociadas a la productividad y el cumplimiento legal. La Samaritana está ubicada en el municipio de Candelaria, actualmente procesa 340.000 piezas aproximadamente, cantidad que se distribuye en las cuatro variedades de ladrillos que actualmente se producen: ladrillo liso para la vista, largo rallado para estucar, rejilla a la vista y el liso de tres huecos.

El proceso de elaboración del ladrillo comprende tres etapas: mezclado de materias primas, elaboración del ladrillo, secado y horneado; para el caso de estudio las dos últimas etapas fueron el foco con el cual se planteó dar respuesta a la alta demanda que se avecina (en promedio 5.625.000 toneladas/mes), la gerencia de la empresa decidió impulsar mejoras en esta etapa con el fin de poder mitigar o eliminar las siguientes situaciones; pérdida de espacio por acumulación de material en proceso, actualmente el 63% del área total de la planta está siendo subutilizado en el proceso de secado, pérdida de tiempo en la misma etapa (15 días de secado), daño en material equivalente al 0,93 % (2.800 piezas/semanal), en el proceso de horneado se pierde alrededor 5,88% (la capacidad de quema aproximadamente de los cuatro hornos es de 17.000 piezas, de las cuales 1000 las que se transforman en producto no conforme).

Adicionalmente debido a que el traslado del material hasta los sitios donde son secados, se realizan con mecanismos rudimentarios y empleando la fuerza del trabajador, se presentan constantes ausentismos por parte del personal operativo, siendo las principales causas la fatiga muscular, sumado a ello, por el tipo de actividad la CVC realiza constantes seguimientos a los planes de acción que la empresa esté implementando en miras de lograr una producción más limpia y amigable con el medio ambiente tal como se establece en la Resolución 0909 de 2008, información suministrada por la empresa.

Para dar soluciones a las problemáticas la empresa ha considerado la posibilidad de implementar un horno tipo túnel el cual, por sus especificaciones y características establecidas en la ficha técnica del producto, presenta un alto rendimiento energético y gran productividad gracias a su configuración que le permite recuperar el calor durante el proceso (Henríquez Jr., Valencia Schwob, & Pinto Rodríguez, 2015). Esta implementación puede generar grandes ventajas como

la reducción drástica en la demanda de energía térmica y de emisión de carbono, el horno puede adecuarse a la demanda de la empresa, puede usar varios tipos de combustible, posibilidad total de recuperación de calor, menor insumo de mano de obra, mejores condiciones de salubridad en el ambiente de la producción, mayor productividad, mayor velocidad de producción, quema homogénea (más del 95% de material de primera calidad), menor manipulación del producto (menos pérdidas e incapacidades) y procesamiento de todo tipo de productos (EELA Eficiencia Energetica en Ladrilleras, 2015).

Para contribuir a que en la organización se tome una adecuada decisión al implementar el horno túnel se realizó un estudio de factibilidad en el cual se hace una investigación del mercado para determinar la oferta y la demanda en la actualidad y se analizan las actividades realizadas en el proceso de secado y horneado estableciendo con ello los requerimientos de la operación para luego hacer una comparación de la alternativa propuesta y la actual un estudio técnico validando con ello la mejora del proceso y financieramente por medio de un análisis de retornos a partir de indicadores financieros.

Investigaciones realizadas en países asiáticos demostraron que la fabricación de ladrillos en un 88% era realizada de forma artesanal y tan solo un 12% se realizaba con tecnologías como el horno Hoffman y el horno de ladrillo de eje vertical (VSBK) tecnologías más amigables con el medio ambiente las cuales reducen significativamente los gases de efecto invernadero en un 42 % y 29 % respectivamente (Gomes & Hossain, 2003).

Uno de los casos de éxito en la implementación de tecnologías nuevas para mejorar el proceso productivo es el Automatic control of coupled brick kilns un trabajo que se basó en el diseño de un sistema de control electrónico conjunto para hornos de ladrillos, diseño que utiliza Field Programmable Gate Array (FPGA), que es un sistema automático que recibe señales de voltaje con el cual se obtienen datos sobre la distribución del calor en el horno empleado en un motor de corriente alterna, para ello emplean termopares uno en el fondo y otro en la parte superior del horno los cuales dan la señal para que la puerta de la chimenea se cierre y se abra ya sea para expulsar los gases a la atmosfera o para pasar a un segundo horno y precalentar ladrillos crudos. Con esta innovación tecnológica se logró reducción del tiempo de cocción (eficiencia energética), reducción de emisión de gases de efecto invernadero (GHGE), menor consumo de combustible y un aumento de las ganancias (Chavez & Guadarrama, 2017).

Otros autores ven de igual manera la importancia del ahorro de energía y el impacto ambiental que generan las industrias ladrilleras, por esta razón varios investigadores desarrollan una configuración particular para un horno túnel con el que se recupera el aire desde la zona de combustión con el fin de reducir el consumo de combustible durante la fabricación de ladrillos huecos. Se basó en el calor y la transferencia de masa dentro del horno entre ladrillos, aire y paredes, y se modelaron ecuaciones de conservación de masa y energía logrando con ello aumentar la temperatura de los ladrillos en el área de secado de 30° a 53° C evaporando la humedad del cuerpo del ladrillo y generando un ahorro de energía a lo largo del horno túnel (Nahed , Wassim , Hatem , & Philippe , 2017).

Es de gran importancia resaltar una investigación sobre el diseño de una técnica científicamente aceptable para capturar y confinar las emisiones de un horno de abrazadera simulado con el fin de medir y / o determinar de forma integral métricas de emisión, parámetros y factores de emisión, evaluar la eficiencia energética de los hornos de fijación basados en el análisis del uso de combustible; los análisis de energía indicaron que se puede lograr una reducción significativa del 36% en energía por parte de los operadores de horno abrazaderas lo que reduce los costos de insumos y reduce significativamente las emisiones atmosféricas este estudio resulto ser muy adecuado para la cocción de ladrillos (Oladapo & Gerrit, 2018). También Refaey en su artículo desarrolla una investigación donde el coeficiente de transferencia de calor puede reducir en gran medida el tiempo de producción y en consecuencia, aumentar la productividad, la técnica de aumento de la transferencia de calor utilizada en el horno de túnel basado en la combustión es competitiva en términos de costos operativos, especialmente para aplicaciones industriales (Refaey, Abdel-Aziz, & Abdelrahman, 2017).

Es por ello que, este proyecto se estructuró principalmente analizando las actividades del proceso de secado y horneado usando como metodología la observación, vistas a la empresa y planta de producción y la toma de tiempos del proceso productivo, obteniendo como resultados un gran aumento en la productividad, reducción de los tiempos de secado y cocción, reducción en mano de obra y una recuperación de la inversión a corto plazo.

## 2. METODOLOGÍA

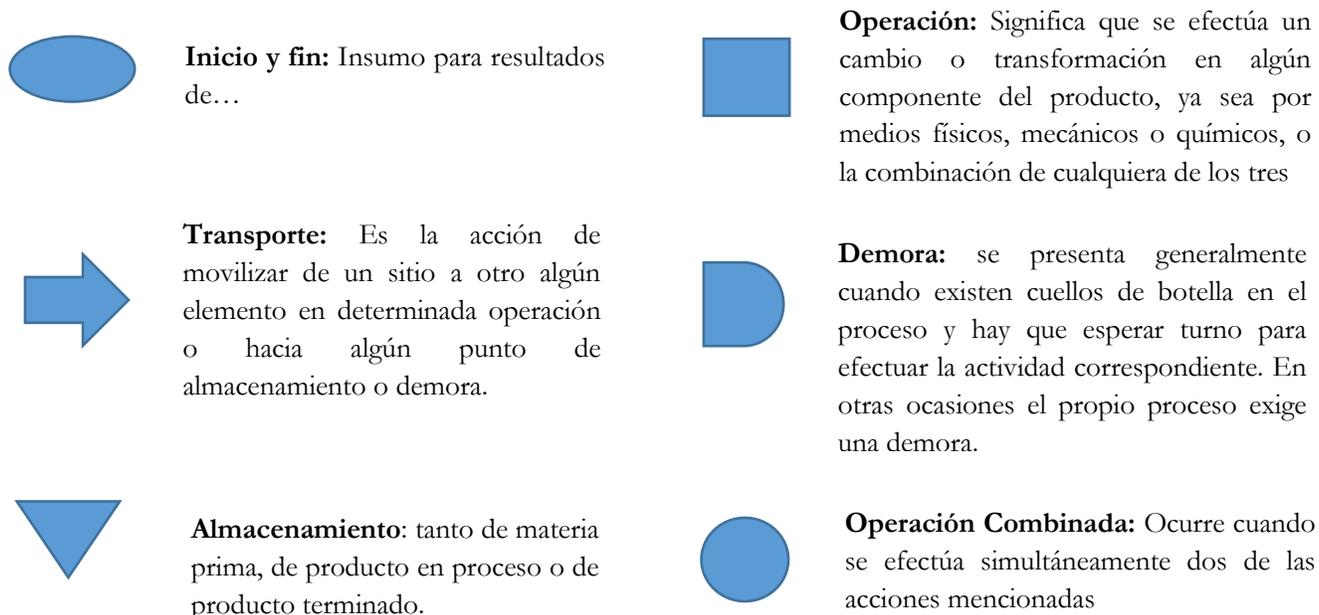
Para el desarrollo del estudio de factibilidad se realizó en primera instancia en cuanto a la parte técnica-operativa varias visitas a la planta de producción de la ladrillera la Samaritana y otra planta de una ladrillera que cuenta con el horno túnel,

tecnología en la que desea invertir la gerencia de la empresa, por medio de la entrevista y observación se procedió con la recolección de la información y análisis de cómo están operando.

