

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**Propuesta de instalación de una fábrica de ladrillos a base de PET para  
atender la demanda de la región Lambayeque**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**Javier Sebastian Baca Pinedo**

**ASESOR**

**Oscar Kelly Vasquez Gervasi**

<https://orcid.org/0000-0002-3893-0516>

**Chiclayo, 2024**

**Propuesta de instalación de una fábrica de ladrillos a base de PET  
para atender la demanda de la región Lambayeque**

PRESENTADA POR  
**Javier Sebastian Baca Pinedo**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR

Maximiliano Rodolfo Arroyo Ulloa  
PRESIDENTE

Ysabel Nevado Rojas  
SECRETARIO

Oscar Kelly Vasquez Gervasi  
VOCAL

### **Dedicatoria**

A mi madre Griselda Pinedo Pinedo y mi padre Javier Baca Manrique, por su arduo esfuerzo en que sus hijos progresen en la vida personal y profesional.

### **Agradecimientos**

A Dios, por darme salud y fuerzas para seguir en constante progreso para el cumplimiento de mis metas trazadas.

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a Oscar Vásquez Gervasi, cuyo trabajo excepcional y apoyo incondicional hacia mí trascendió más allá de su jornada laboral durante el proceso de elaboración de este trabajo de investigación.

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	7%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	4%
3	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="https://revistas.usfx.bo">revistas.usfx.bo</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://repositorio.ulasamericas.edu.pe">repositorio.ulasamericas.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://repository.usta.edu.co">repository.usta.edu.co</a> Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1%
9	<a href="https://renati.sunedu.gob.pe">renati.sunedu.gob.pe</a> Fuente de Internet	

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>6</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>7</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>8</b>
<b>Revisión de literatura .....</b>	<b>9</b>
<b>Materiales y métodos .....</b>	<b>15</b>
<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>16</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>32</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>33</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>34</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>37</b>

## Resumen

Este proyecto se centra en evaluar la prefactibilidad de una fábrica de ladrillos a base de PET con el propósito de satisfacer la demanda en la región Lambayeque. El estudio ha arrojado resultados positivos desde el punto de vista comercial técnico y económico. Para cumplir con los objetivos trazados primero se tuvo que determinar la viabilidad comercial del proyecto, para lograrlo se realizó un estudio de mercado, en el cual se realizó el análisis del comportamiento de la demanda y oferta, los resultados revelan una demanda proyectada para los próximos 5 años que alcanza hasta 9 millones de soles en ventas, lo que respalda la viabilidad comercial del proyecto. Seguidamente para el segundo objetivo se evaluó la viabilidad de la producción de ladrillos PET y se desarrolló un plan de producción que prevé la fabricación de 9,521 mil ladrillos para el quinto año de operación. Estos datos confirman la viabilidad técnica del proyecto. Paralelamente, se realizó la selección del lugar se llevó a cabo mediante un enfoque basado en factores ponderados, y la ubicación óptima resultó ser la provincia de Lambayeque, específicamente en la carretera, con un puntaje de 466.66. Este proceso asegura una ubicación estratégica para la fábrica. Después se hallaron las áreas correspondientes con el método Guerchet y el (SPL). Para finalizar se revela que el proyecto es no solo viable, sino también rentable con un Valor Actual Neto (VAN) de S/1 779 831,08 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 52%, se confirma la solidez financiera del proyecto.

**Palabras clave:** Ladrillo, plástico PET, diseño de planta

### **Abstract**

This project focuses on evaluating the prefeasibility of a PET-based brick factory with the purpose of satisfying the demand in the Lambayeque region. The study has yielded positive results from a technical and economic commercial point of view. To meet the established objectives, the commercial viability of the project had to be determined first. To achieve this, a market study was carried out, in which the analysis of the behavior of demand and supply was carried out. The results reveal a projected demand for the next few years. 5 years that reaches up to 9 million soles in sales, which supports the commercial viability of the project. Next, for the second objective, the viability of the production of PET bricks was evaluated and a production plan was developed that foresees the manufacture of 9,521 thousand bricks for the fifth year of operation. These data confirm the technical feasibility of the project. In parallel, the site selection was carried out using an approach based on weighted factors, and the optimal location turned out to be the province of Lambayeque, specifically on the highway, with a score of 466.66. This process ensures a strategic location for the factory. Then the corresponding areas were found with the Guerchet method and the (SPL). Finally, it is revealed that the project is not only viable, but also profitable with a Net Present Value (NPV) of S/1,779,831.08 and an Internal Rate of Return (IRR) of 52%, the financial solidity of the project is confirmed. project.