En el recorrido por las plantas de producción por medio de la interrogación al personal operativo fue posible conocer el proceso de fabricación de los ladrillos, evidenciando que la forma de operar de cada una es muy similar, hasta la etapa donde llega la mezcla lista la cual pasa por un tornillo sinfín formando una barra continua que pasa por unas boquillas donde se le da la forma deseada al producto y que finalmente pasa por un camino de rodillos hasta llegar a la cortadora, donde se le da las dimensiones requeridas, inmediatamente finaliza esta etapa la forma de producción de la planta objeto de estudio empieza a diferir en las dos etapas subsiguientes, el secado y la cocción de los ladrillos las cuales se realizan de manera artesanal.

Con la información obtenida fue posible realizar un diagrama de flujo que consiste en una representación gráfica de todas las actividades de un proceso las cuales se identifican mediante símbolos (Niebel & Freivalds, 2009), para su realización se tuvo en cuenta la simbología estipulada por la American Society of Mechanical Engineers (ASME), American National Standard Institute (ANSI) o la International Organization for Standardization.

Figura 1: Simbología para la realización de un diagrama de flujo



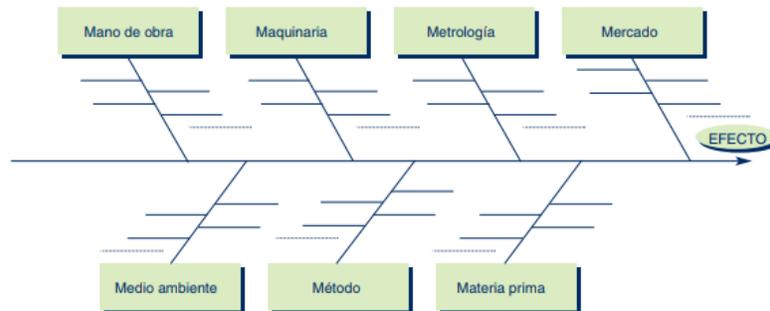
Fuente. Niebel & Freivalds, 2009

Con el anterior diagrama de proceso se realiza la identificación de las problemáticas de la etapa de secado y cocción, y se procede con la estratificación, clasificándolos y agrupándolos, teniendo en cuenta los factores que puedan influir en la magnitud de estos, a fin de localizar buenas pistas para mejorar un proceso. La estratificación es una poderosa estrategia de búsqueda que facilita entender cómo influyen los diversos factores o variantes que intervienen en una situación problemática, de tal forma que se puedan localizar las fuentes de la variabilidad y, con ello, encontrar pistas de las causas de un problema (Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. (3a. ed.), 2013).

Con la lista de problemáticas identificadas en los procesos secado y cocción se realiza un diagrama de Pareto de problemas, un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son las variables o datos categóricos. Su objetivo es ayudar a localizar el o los problemas vitales. El diagrama se sustenta en el llamado principio de Pareto, conocido como “Ley 80-20” o “Pocos vitales, muchos triviales”, el cual reconoce que solo unos pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%); el resto genera muy poco del efecto total. De la totalidad de problemas de una organización, solo unos cuantos son realmente importantes (Gutierrez Pulido, Calidad y Productividad (4a. ed.), 2014). Luego de obtener los resultados del diagrama de Pareto se selecciona la problemática más representativa y se procede a identificar las causas fundamentales, para ello se utilizó una de las herramientas básicas de la calidad, un diagrama de

causa y efecto también llamado de Ishikawa (en honor al Dr. Kaoru Ishikawa, que lo desarrolló en 1943 en la Universidad de Tokio) o de espina de pez o de las siete M, es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores (métodos, mano de obra, maquinaria, materiales y medio ambiente) y las causas que posiblemente lo generen. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. (3a. ed.), 2013).

Figura 2: Diagrama de causa y efecto



Fuente: Adoptado de (Gutiérrez, H. 2013)

Toma de tiempos del proceso de producción de ladrillos, cuyo propósito es el de medir del tiempo que tarda la ejecución de una actividad con la finalidad de poder establecer estándares de producción justos que hagan posible incrementar la eficiencia de un equipo, persona o proceso; para ejecutar esta tarea es posible tener en cuenta estimaciones, registros históricos o simplemente llevar a cabo la actividad de toma de tiempo empleando mecanismos como el cronómetro, fórmulas de tiempo entre otros (Niebel & Freivalds, 2009)

La información de los tiempos del proceso se organizó en una tabla en Excel y en ella también es incluida la capacidad de consumo de cada etapa con el fin de comparar estas capacidades con las del horno túnel.

Con la información recopilada de los tiempos de proceso y los consumos de materia prima del proceso, se procedió a realizar el análisis técnico validando con ello las posibles mejoras del proceso.

Después se realizó un estudio de mercado el cual, comprendió un análisis actual de la demanda, oferta y precios; para la realización del análisis es indispensable recolectar información que puede surgir de fuentes primarias (entrevistas y encuestas) y de fuentes secundarias, información que ya existe sobre el tema, proveniente de estadísticas de entes gubernamentales, libros, y datos de la empresa. Al concluir el análisis el investigador podrá palpar o sentir el riesgo que se corre y la posibilidad de éxito que habrá con la venta de un nuevo artículo o con la existencia de un nuevo competidor en el mercado (Baca Urbina, 2013).

Luego se hizo una recopilación de información financiera de la empresa para el análisis económico, con el que se pretende determinar cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, cuál será su costo total de la operación que abarque las funciones de producción, administración y ventas. La estructura para el análisis económico comprende principalmente los datos de la inversión para calcular las depreciaciones y amortizaciones anuales, datos de gran importancia que se utilizan tanto en el balance general como en el punto de equilibrio y en el estado de resultados, luego se calcula el capital de trabajo y el costo de capital (Baca Urbina, 2013), finalmente se realiza la evaluación financiera, una investigación profunda del flujo de fondos y de los riesgos, con el objetivo de determinar un eventual rendimiento de la inversión realizada de un proyecto (Restrepo Escobar, Camara de Comercio de Medellín, 2019). Para ello se calcularon algunos indicadores económicos y financieros de proyectos:

**Valor Actual Neto (VAN):** Es la cantidad de dinero que representan en la actualidad los futuros ingresos que generaría el proyecto en un período de  $n$  años y surge de la necesidad de comparar los flujos que se producen en diferentes períodos de tiempo. Esto deriva de la fórmula de interés compuesto que plantea que: (Vidal Gazau & González Serna, 2014)

$$VF = VP \cdot (1+i)^n$$

Donde:

$i$  = tasa de interés efectiva

VP = Valor presente

VF = Valor Futuro

Por tanto, la VAN se define como:

$$VAN(i\%) = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+i)^t} - I_0$$
$$VAN(i\%) = -I_0 + \frac{f_1}{(1+i)^1} + \frac{f_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{f_n}{(1+i)^n}$$

Donde:

$VAN(i\%)$  = Valor actual neto a la tasa de descuento del  $i\%$

$f_1$  = Flujo generado por el proyecto en el año  $t$

$I$  = Tasa de descuento exigida al proyecto

$I_0$  = Inversión Inicial

Para interpretar los resultados del valor actual neto se establece que un proyecto es rentable si el VAN es mayor a cero.

$VAN > 0$  = El proyecto es rentable

$VAN < 0$  = El proyecto no es rentable

$VAN = 0$  = El proyecto indiferente

**Tasa Interna De Retorno (TIR):** Matemáticamente, corresponde a la tasa de descuento que hace que el VAN del Proyecto sea igual a cero, igualando el valor actual de los ingresos con el valor actual de los Egresos (Vidal Gazau & González Serna, 2014).

La TIR es la tasa porcentual que indica la rentabilidad promedio generada por el capital que permanece invertido en el proyecto y para calcularse requiere la misma información que la VAN (MarcadorDePosición2).

$TIR >$  Tasa descuento, Se ejecuta el proyecto.

$TIR <$  Tasa de descuento, Se rechaza el proyecto.

$TIR =$  Tasa de descuento. Es indiferente y hay que tomar una decisión.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

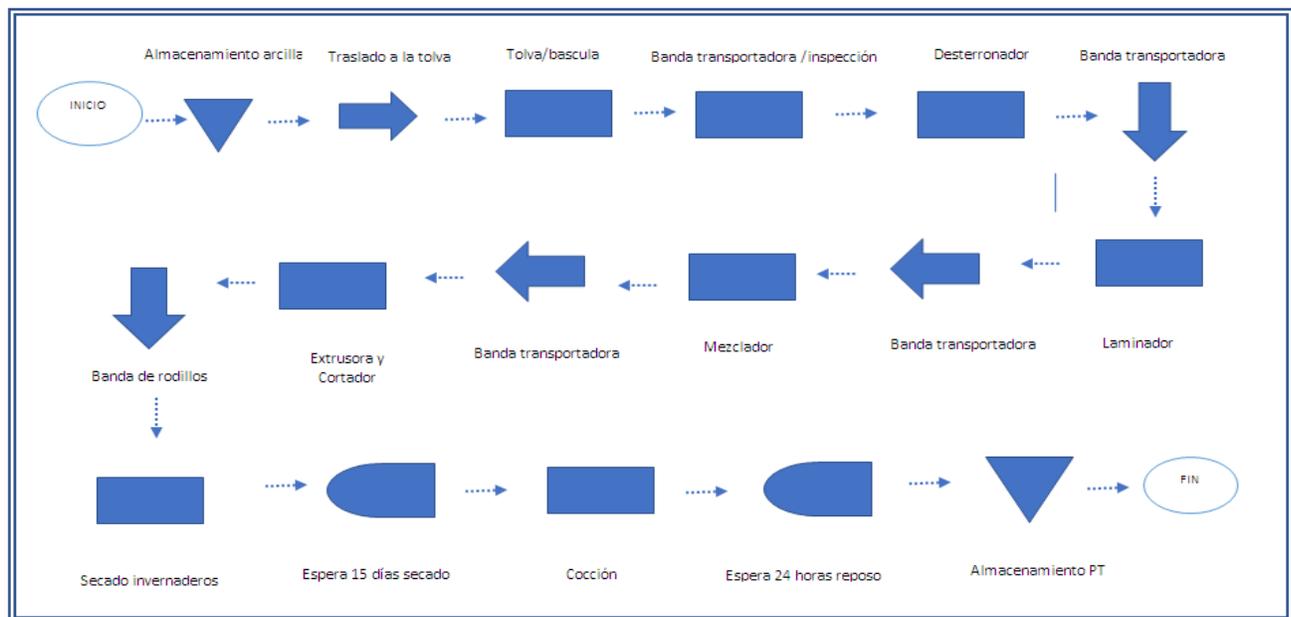
De acuerdo con lo planteado en el primer objetivo específico y siguiendo los pasos de la metodología se realizó un diagrama de flujo con el cual se realizó el análisis general del proceso de producción de ladrillos (Ilustración II).

A continuación, se procede con la descripción de las etapas del proceso de producción de ladrillos:

- **Almacenamiento de Materia Prima:** Se almacena la materia prima (arcilla), la cual permanece en cuarentena por un periodo de 6 meses con el fin de poder obtener una adecuada consistencia y uniformidad, el material se deja expuesto a la acción atmosférica (aire, lluvia, sol, etc.) situaciones que favorece que se descomponga la materia orgánica presente, permitiendo la purificación química del material, en esta etapa un operario es el encargado de mover el material empleando una retroexcavadora.
- **Tolva/Bascula:** Contenedor donde se deposita el material que va a ser procesado luego de cumplir el tiempo de cuarentena, se procesan alrededor de 75000 ton /h.
- **Desterronador:** Proceso en el que se va desintegrando el material y es retirado todo tipo de impurezas de forma manual por un operario.
- **Laminador:** Proceso donde el material es triturado hasta pulverizarlo completamente.

- **Mezclador:** Consiste en un cilindro horizontal dentro del cual gira un eje guarnecido con una hélice, en esta etapa se adiciona agua para formar la pasta alrededor de 1 litro por minuto es mezclado junto con la arcilla.
- **Extrusora y Cortador:** Mecanismo que traslada la mezcla por un tornillo sinfín hasta unas boquillas que definen la forma del ladrillo, la mezcla sale en una barra continua pasando por un camino de rodillos, hasta la cortadora donde se le da las dimensiones requeridas, en promedio por minuto salen 40 piezas de ladrillo.
- **Secado:** El proceso de secado consiste en el desprendimiento del agua unida físicamente a la pasta, este proceso es realizado en 5 invernaderos con capacidad de 40.000 piezas, el proceso tarda entre 12 a 15 días.
- **Horneado O Cocción:** Proceso que consiste en someter los ladrillos previamente secados a condiciones de alta temperatura con el fin de que adquieran sus propiedades mecánicas y físicas, la empresa cuenta con 4 hornos cuyas capacidades son: 10 mil, 15 mil, 16 mil, 22mil unidades, el tiempo de quema dura alrededor de 8 a 10 horas y 24 horas de enfriamiento del material antes de pasar a producto terminado.
- **Almacenamiento Producto Terminado:** Área destinada para el almacenamiento de producto terminado cuyo espacio es de 1600 m<sup>2</sup> cuya capacidad de almacenamiento es de 200.000 piezas.

Figura 3: Diagrama de flujo del proceso productivo de ladrillo



Fuente: Elaboración propia

Con el anterior diagrama se observó el proceso productivo en general, concluyendo que en las primeras etapas el proceso no presenta fallas significativas sin embargo estas se analizaron de forma general más adelante, por el momento se realizó un análisis de manera profunda las etapas de secado y cocción evidenciando las siguientes problemáticas:

En el proceso de secado se observó la siguiente problemática:

1. Pérdida de material durante el traslado y arrume en los invernaderos, situación que ocurre 8 veces al mes, ocasionando pérdidas equivalentes al 0,056% (240 piezas), debido a la manipulación realizada por los operarios con mecanismos que son propulsados empleando su propia fuerza.
2. Pérdida de tiempo en el proceso debido a que este proceso se realiza de forma artesanal bajo condiciones medioambientales, en ocasiones puede tardar 12 días si hay buen clima y puede extenderse a 15 días cuando hay días de lluvia, esta condición está presente siempre en el proceso.
3. Subutilización de espacio en esta etapa, se tienen destinados para dicha actividad 5 invernaderos los cuales miden 1440 m<sup>2</sup> c/u, ocupando un 63% del total del área de la planta, disminuyendo espacio para el almacenamiento de producto terminado, esta situación está presente siempre en el proceso.
4. Ausentismo del personal operativo a causa de fatiga muscular, en esta etapa trabajan 6 operarios de los cuales se incapacitan 3 con periodos de incapacidad de hasta 3 días, la frecuencia con la que se presentan este tipo de incapacidades es 3 veces al mes.

En el proceso de cocción se observó la siguiente problemática:

1. Pérdida de tiempo en la cocción y enfriamiento, en ambas actividades se pueden emplear 32 horas (8 horas de cocción y 24 de enfriamiento), esta actividad se lleva a cabo 4 veces en la semana 16 veces al mes.
2. Pérdida de material durante el llenado de los hornos y la quema, esta actividad se lleva a cabo 4 veces en la semana 16 veces al mes, para ello se emplean 4 hornos, cuyas capacidades son: 10 mil, 15 mil, 16 mil, 22mil unidades, de las cuales se pierden alrededor de 250 piezas por cada horno.
3. Uso excesivo de combustible (carbón) para la quema, esta actividad se lleva a cabo 4 veces en la semana, 16 veces al mes y se emplean 4 toneladas de carbón en cada horno
4. Ausentismo del personal operativo por estrés calórico en esta etapa trabajan 8 operarios de los cuales se incapacitan 2 con periodos de incapacidad de hasta 3 días, la frecuencia con la que se presentan este tipo de incapacidades es 3 veces al mes.
5. Emisiones contaminantes al medio ambiente, no se han cuantificado por parte de la empresa, pero de acuerdo con investigaciones un horno de este tipo puede emitir a la atmosfera 550mg/Nm<sup>3</sup> (la N se refiere a condiciones normales de temperatura)

Una vez conocidas las principales problemáticas de la organización se continúa con la elaboración del diagrama de Pareto para identificar la problemática más relevante mediante el principio del 80-20, la información obtenida para establecer las frecuencias de ocurrencias de dichas problemáticas se obtuvo mediante las visitas realizadas a la ladrillera para obtener los tiempos, capacidades y fallas de operación de cada etapa del proceso productivo.

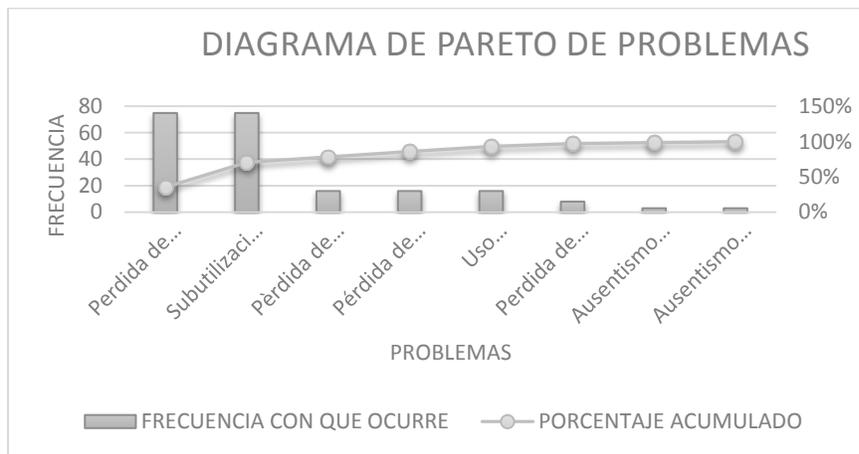
Los problemas fueron organizados de mayor a menor frecuencia con la que ocurren en un periodo de un mes.

Tabla 1: Frecuencias de ocurrencia de las problemáticas

N.º	Problemáticas	Frecuencia Con Que Ocurre	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	Pérdida de tiempo durante el secado	75	35%	35%
2	Subutilización del espacio en la etapa de secado	75	35%	71%
3	Pérdida de material durante el llenado de los hornos y la quema	16	8%	78%
4	Pérdida de tiempo en la cocción y el enfriamiento	16	8%	86%
5	Uso excesivo de combustible para la quema	16	8%	93%
6	Perdida de material durante el arrume en los invernaderos	8	4%	97%
7	Ausentismo del personal por fatiga muscular	3	1%	99%
8	Ausentismo del personal por estrés calórico	3	1%	100%
	<b>TOTAL</b>	212	100%	