**Keywords:** Brick, PET plastic, plant layout

## Introducción

A través del paso de los años, el ladrillo siempre ha cumplido el rol de elemento de construcción con más antigüedad en el planeta. Es así como los fabricantes de ladrillos sostienen una estrecha relación con el rubro de construcción desde hace décadas. Pero a pesar del largo tiempo que ha pasado, no se ha modernizado el proceso de elaboración lo que conlleva a la contaminación del medio ambiente con las emisiones de humo que provoca una de las etapas más importantes, la cocción [1].

Asimismo, existe la fabricación de ladrillos artesanales, los cuales con el paso del tiempo se ha identificado el gran daño ecológico que causa en muchas ciudades del Perú, esto es debido a todos los combustibles de los que se hacen uso para realizar la etapa de cocción, estos pueden ser: madera, distintos tipos de plásticos, leña, etc. Al estar expuestos al fuego generan una excesiva cantidad de gases (monóxidos de carbono, óxidos de carbono, partículas sólidas) que son letales para la atmosfera por esa razón deben ser contrarrestados urgentemente [1].

CAPECO pronosticó para los años 2021-2022, que aproximadamente 98 000 hogares necesitarán casas nuevas de los cuales el 72,52% pertenecen a un interés social. A esta suma se le agrega los 47 000 hogares que desearían adquirir un lote habilitado lo que daría pie a un aproximado de 141 000 viviendas para el periodo establecido. Como resultado el sector de construcción proyecta nuevos retos para alcanzar esta meta poniendo como principal material el ladrillo [2].

Simultáneamente, existe un problema en la actualidad y es el gran aumento de fabricación de los plásticos en cifras exponenciales, según [3], en unos 15 a 20 años todo tipo de plásticos van a ser más utilizados y para el año 2050 se va a cuadruplicar la cifra. Por consecuente el agua en botella se fabrica y consume más, lo que ocasiona que gente sin conciencia ambiental deje sus envases en cualquier parte de las calles de la ciudad lo que nos conlleva a la generación de una parte de los residuos sólidos, cuya cuarta parte es perteneciente al plástico y tan solo un 14% es reaprovechado por los municipios [4].

Entonces, debido a que existe en el ámbito artesanal una potente fuente de contaminación del aire debido a los productos empleados para la etapa de cocción lo que ocasiona una gran contaminación a la atmosfera lo que significa un gran desgastamiento de la calidad del aire en

el ambiente cercano a las ladrilleras y a sus alrededores. [3] Si a eso le sumamos el gran problema del consumo masivo de productos en botellas de plástico, las cuales da pie a uno de los mayores contaminantes del planeta, debido a que las botellas a base de PET poseen un muy alto periodo de degradación estimado hasta los 300 años [4].

Ante este problema, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la prefactibilidad de instalar una planta de ladrillos a base de PET para atender la demanda de la región Lambayeque?

Teniendo en cuenta lo mencionado, se planteó el objetivo general: Determinar la prefactibilidad de una fábrica de ladrillos a base de PET para atender la demanda de la región Lambayeque y como objetivos específicos: Determinar la viabilidad comercial del ladrillo a base de PET para atender la demanda de la región Lambayeque, determinar la viabilidad técnica de una fábrica de ladrillos a base de PET para atender la demanda de la región Lambayeque, evaluar la viabilidad económica - financiera de una fábrica de ladrillos a base de PET para atender la demanda de la región Lambayeque.

Es por esa razón que la presente investigación propone una mejor opción amigable con el medio ambiente, en la cual la producción de ladrillos no tenga que pasar por el mismo proceso de cocción. Asu vez se propone nuevas alternativas de construcción que pueda atender la demanda actual sin perjudicar ninguna edificación con malos acabados o resistencias y conseguir la disminución de efectos en contra del ambiente, asimismo este proyecto de investigación busca concientizar a las personas en el aprovechamiento productivo de un material como el PET, catalogado como un material demasiado contaminante.

Por otra parte, se pudo encontrar estudios de los beneficios del producto brindados a la población, tales son la resistencia acústica, sistema anti-salitre, resistencia a la compresión y, entre otros. De igual manera, se señala que el producto estudiado cumple con todas las especificaciones técnicas decretas por ley en la NTP de Diseño Sismo resistente y NTP de Albañilería, encontrándose apto para construcciones a nivel nacional [5] .

### **Revisión de literatura**

El ladrillo cuya materia prima es comúnmente la arcilla, que modelada con agua adquiere una gran dureza y resistencia una vez seca y posteriormente cocida [6]. Con el paso de los años se ha querido contrarrestar o crear una alternativa con respecto al ladrillo común y este es el caso de los ladrillos ecológicos que, a diferencia de los comunes, que su proceso productivo y materiales no son tan inocuos, estos no dañan el medio ambiente y cuya fabricación además es

respetuosa con este. Las cualidades de los ladrillos ecológicos son muy similares a las que se utilizan para construir casas.

Asimismo, es importante mencionar a los plásticos, estos son compuestos formados por moléculas que conforman estructuras de alta resistencia, se clasifican en elastómeros, termoestables y termoplásticos. Entre los más conocidos se encuentran están el PE, PVC, PP, PS y el PET [7].

La producción de ladrillos a base de plásticos requiere tereftalato de polietileno (PET), un poliéster termoplástico que se utiliza en una variedad de aplicaciones que incluyen fibras textiles, botellas, entre otros productos. La mayoría de los productos PET del mundo son fibras sintéticas. (alrededor de 60% a más) y la producción de botellas representa alrededor del 20 al 30% de la demanda mundial. Una de las principales razones del uso generalizado del PET es su posibilidad de producir varios grados diferentes en una amplia gama de pesos moleculares en una sola planta de polimerización multiproducto [8]. El tereftalato de polietileno (PET) tiene las siguientes propiedades relacionadas: buena resistencia a la tensión permanente, alta resistencia a la abrasión, buenas propiedades térmicas De acuerdo con estos datos, se puede suponer que el PET tiene propiedades suficientes para utilizarse como material alternativo en mezclas de hormigón [5].

Por tanto, existe diferencia entre el proceso productivo del ladrillo tradicional y el ladrillo ecológico a base de PET en cual se basa en el proceso de curado, en este los elementos constructivos se deben curar con agua en forma de lluvia fina para posteriormente ser usados en obras para levantar mamposterías [9].

Es posible obtener ladrillos ecológicos con propiedades físico-mecánicas y de costo similares y/o mejores que un tradicional, esto hace capaz al nuevo ladrillo de competir en el mercado actual contando con el valor agregado ecológico que se presenta [10]

Gareca, *et al.* [10] en su investigación *Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos explican acerca de la fabricación de ladrillos ecológicos con el uso de materiales plásticos*. El objetivo de esta investigación es comprobar las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos ecológicos mediante la utilización de tecnología que permita la selección de residuos inorgánicos para determinar el proceso adecuado para producir ladrillos de la mejor calidad, lo que lo hace útil para reducir la contaminación en la ciudad de Sucre y convertirse en una nueva alternativa a los materiales de construcción. Se realiza la técnica de bloques al azar, con cada dosis repetida cinco veces, lo que permite ser utilizado como base

para considerar el material con mejores propiedades estructurales y validar las recomendaciones dadas. Posteriormente, se utilizaron muestras para el proceso de producción de los ladrillos y se realizaron pruebas de laboratorio como la densidad, humedad, absorción, etc. Utilizando residuos inorgánicos como los plásticos para obtener resultados muy favorables, en este caso PET, se puede observar que las propiedades físicas y mecánicas de este tipo de ladrillos pueden competir plenamente con los ladrillos de arcilla común y obteniendo un beneficio, como lo es la contribución con el medio ambiente a través del reciclaje del plástico.