Fuente: Elaboración propia

Figura 4: Diagrama de Pareto

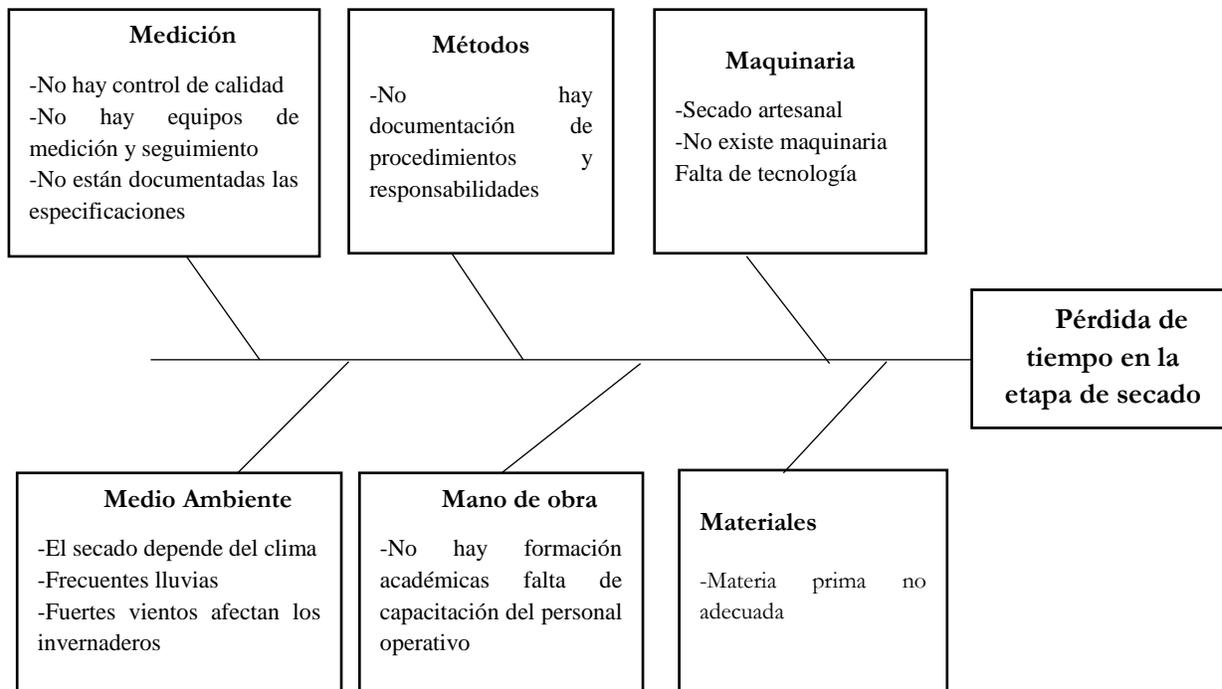


Fuente: Elaboración propia

Según los resultados del diagrama de Pareto el 71% de los problemas son ocasionados por la pérdida de tiempo en la etapa de secado y la subutilización del espacio por la misma, por lo tanto, dando solución a estas dos se solucionaría el 71% de los problemas. Teniendo en cuenta la información obtenida hasta el momento se puede afirmar que la subutilización del espacio se da por el largo tiempo que requiere la etapa de secado en el proceso productivo por esta razón se le otorgó más relevancia a la pérdida de tiempo de secado.

Para saber las causas principales de la pérdida de tiempo en el secado se realizó un diagrama de causa y efecto.

Figura 5: Diagrama de Causas y Efecto



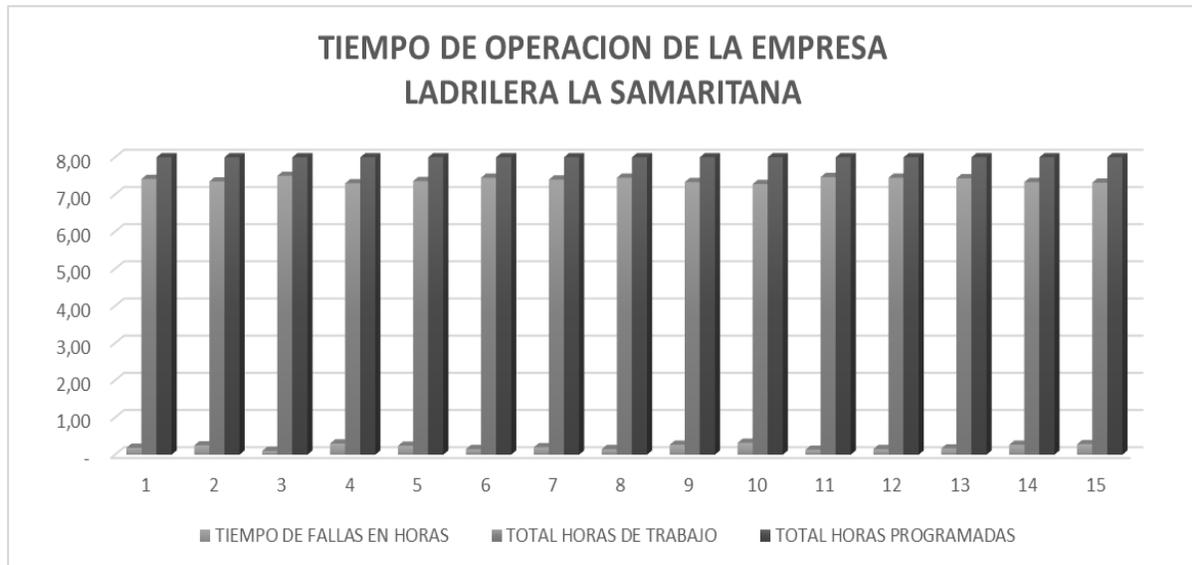
Fuente: Elaboración propia

Luego de la identificación de las principales causas de las fallas en el proceso productivo y teniendo en cuenta el segundo objetivo específico se procede a realizar un estudio técnico de la empresa objeto de estudio.

### 3.1. ESTUDIO TÉCNICO

Para conocer la forma de producción de la empresa objeto de estudio y poder determinar qué factores internos están influyendo de forma general en la productividad de la misma, fue necesario recurrir a la toma de datos en los procesos productivos; en esta actividad solo se tuvo en cuenta el proceso de traslado de la materia prima (arcilla) que ya ha cumplido el proceso de reposo en los patios de almacenamiento, hasta cuando sale la pasta de la extrusora y el cortador; esta toma de tiempos se realizó en un lapso de 15 días un solo turno ya que la empresa no cuenta con más turnos de trabajo.

Figura 6: Tiempos de operación



Fuente: Elaboración propia

En la figura 6 se puede determinar que existen algunos factores que reducen la productividad, se habla de un tiempo promedio de 18 minutos en el turno. Mediante la entrevista al personal operativo se pudo conocer cuáles son las situaciones que habitualmente se presentan que represente paradas al proceso de producción, A continuación, se describen la problemática, la frecuencia y el tiempo.

- Tolva o Cajón Alimentador: Cuando la tolva queda demasiado llena se pueden presentar atascos de la materia prima y disminuye por consiguiente el flujo del material por las bandas, cuando esta situación es detectada por el operario la atención puede tardar 10 minutos, la frecuencia con la que se presenta es de 1 o 2 veces al día.
- Extrusora: En el proceso donde se forma la pasta que sale en forma de barra se puede observar impurezas (pasto, piedras o tornillos) que no fueron detectados y la sección de selección de impurezas, cuando ocurre esta situación el proceso se debe para entre 10 a 18 minutos mientras termina de salir el resto de producto contaminado.
- Cortador: Ruptura del alambre con el que se corta la pasta, esta situación puede ocurrir hasta 3 veces al día los retrasos son de 5 minutos en cada parada.

Si bien el tiempo de retraso en la operación en el momento no es muy representativa es necesario implementar acciones que permitan eliminar estas causas, ya que por cada minuto de parada la empresa está perdiendo alrededor de 40 piezas por minuto.

Luego del análisis del proceso se identificaron los ingredientes o materia prima para la elaboración de los ladrillos teniendo en cuenta que el 90% de la materia prima es arcilla y el 10% es arenilla de río.

Tabla 3: Materia prima para la fabricación de un ladrillo

Materia prima	Cantidad kg/ladrillo
Arcilla	3.0
Arenilla de río	1.40

Agua	0.36
------	------

Fuente: Elaboración propia

En el proceso de producción las maquinarias empleadas en la planta son:

- La tolva o cajón alimentador
- El desterronador
- Laminador
- Mezclador
- Extrusora y cortador
- Horno de cocción (artesanal).
- Retroexcavadora

La planta está adaptada en el momento para producir 340.000/piezas mes por las restricciones de la etapa del secado que demora 15 días retrasando así los demás procesos.

Tabla 4: Situación actual de la planta de producción

Proceso	Operarios	Materiales Empleados	Capacidad Instalada
Patio almacenamiento MP arcilla	1	Retroexcavadora	(10.000 m <sup>3</sup> )
Tolva	1	Retroexcavadora	75000 tn/día
Bandas transportadoras	0		transporta 200 kg/minuto
Desterronador	1		200 kg/minuto
Bandas transportadoras	0		transporta 200 kg/minuto
Laminador	0		transporta 200 kg/minuto
Banda transportadora	0		transporta 200 kg/minuto
Mezclador	0		transporta 200 kg/minuto
Banda transportadora	0		transporta 200 kg/minuto
Extrusora y cortador	1		40 und x minuto
Banda de rodillos	6	Carretas	30 piezas se cargan en la carreta, tardan 10 minutos en trasladarlos hasta el sitio de secado
Secado	6		40.000 piezas y demora 15 días
Horneado o cocción /capacidades diferentes	4	Carretas	10,000- 15000-16000-22000 piezas
Patio almacenamiento pt	0		200.000 piezas

Fuente: elaboración propia

Tabla 5: Situación de la planta con la implementación del horno túnel

Proceso	Operarios	Materiales Empleados	Capacidad Máxima
Patio almacenamiento Materia prima (arcilla)	1	Retroexcavadora	(50.000 m <sup>3</sup> )
Tolva	1	Retroexcavadora	300.000 tn/día
Bandas transportadoras	0		transporta 418 kg/minuto
Desterronador	1		418 kg/minuto
Bandas transportadoras	0		transporta 418 kg/minuto
Laminador	0		transporta 418 kg/minuto
Banda transportadora	0		transporta 418 kg/minuto
Mezclador	0		transporta 418 kg/minuto
Banda transportadora	0		transporta 418 kg/minuto
Extrusora y cortador	1		84 und x minuto
Banda de rodillos	1	Carretas	40.000 piezas
Secado y cocción	7		40.000 piezas en 5 horas
Patio almacenamiento pt	0		800.000 piezas

Fuente: Elaboración propia

Si implementa el horno túnel se aumenta la capacidad de cada proceso al máximo debido a que se eliminan los invernaderos de la etapa de secado y el horno haría la etapa de secado y cocción en un tiempo de 5 horas logrando una productividad al mes de 1.000.000 de piezas, además con esta implementación se reduce el número de operarios en la planta pasando de 14 operarios a 8 operarios, se utiliza menos combustible debido a que ya no serían 4 hornos sino un horno con más capacidad por quema.

En la tabla 6 se relaciona un cuadro comparativo con las especificaciones técnicas de la nueva tecnología y los hornos

tipo colmena que se utilizan actualmente en la empresa, con el fin de mostrar las ventajas en cuanto a lo operativo, utilización de mano de obra y el componente ambiental.

Tabla 6 Comparación técnica horno túnel Hoffman Vs horno colmena

<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Horno Túnel Hoffman</b>	<b>Horno Colmena</b>
Clasificación según el tipo de proceso	Horno continuo	Horno intermitente
Capacidad	1.000.000 piezas	10.000-20.000
Ciclo de quema	5 horas	1.8 días
Cantidad de quemas al mes	30	10
Dimensiones		
Alto	2.50	3m
Ancho	2.50	3 m
Longitud	60	6 m
Consumo de energía	74.570 kw/h	-
Eficiencia térmica	88%	52%
Porcentaje de pzas de primera calidad	>95%	75%
Porcentaje de pérdidas	< 2%	4%
Consumo de carbón	4,7 kg /kg arcilla	10 kg /kg arcilla
Temperaturas de cocción	850 - 900 °C	1000 °C
Cantidad de CO2 que emite	260 mg/Nm3	550mg/Nm3
N° operarios requeridos	8	14

Fuente: Elaboración propia

### 3.2. ESTUDIO DE MERCADO

Se analizó la factibilidad que tiene la empresa Ladrillera la samaritana para incursionar con una mayor oferta de productos (ladrillos) en el sector de la construcción, conocer quiénes serán sus principales competidores y se esperaría encontrar la proyección de la demanda de la empresa objeto de estudio, información que sirve de insumo para el estudio financiero.

#### 3.2.1. DESCRIPCIÓN BREVE DEL PRODUCTO

Un ladrillo es una pieza de construcción, generalmente cerámica y con forma ortoédrica, cuyas dimensiones permiten que se pueda colocar con una sola mano por parte de un obrero de construcción. Se emplea en albañilería para la ejecución de obras en general como edificios, viviendas, bodegas, centros comerciales entre otros tipos de construcción y para su fabricación se rige bajo la norma de sismo resistencia NRS-10 y la Norma Técnica Colombiana para la fabricación del ladrillo NTC 4205 (Ladrillera Meléndez S.A.S, 2018).

#### 3.2.2. ANÁLISIS DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Para analizar la demanda que tendrán los materiales de construcción es necesario conocer primero el sector de la construcción y los tres aspectos que lo impactan fuertemente, el tema de licenciamiento medido a través del área total licenciada, el indicador hipotecario y también el nivel de empleabilidad del año 2018.

Con el objetivo de identificar cual es el potencial de la actividad edificadora del país, se consulta en la página del DANE la información recolectada en las curadurías urbanas sobre las Estadísticas de Licencias de Construcción ELIC de los años 2016, 2017 y 2018 ya que a partir de estos años el DANE amplió su cobertura geográfica de licencias de construcción pasando de 88 municipios en 25 departamentos a 302 municipios de los 32 departamentos que lo conforman, a continuación se muestra en la figura 6 en la que el DANE graficó el área total licenciada en metros cuadrados de los 302 municipios desde enero 2016 a diciembre de 2018 .

Figura 7: Informe Técnico  
**Licencias de Construcción (ELIC)**  
 Diciembre 2018

**Gráfico 1. Área total licenciada (metros cuadrados)**  
**302 municipios**  
**Enero 2016 - diciembre 2018**



Fuente: DANE-ELIC

En la figura 7 se muestra el comportamiento mensual de área total licenciada en metros cuadrados y las cifras del área total licenciada en el mes de diciembre de los años 2017 y 2018 donde se evidencia una baja considerable del 17,65% y 20% respectivamente, esto debido a la inestabilidad política que se generó a causa de la culminación de los proyectos del anterior mandatario y el cambio de gobierno, sin embargo, es de resaltar que en el proyecto de gobierno del actual mandatario se están implementando políticas del gobierno con las cuales se busca frenar la crisis por la que está atravesando el sector, dichas políticas lideradas por el Ministerio de Vivienda consisten en impulsar la productividad y el crecimiento del sector constructor en el país mediante la reducción de los costos y tiempos de los trámites de pre-licenciamiento y licenciamiento, capacitar a 80.000 trabajadores de la construcción, asistir a 200 empresas constructoras con dotación de tecnología y asegurar la transformación digital del sector (DANE, 2018).

Con estas acciones el sector de la construcción muestra buenas señales de crecimiento y estabilidad para el año 2019, donde se estima que el sector edificador crezca en un 3,7%, meta que se pretende superar en los próximos años (Ministerio de vivienda, 2019).

Respecto a los indicadores de Cartera Hipotecaria de Vivienda de las entidades financiadoras (Cajas, Fondos y Cooperativas de Empleados y Cajas de Compensación Familiar, bancos) el DANE mediante un trabajo arduo de análisis y recolección de información estadística trimestralmente estableció el comportamiento de la Vivienda de Interés Social VIS y No VIS, de esta forma se conoció que a nivel nacional en el último trimestre del año 2018 el saldo de capital total de la cartera hipotecaria de vivienda fue de \$62.219 miles de millones de pesos registrando un incremento de 10,8% respecto al mismo trimestre del 2017, cuando el saldo de capital fue de \$56.156 miles de millones de pesos. Los créditos hipotecarios se centralizaron principalmente en Bogotá D.C., con 425.458 créditos y una participación de 36,9%, seguido por Antioquia con 128.221 créditos y una participación de 11,1% y Valle del Cauca con 121.848 créditos y una participación de 10,6% (DANE, 2018)

En materia de ocupación laboral se puede evidenciar en el informe número 51 de ritmo laboral de la cámara de comercio de Cali, que en Cali se registraron 16 mil nuevos empleos al cierre del mes de marzo de 2019, siendo la tercera capital con mayor creación de puestos de trabajo entre las 13 principales ciudades, después de Bogotá y Barranquilla, así mismo la tasa de ocupación en el Valle del Cauca fue 58,6% en 2018 y a nivel nacional el Valle del Cauca fue el departamento que más empleos nuevos registró en los últimos cinco años: Entre 2013 y 2018, donde se crearon 225,9 mil empleos (Cámara de comercio de Cali, 2019).

En conclusión, el panorama para sector de la construcción es alentador, con las acciones que va a implementar el actual gobierno para que el licenciamiento se ejecutará rápidamente las obras podrán ejecutarse rápidamente y esto evitara que de cierta forma se presenten más picos negativos en el crecimiento del sector y con los indicadores de empleabilidad positivos y las puertas abiertas en materia de créditos hipotecarios las personas podrán cumplir el sueño de tener vivienda propia.

### 3.2.3. ANÁLISIS DE LA DEMANDA

Con la información recopilada de las empresas inscritas en las Cámaras de Comercio de los departamentos de Valle y Cauca, se constató que se encuentran registradas 704 empresas constructoras las cuales lideran grandes proyectos de vivienda en estas dos regiones importantes del sur del País; para la empresa objeto de estudio estas empresas, las firmas de ingeniería y arquitectura, ferreterías, depósitos y cualquier persona natural que requiera ladrillos para la construcción que se encuentren en su área de influencia como lo es Cali, Palmira, Yumbo, Puerto Tejada, Popayán, Jamundí entre otros municipios veredas y corregimientos se convierten en un mercado objetivo o potencial.

Conociendo de antemano el mercado potencial se procede a determinar la demanda de ladrillos que van a requerir para ejecutar los diferentes tipos de proyectos habitacionales, para efectuar el cálculo se tomó como referencia el informe de áreas licenciadas del mes de marzo del año 2019; ver tabla 7 donde se proyecta una estimación mensual de la demanda de estos productos por parte de las constructoras.

Tabla 7: Estadísticas de licencias de construcción marzo 2019

AREA APROBADA EN M2 POR DEPARTAMENTO SEGUN DESTINOS HABITACIONALES															
DOCE MESES A MARZO DE 2019															
Departamentos	Vivienda	Industria	Oficina	Bodega	Comercio	Hotel	Educación	Hospital	Administración pública	Religioso	Social	Otro	Total anual	Cantidad de ladrillo por m2	Cantidad total de ladrillos
Cauca	232.730	11.472	3.837	6.264	56.165	2.228	1.886	2.355	1.015	2.382	3.934	700	324.968	33	10.723.944
Valle del Cauca	1.716.221	57.685	7.135	39.448	151.011	5.934	104.485	47.039	28.854	2.333	15.429	761	2.176.335	33	71.819.055
														pzas/año	82.542.999
														Ton/año	330.172

Fuente: DANE

En la Tabla 7 se condensa información recopilada de la página del DANE sobre las estadísticas de licencias de construcción para el mes de marzo de 2019 en los departamentos del Valle del Cauca y Cauca, se realiza cálculo de la demanda de ladrillos que se necesitará para la construcción de los metros cuadrados (m<sup>2</sup>) licenciados, para ello solo se toma en cuenta el ladrillo que tiene el mayor consumo en labores de mampostería. Ver tabla 8 donde se presenta especificaciones técnicas del material recomendado para efectuar el cálculo de la demanda

Tabla 8: Especificaciones Técnicas del ladrillo

Especificaciones Técnicas	
Alto	10 cm
Ancho	14 cm
Largo	29 cm
Peso	4 – 5 kg
Rendimiento por m2	33 piezas

Fuente: Elaboración propia

Por último es importante citar que de acuerdo a la información financiera de la compañía fue posible constatar que del año 2016 al año 2017 tuvo un incremento en las ventas del 4% y del año 2017 al año 2018 un 5% todo gracias a que la empresa se ha enfocado en cubrir un nicho de mercado que comprende clientes ocasionales los cuales acuden a la empresa para llevar a cabo actividades de construcción como: Ampliaciones, adecuaciones, modificación, restauración, reforzamiento estructural, reconstrucción, cerramiento y pequeñas ferreterías que se encargan de su comercialización.