Martínez y Cote [11] en su investigación *Diseño y fabricación de ladrillo reutilizando materiales a base de pet* explican acerca de la utilización del PET como insumo principal en la fabricación de un ladrillo comercial. El objetivo de esta investigación es producir ladrillos ecológicos de construcción para competir con los ladrillos comunes. Primero se realizó el procedimiento experimental, el cual comienza desde la recolección y clasificación de botellas PET en diferentes sitios de la ciudad y finaliza en la toma de tres unidades de cada muestra para que sean llevadas al laboratorio y se pueda realizar ensayos de resistencia y comprensión. Posterior a eso se realizó un análisis de los resultados en el cual varias muestras fueron descartadas debido al poco porcentaje de PET usado y otras por el excesivo uso del PET lo cual dificultaba el prensado del ladrillo por su excesivo volumen, asimismo se realizaron pruebas de compresión y un análisis de costo del ladrillo. Se concluye que el material PET demuestra ser un material con propiedades muy buenas para la construcción.

Febres [12] en su investigación *Estudio de prefactibilidad para la elaboración de ladrillos ecológicos a base de material reciclado PET* determinó la cantidad actual de desechos plásticos en todo el Perú donde no tienen una buena gestión de desechos es problemático. Es por ello que el objetivo de este trabajo fue determinar la factibilidad técnica, económica, financiera, social y de mercado de instalar una planta de producción de ladrillos a partir de materiales reciclados de PET en Lima, Perú. Para el desarrollo de este trabajo se elaboró un ladrillo con material reciclado PET cuyo público objetivo de la investigación son todas las constructoras y ferreterías del Perú y finalmente resulta que su trabajo es viable en lo que respecta lo económico y también lo financiero.

Campos, *et al* [13] en su investigación *Diseño del proceso de producción de ladrillos basados en plástico reciclado* identificaron como problemática el consumo generalizado de plástico, dada su enorme versatilidad y bajos costos de producción, se concentra en la ciudad de Piura, ya que solo en la región se generan 20.000 toneladas de residuos plásticos al año, de

los cuales solo el 0,3% se recicla. Es por ello que el objetivo de este estudio fue diseñar un proceso de producción de ladrillos a base de plástico reciclado y analizar los aspectos complementarios relevantes. Para ello se desarrolló un prototipo de ladrillos ecológicos, componiéndolo en las proporciones óptimas de cada material, tratando de cumplir con lo requerido por la normativa técnica peruana (NTP) de correspondientes en cuanto a tamaño, absorción, alabeo y resistencia a la compresión; la teoría de estos ladrillos. También se realizó la determinación de la ubicación y distribución para la planta de fabricación en cuestión. Finalmente, se verifica la factibilidad del proyecto a través de estudios de mercado y evaluación económico-financiera, entre los cuales se analizó el trabajo de investigación mediante el uso de indicadores como el VAN, TIR considerando el entorno externo actual.

Piñeros y Herrera [14] en su investigación *Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda* identificando como problemática el daño al medio ambiente mediante su contaminación que se genera. Esta investigación tiene la finalidad de proporcionar un material alternativo de bajo costo, liviano y fácilmente transportable para la construcción de viviendas que no requiera mano de obra calificada y sea amigable con el medio ambiente. Buscar formas de utilizar nuevos materiales de construcción, como los bloques de plástico, donde se utilice plástico reciclado como materia prima principal para su producción, uno de los Más productos de desecho, lo que a su vez crea más contaminación general. Asimismo, se propone un nuevo elemento imprescindible para la construcción de viviendas a partir de polímeros reciclados, estableciendo una alternativa a otras técnicas constructivas tradicionales que consumen recursos no renovables o impactan negativamente en el medio ambiente, y cumplen con los estándares de calidad vigentes para los citados materiales. y reglamentos. Asimismo, un análisis financiero de los costos de fabricación de bloques a base de PET puede determinar la rentabilidad de este tipo de proyectos.