### 3.2.4. OFERTA

El departamento del Valle del Cauca y el Cauca por su localización en medio de dos cordilleras la central y la occidental, tienen una gran caracterización geológica que los hace ricos en rocas aflorantes de origen sedimentario constituidas por

areniscas, gravas, cantos, conglomerados, chert y cenizas (UMPE, 2014), situación que favorecen enormemente a los productores de la región ya que gracias a la esta composición de minerales en los suelos, permite que la materia prima arcilla abunde en grandes cantidades siendo esto un punto a favor en términos de abastecimiento de materia prima, es importante recordar que los ladrillos están compuesto en un 90% de arcilla un 10% de otros materiales complementarios.

En lo que respecta a los productores de ladrillos de la región, fue posible conocer de acuerdo a los reportes empresariales del Compite 360 y las empresas inscritas en la Cámara de Comercio las cuales realizaron la renovación del registro mercantil de los años 2017 y 2018, que el sector de la industria manufacturera dedicada a la fabricación de otros productos minerales no metálicos en los departamentos de Valle y Cauca está conformado por 286 empresas dedicadas a esta actividad económica, y en las zonas aledañas a la ciudad de Cali se encuentran 21 empresas, se escogieron 7 empresas que se encuentran en el área de influencia de la empresa objeto de estudio para conocer su capacidad de producción, el comportamiento de sus ventas y cómo ha sido su crecimiento anualmente. En la tabla 9 se muestra la anterior información, es importante resaltar que la capacidad de producción solo abarca ladrillos para mampostería, para este caso no se han tuvieron en cuenta ladrillos para fachada, pisos, tejas, fachaletas entre otros.

Tabla 9: Capacidad de producción de ladrilleras en el sector

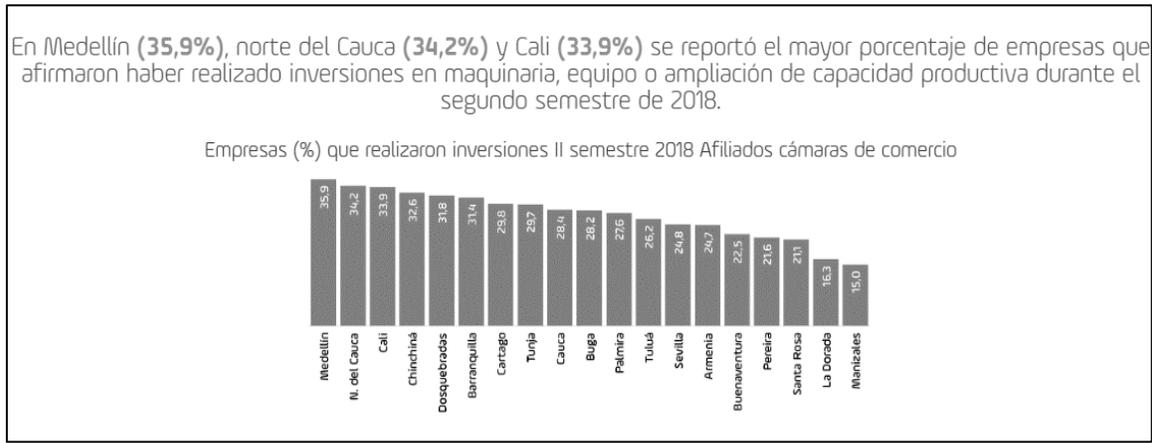
Departamento	Ranking Subsector	Empresa	Edad Empresarial	Capacidad de producción	Ventas año 2018 (valores en millones de pesos)	% crecimiento ventas anual
				Producción Actual estimada en ton/mes		
Cauca	5	Ladrillera Meléndez S.A.S	24	16.000	\$ 32.991	5,68%
Cauca	13	La sultana bloques ladrillos y acabados cerámicos S. A	17	8.000	\$ 13.376	0,16%
Cauca	20	CM Ladrillera San Benito S.A.S	28	5.000	\$ 8.900	1,60%
Cauca	49	Valle Gres Tejas y Ladrillos S. A	21	11.000	\$ 3.530	7,40%
Cauca		Ladrillera Terranova S. A	20	3.000	\$ 6.840	7,01%
Valle		CI Lago Verde Sociedad por acciones simplificadas	2	8.000	\$ 22.896	32,92%
Valle	58	Ladrillera los Almendros S. A	12	13.000	\$ 2.979	-8,59%
Valle	70	LADECOL S.A.S	15	1.800	\$ 2.144	-3,64%

Fuente: Compite 360

En la tabla 9 se muestra la información de las empresas productoras de ladrillo que se encuentran en el área de influencia de la empresa objeto de estudio las cuales se encuentran registradas en la Cámara de Comercio con personería jurídica; con los reportes empresariales que se obtuvieron de la página del COMPITE 360, que recopila la información financiera de las empresas inscritas en las Cámaras de Comercio aliadas, fue posible conocer el ranking en ventas, desde hace cuánto tiempo produce la empresa así como conocer su capacidad de producción y el comportamiento en ventas.

Por último y como aporte a la justificación del porqué es necesario ejecutar el proyecto en la empresa objeto de estudio, es importante mostrar como el sector manufacturero ha presentado mucho dinamismo en el tema de la implementación de nuevas tecnológicas con las cuales mejorar la productividad y por consiguiente la competitividad, de no realizarse su volumen de ventas podría bajar ya que al tener procesos más artesanales los costos serán más altos y por ende los precios al consumidor subirán. En la figura 8 se muestra el porcentaje de inversión en tecnología de las empresas de las principales ciudades del país.

Figura 8: Porcentajes de empresas que invirtieron en maquinaria, equipo o ampliación



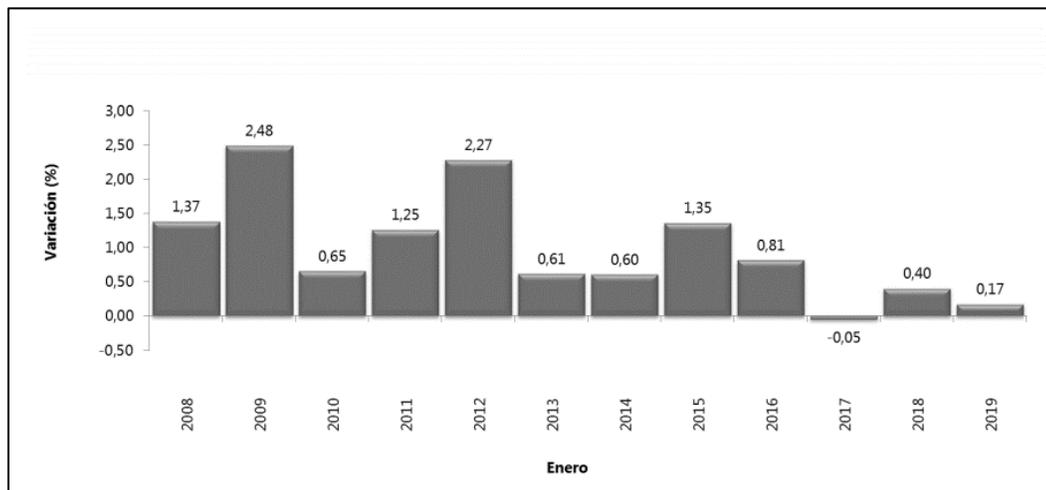
Fuente: página del Compite 360

### 3.2.5. PRECIO

De acuerdo con el índice de Precios del Productor (IPP) en enero de 2019, el Índice de Precios para los materiales de construcción presentó un aumento de 0,17%, respecto a diciembre de 2018. Según la clasificación según uso o destino económico (CUODE), el IPP para consumo intermedio presentó una variación de -0,03% con relación al mes de diciembre de 2018. (DANE, 2019).

En la figura 9 se presenta la variación mensual del IPP de materiales de construcción desde el año 2008 hasta la fecha.

Figura 9: Variación mensual del IPP de materiales de construcción



Fuente: página del Compite 360

De acuerdo a información suministrada por la gerencia de la compañía sobre los precios de la competencia, se determina que si bien es un mercado libre de fijación de precios, estos son muy parejos en cuanto a los precios que actualmente maneja la empresa objeto de estudio, lo cual es un punto a favor ya que en la medida en que la empresa mejore su proceso realizando una reconversión tecnológica, podrá ser más competitivos en temas de precio y con una diferenciación en valor para sus productos lograra tener mayor acogida del mercado potencial.

Tabla 10: Lista de precios de ladrilleras en el sector

Empresa	PECIO DE LADRILLO POR UNIDAD SEGÚN SU DIMENSIÓN							
	Estructural 12x 29 x10	Estructural 10x20x30	Cara lisa 10x20x30	Rayado 10x20x30	Ladrillo de 3 huecos 8x20x10	Estructural 29x19x10	Rejilla 6x23x10	Bloquelón 23x80x8
Ladrillera Meléndez S.A.S	700	1240	879	750	850	1600	398	2700
La sultana bloques ladrillos y acabados cerámicos S. A	650	1200	845	790	800	1600	450	2480
CM Ladrillera San Benito S.A.S	635	1200	840	800	830	1650	420	2500
Valle Gres Tejas y Ladrillos S. A	650	1290	888	800	850	1500	430	2659
Ladrillera Terranova S. A	670	1270	893	790	850	1550	400	2495
CI Lago Verde Sociedad por acciones simplificadas	650	1210	844	750	890	1500	400	2700
Ladrillera los Almendros S. A	700	1250	877	750	800	1455	400	2800
LADECOL S.A.S	700	1255	883	795	840	1580	350	2550
Ladrillera la samaritana	650	1200	850	750	850	1550	350	2650

Fuente: Gerencia La Samaritana

### 3.3. ESTUDIO FINANCIERO

De acuerdo con el último objetivo específico y en relación con la metodología se realizó el estudio financiero donde se conoce el total de la inversión, se calculan los ingresos y los costos relacionados proyectándolos en un horizonte de 5 años logrando con esto calcular los flujos de caja para conocer los resultados de los indicadores financieros que permitieron identificar la viabilidad de la inversión.

Para las proyecciones en cuanto a los ingresos, costos de la materia prima, gastos de operación y administración se toma el porcentaje promedio de la inflación en Colombia la cual se calculó haciendo un promedio del IPC de los últimos 5 años.

Tabla 11: Inflación en Colombia de los últimos 5 años

Año	Variación Anual (Inflación)
2014	2,90%
2015	4,98%
2016	7,52%
2017	4,32%
2018	3,24%
<b>Promedio</b>	<b>4,59%</b>

Fuente: DANE

El valor total de la inversión es aportado en efectivo por los socios de la ladrillera siendo así un capital propio que se ha

provisionado de la siguiente manera.

Tabla 12: Discriminación de la inversión a realizar por parte de la empresa

Inversión	
Horno túnel	\$ 450.000.000
Estibas	\$ 11.200.000
Costo Ing. administración proyecto	\$ 130.000.000
Dinero disponible para operar al inicio	\$ 109.000.000
<b>Total</b>	<b>\$ 700.200.000</b>

Fuente: Gerencia la Samaritana

En el momento la ladrillera produce 8 tipos de ladrillos los cuales de acuerdo con su participación en la producción se distribuyen de la siguiente manera.

Tabla 13: Tipos de ladrillos y su % participación

Ladrillo	Precio	% Participación Producción
Estructural 12x 29 x10	\$650	3,5%
Estructural 10x20x30	\$1.200	3,0%
Cara lisa 10x20x30	\$850	28,0%
Rayado 10x20x30	\$750	15,0%
Ladrillo de 3 huecos 8x20x10	\$850	3,0%
Estructural 29x19x10	\$1.550	4,5%
Rejilla 6x23x10	\$350	3,0%
Bloquelón 23x80x8	\$2650	40,0%

Fuente: Elaboración propia

El horno túnel tendrá una capacidad máxima de producción de un millón de piezas de ladrillos al mes, actualmente la capacidad de la planta es de 324.000/piezas al mes, por lo tanto de acuerdo con el estudio de mercado se plantea aumentar la producción con el horno túnel de manera gradual iniciando en el primer año con 4.800.000/piezas al mes, para suplir las necesidades del mercado actual debido a que en la organización han quedado contratos por cumplir y además según la Revista Dinero, el sector de la construcción proyecta crecimientos promedios al 5% (Dinero, 2018). De esta manera se hace la proyección de la producción incrementando en un 5% en el horizonte de 5 años.

Tabla 14: Proyección de la producción del ladrillo a 5 años

Tipos de ladrillos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Estructural 12x 29 x10	168.000	176.400	185.220	194.481	204.205
Estructural 10x20x30	144.000	151.200	158.760	166.698	175.033
Cara lisa 10x20x30	1.344.000	1.411.200	1.481.760	1.555.848	1.633.640
Rayado 10x20x30	720.000	756.000	793.800	833.490	875.165
Ladrillo de 3 huecos 8x20x10	144.000	151.200	158.760	166.698	175.033
Estructural 29x19x10	216.000	226.800	238.140	250.047	262.549
Rejilla 6x23x10	144.000	151.200	158.760	166.698	175.033
Bloquelón 23x80x8	1.920.000	2.016.000	2.116.800	2.222.640	2.333.772
<b>TOTAL</b>	<b>4.800.000</b>	<b>5.040.000</b>	<b>5.292.000</b>	<b>5.556.600</b>	<b>5.834.430</b>

	<b>000</b>			
--	------------	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

Para determinar los precios de los ladrillos producidos en la ladrillera en los próximos cinco años se estableció un incremento del 4.5% correspondientes al promedio proyectado de la inflación en Colombia de acuerdo con el histórico del IPC (Banco de la República de Colombia, 2019).

Tabla 15: Proyección del precio del ladrillo a 5 años

Tipos de ladrillos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Estructural 12x 29 x10	\$ 650	\$ 679	\$ 710	\$ 742	\$ 775
Estructural 10x20x30	\$ 1.200	\$ 1.254	\$ 1.310	\$ 1.369	\$ 1.431
Cara lisa 10x20x30	\$ 850	\$ 888	\$ 928	\$ 970	\$ 1.014
Rayado 10x20x30	\$ 750	\$ 784	\$ 819	\$ 856	\$ 894
Ladrillo de 3 huecos 8x20x10	\$ 850	\$ 888	\$ 928	\$ 970	\$ 1.014
Estructural 29x19x10	\$ 1.550	\$ 1.620	\$ 1.693	\$ 1.769	\$ 1.848
Rejilla 6x23x10	\$ 350	\$ 366	\$ 382	\$ 399	\$ 417
Bloquelon 23x80x8	\$ 2.650	\$ 2.769	\$ 2.894	\$ 3.024	\$ 3.160

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con las tablas anteriores de los precios y las cantidades de producciones hace la proyección de los ingresos.

Tabla 16 Proyección de ingresos

Tipos de Ladrillos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Estructural 12x 29 x10	\$109.200.000	\$119.819.700	\$131.472.166	\$144.257.834	\$158.286.908
Estructural 10x20x30	\$172.800.000	\$189.604.800	\$208.043.867	\$228.276.133	\$250.475.987
Cara lisa 10x20x30	\$1.142.400.000	\$1.253.498.400	\$1.375.401.119	\$1.509.158.878	\$1.655.924.579
Rayado 10x20x30	\$540.000.000	\$592.515.000	\$650.137.084	\$713.362.915	\$782.737.459
Ladrillo de 3 huecos 8x20x10	\$122.400.000	\$134.303.400	\$147.364.406	\$161.695.594	\$177.420.491
Estructural 29x19x10	\$334.800.000	\$367.359.300	\$403.084.992	\$442.285.007	\$485.297.224
Rejilla 6x23x10	\$50.400.000	\$55.301.400	\$60.679.461	\$66.580.539	\$73.055.496
Bloquelon 23x80x8	\$5.088.000.000	\$5.582.808.000	\$6.125.736.078	\$6.721.463.912	\$7.375.126.277
<b>TOTAL</b>	<b>\$7.560.000.000</b>	<b>\$8.295.210.000</b>	<b>\$9.101.919.173</b>	<b>\$9.987.080.812</b>	<b>\$10.958.324.421</b>

Fuente: Elaboración propia

Luego se establecieron los presupuestos de los costos y gastos

Tabla 17: Gastos de mantenimiento

Conceptos de mantenimiento	Mensual	Anual
Aljiber	\$ 400.000	\$ 4.800.000
Estibas	\$ 2.000.000	\$ 24.000.000

Mantenimiento equipos	\$ 9.000.000	\$ 108.000.000
<b>Conceptos de producción</b>	<b>Mensual</b>	<b>Anual</b>
Energía	\$ 10.000.000	\$ 120.000.000
Combustible (carbón)	\$ 20.000.000	\$ 240.000.000
Mano de obra directa	\$ 37.800.000	\$ 453.600.000
Mano de obra indirecta	\$ 20.900.000	\$ 250.800.000
Alquiler de montacargas	\$ 5.230.000	\$ 62.760.000
Combustible retroexcavadora	\$ 2.600.000	\$ 31.200.000
Cilindros de gás para montacargas	\$ 240.000	\$ 2.880.000
Arcilla 90%	\$ 102.500.000	\$ 1.230.000.000
Arenilla de río 10%	\$ 9.500.000	\$ 114.000.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Gastos de administración

Gastos de administración	Mensual	Anual
Tramite de constitución de la SAS primer año		\$ 7.002.000
Papelería y útiles de oficina	\$ 500.000	\$ 6.000.000
Dotación	\$ 3.314.726	\$ 9.944.178
Embalajes (rollo de plástico vinipel stretch)	\$ 2.300.000	\$ 27.600.000
Impuesto a las transacciones financieras 0,4% por operación	\$ 682.929	\$ 8.195.145
Impuesto de industria y comercio 0,2 y 1.4% de los ingresos	\$ 8.820.000	\$ 105.840.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Gastos de ventas

Gastos de ventas	Mensual	Anual
Marketing y publicidad (folletos y cuñas radiales)	\$126.000.000	\$1.512.000.000
Depreciación		\$92.240.000

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinados los costos se hizo el estado de resultado proyectado a los 5 años y con este se alimentó el flujo de caja para hallar los resultados finales del estudio financiero obteniendo la TIR y el VAN. Ver tabla.

Tabla 20. Flujos de caja

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>FLUJO ECONÓMICO</b>	<b>-\$ 700.200.000,00</b>	<b>\$ 1.180.052.126,21</b>	<b>\$ 1.355.481.216,55</b>	<b>\$ 1.247.383.440,92</b>	<b>\$ 1.028.990.975,65</b>	<b>\$ 590.486.820,46</b>
<b>INDICADORES</b>	<b>VAN :</b>	<b>\$ 1.612.825.083,49</b>	<b>TIR :</b>	<b>172,4%</b>		

Fuente: Elaboración propia

El cálculo de las VAN se realizó utilizando la fórmula general y obteniendo como resultado el siguiente

$$VAN = -720.000.000 + \frac{1.180.052.126}{(1+0,30)^1} + \frac{1.355.481.216}{(1+0,30)^2} + \frac{1.247.383.440}{(1+0,30)^3} + \frac{1.028.990.975}{(1+0,30)^4} + \frac{590.486.820}{(1+0,30)^5} = 1.612.825.083$$

Teniendo en cuenta la metodología se dice que la TIR es el porcentaje que vuelve a la VAN=0 y para hallar el porcentaje se utiliza el ensayo de prueba y error donde se puede obtener:

$$TIR = \frac{1.180.052.126}{(1+i)^1} + \frac{1.355.481.216}{(1+i)^2} + \frac{1.247.383.440}{(1+i)^3} + \frac{1.028.990.975}{(1+i)^4} + \frac{590.486.820}{(1+i)^5} = 172\%$$

Para comparar la TIR y saber si es rentable o no se utiliza la Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) y ésta se calcula con la siguiente fórmula:

$$TMAR = i + f + if$$

i = Premio al riesgo

f: inflación

Normalmente dependiendo el tipo de riesgo de la inversión se maneja de un 10% a un 15% del premio al riesgo, para este caso el premio al riesgo será de un 15% (Baca Urbina, 2013) y la inflación ya se calculó al inicio del estudio financiero obteniendo un 4,59% y con esto se calcula la TMAR.

$$TMAR = 15\% + 4,59\% + 15\% \times 4,59\% = 20,28\%$$

Siendo así se comparó la TIR= 172% con la TMAR= 20,28% dando como resultado con este indicador que el proyecto es viable.

Comparando la VAN= \$1'612.825.083 la cual en su cálculo se hizo con un 30% que la organización desea ganar y siendo este un numero positivo se obtiene que el proyecto es viable.

De acuerdo con los resultados obtenidos con la realización del estudio de factibilidad, es posible determinar que con la implementación de la nueva tecnología la empresa logrará un cambio significativo en la parte productiva que a su vez se traduce en mayor participación en el mercado e incremento de los ingresos. Realizando una comparación de la situación actual vs el futuro con la implementación del proyecto, se concluye, que la empresa pasará de contar con una disponibilidad de producto terminado de alrededor de 340 mil piezas al mes, a un promedio de 600 mil de piezas mes, cifra que le permitirá poder participar en la futura de manda de su mercado objetivo (las constructoras) que de acuerdo con lo estimado se encuentra en 7 millones de piezas/mes.

En lo que respecta a la evaluación financiera del proyecto, la metodología empleada de acuerdo a la literatura consultada, permitió poder llevar a cabo de manera ágil y práctica los cálculos de las proyecciones, así como también poder determinar mediante indicadores que beneficio le traerá el invertir el dinero en el proyecto, cabe resaltar que aun estimando y calculando todo lo anterior, el proyecto está sujeto a la incertidumbre de lo que pueda pasar durante el arranque y la puesta en marcha, para el caso de estudio el proyecto en cuestión tiene resultados positivos, pero sería recomendable que en futuros estudios también se lleve a cabo un análisis y administración del riesgo en los tres aspectos (análisis de mercado, análisis técnico y análisis financiero).

#### 4. CONCLUSIONES

En el momento el proceso productivo de la Samaritana cuenta con fallas en la elaboración de ladrillos, las cuales son detectadas y se hallaron las principales causas para lograr dar solución a éstas dando como principal opción de mejora la implementación del horno túnel Hoffman propuesto por la organización.

En el análisis técnico se evidenció que al implementar el horno túnel Hoffman la empresa aumentará su capacidad de producción de 340.000 piezas a 1.000.000 de piezas al mes, tendrá reducciones significativas en lo que respecta a pérdidas de producto debido a que el contacto por parte del personal operativo será mínimo y con ellos se obtendrán productos más homogéneos.

En lo que respecta a tiempos de producción con la nueva tecnología la etapa de secado pasará de ser un proceso independiente que tomaba alrededor de 15 días con 170.000 piezas a ser una etapa conjunta con el proceso de cocción, todo gracias a la recuperación de vapores de la zona de cocción que es trasferida a la cámara de secado, de esta forma el tiempo de estas dos etapas se realizara en un tiempo promedio de 7 a 8 horas. Por último, se tiene una reducción en cuanto a la utilización de combustible (carbón) ya que con el horno túnel Hoffman se logra una eficiencia energética del 88%, reduciendo sustancialmente su consumo y disminuyendo las emisiones a la atmosfera.

Se observó en el estudio de mercado que el sector ladrillero es muy competitivo en cuanto a precios y porcentajes de ventas que aumentan cada año, por esta razón se puede decir que la Samaritana en cuanto a los precios, está por debajo

de los precios de las ladrilleras del sector que se compararon y que al aumentar su capacidad de producción se vuelve más competitiva y puede abarcar mucho más mercado.

En la evaluación financiera se evidencia que la implementación de la tecnología por parte de la empresa tiene una TIR tasa de retorno superior a la TMRA tasa mínima aceptable de rendimiento ( $172\% > 20,28\%$ ) y un VAN mayor a cero ( $\$ 1.612.825.083 > 0$ ), lo que significa que es un proyecto de inversión factible desde el punto de vista financiero.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de Proyectos*. México D.F: Mcgraw-Hill.
- Banco de la República de Colombia. (2019). *Índice de precios al consumidor (IPC)*. Obtenido de <http://www.banrep.gov.co/es/indice-precios-consumidor-ipc>
- Cámara de comercio de Cali. (2019). *Ritmo Laboral informe #51*. Cali: Cámara de comercio de Cali.
- Chavez, R. H., & Guadarrama, J. (2017). Automatic control of coupled brick kilns. *Elsevier*.
- da Silva Almeida , G., Barbosa da Silva, J., E Silva, C. J., Swarnakar c, R., de Araújo Neves, G., & Barbosa de Lima, A. (2013). Transporte de calor y masa en un secador de túnel industrial: modelado y simulación aplicado a ladrillos huecos. *ELSEVIER*, 5. Obtenido de <https://usc.elogim.com:2119/science/article/pii/S1359431113001592>
- DANE. (2018). *Boletín Técnico Cartera hipotecaria de vivienda (CHV)*. Cali: DANE.
- DANE. (2018). *Boletín Técnico- indicadores economicos alrededor de la construccion (IEAC)*. Bogota.
- DANE. (2019). *Variación mensual del IPP de materiales de construcción 2008-2019*. Bogota: DANE.
- Dinero. (2018). Mejor Panorama - 31 de Agosto. *Dinero*.
- EELA Eficiencia Energetica en Ladrilleras. (Septiembre de 2015). *Red de Ladrilleras*. Recuperado el 29 de Junio de 2018, de [http://www.redladrilleras.net/apps/manual\\_ccac/pdf/es/Manual-de-hornos-eficientes.pdf](http://www.redladrilleras.net/apps/manual_ccac/pdf/es/Manual-de-hornos-eficientes.pdf)
- Gomes, E., & Hossain, I. (2003). Transition from traditional brick manufacturing to more sustainable practices. *Energy for Sustainable Development*, 66-76. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082608603567>
- Gutierrez Pulido, H. (2014). *Calidad y Productividad (4a. ed.)*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Gutierrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. (3a. ed.)*. McGraw-Hill Interamericana.
- Ladrillera Meléndez S.A.S. (2018). *Ladrillera Meléndez*. Obtenido de <http://www.ladrilleramelendez.com.co/index.php/aula-del-ladrillo>
- Ministerio de vivienda. (07 de Febrero de 2019). *Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia*. Obtenido de [www.minvivienda.gov.co/sala-de-prensa/noticias/2019/febrero/gobierno-nacional-lanza-estrategia-para-impulsar-la-productividad-del-sector-constructor](http://www.minvivienda.gov.co/sala-de-prensa/noticias/2019/febrero/gobierno-nacional-lanza-estrategia-para-impulsar-la-productividad-del-sector-constructor)
- Nahed , S., Wassim , K., Hatem , M., & Philippe , B. (2017). Reduction of the energy consumption of a tunnel kiln by optimization of the recovered air mass flow from the cooling zone to the firing zone. *Elsevier*, 1382-1391.

- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseños de trabajo*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Oladapo, A., & Gerrit, K. (2018). Quantification of atmospheric emissions and energy metrics from simulated clamp kiln technology in the clay brick industr. *Elsevier*.
- Pulido, H. G. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México D. F: Mc Graw Hill.
- Refaey, H., Abdel-Aziz, A., & Abdelrahman, H. (2017). Augmentation of convective heat transfer in the cooling zone of brick tunnel kiln using guide vanes: An experimental study. *El Sevier*, 172-185. Obtenido de <https://usc.elogim.com:2119/science/article/pii/S1290072917306919>
- Restrepo Escobar, S. L. (2019). *Camara de Comercio de Medellin*. Recuperado el 26 de 03 de 2019, de <http://herramientas.camaramedellin.com.co/Inicio/Buenaspracticasesempresariales/BibliotecaGerenciaEstrategica/Evaluaci%C3%B3nFinancieradeProyectosC%C3%B3mooptimizar.aspx>
- Restrepo Escobar, S. L. (s.f). *Camara de Comercio de Medellin*. Recuperado el 26 de 03 de 2019, de <http://herramientas.camaramedellin.com.co/Inicio/Buenaspracticasesempresariales/BibliotecaGerenciaEstrategica/Evaluaci%C3%B3nFinancieradeProyectosC%C3%B3mooptimizar.aspx>
- UMPE. (2014). *Evaluación de la situación actual y de los escenarios futuros del mercado de los materiales de la construcción y arcillas de las ciudades de Cali, Cucuta, Villavicencio, Cartagena, Sincelejo, Yopal, Valledupar y Monteria*. Bogotá: Unidad de planeación minero energética.
- Vidal Gazau, K. A., & González Serna, J. D. (2014). *Proyectos Evaluación y formulación*. Buenos Aires: Alfaomega.