Zuleta y Sarquis [15] en su investigación *Diseño del proceso de producción de ladrillo a base de plástico en la empresa Protec-M Municipio de la Paz Cesar* identifican como problemática .... El objetivo de esta investigación es diseñar un proceso de producción de ladrillo a base de plástico en la empresa Protec-M municipio de la paz cesar, soportado en una metodología con un enfoque de la investigación mixto y de tipo descriptivo no experimental, con lo que se logró determinar la capacidad de producción, el proceso productivo, la maquinaria necesaria para el

proceso productivo, así mismo, se determinó un estudio de tiempo donde se realizó un estudio preliminar observando durante 5 días dos veces al día durante una producción de lotes de 200 ladrillos, las diferentes áreas que soportaron un diseño de planta, por último se determinó la planeación y control de la producción, dentro de los resultados más relevante están que la capacidad se estableció en 480 ladrillos, asimismo el diseño de planta se esquematizó de acuerdo a las condiciones técnicas definidas y la planeación se soporta en un plan estable con mano de obra por exceso y otro con horas extras sumado a esto se estipularon los lineamientos para el desarrollo de control de inventarios, así mismo las compras van de acuerdo a la proyección de ventas a 5 años donde de evidencia que se pasara de 438 a 701 ladrillos en 5 años que evidencia un crecimiento de 469 ladrillos en 5 años lo que permite duplicar la capacidad de producción.

Gaggino, *et al.* [16] en su investigación *Emprendimiento de fabricación de ladrillos con plástico reciclado involucrando actores públicos y privados* explican acerca de un proyecto que desarrollaron en la ciudad de Bell Ville, Córdoba. El objetivo de esa investigación fue utilizar la tecnología para producir elementos de construcción usando como base los plásticos reciclados uniéndose institutos públicos y privados para brindar soluciones de recuperación y tratamiento de los residuos plásticos en la ciudad y promover la concientización ecológica de los habitantes. Se realizó un convenio entre las entidades que iban a participar en el proyecto con el fin de facilitar los procedimientos y mecanismos a utilizar, además se desarrolló una tecnología ecológica para el reciclado de residuos plásticos y la producción de los ladrillos a un costo menor. Para la segunda parte del proyecto se describió el proceso productivo de los ladrillos a base de PET, sus propiedades técnicas y la comparación con el ladrillo común de tierra cocida dando como resultado la búsqueda de soluciones para la problemática de la basura existente, a partir de la producción de ladrillos PET que brindarán ayuda para la construcción de distintos proyectos de bajo costo, se verificara su eficiencia en un largo plazo, cuando todo lo que se ha realizado llegue a ser sostenido en el tiempo.

Castillo [17] en su investigación *Análisis de la implementación de ladrillos fabricados a partir de plástico reciclado como material de construcción* identifica como problemática la falta de acceso a la vivienda y un ambiente limpio como derecho humano. Ante el problema presentado El objetivo fue analizar la implementación de ladrillos fabricados con plástico

reciclado -el sistema Brickarp- en la construcción de viviendas unifamiliares en Colombia. Los hallazgos aseguran que los plásticos que se pueden utilizar para fabricar materiales de construcción son los termoplásticos, destacándose el tereftalato de polietileno (PET) como parte de un grupo de materiales fabricados y evaluados, resistencia a la humedad, resistencia a la corrosión, excelente aislamiento térmico y acústico, peso ligero y montaje que no requiere mano de obra especializada. Desde este punto de vista, el sistema Brickarp contribuye a solucionar el déficit habitacional en Colombia, Por sus características inherentes y excelente relación costo-beneficio, ayuda a reducir la contaminación y el deterioro de los recursos naturales que son ocasionados por la extracción y tratamiento de materiales durante la construcción de viviendas y el reciclaje de este elemento nocivo para la población mientras se ve afectada. Nótese que tiene una fase de degradación muy amplia.

Marsiglio [18] en su investigación *Comparing the properties of polyethylene terephthalate (PET) plastic bricks to conventional concrete masonry* explica acerca de la viabilidad existente de los ladrillos de tereftalato de polietileno (PET) reciclados como insumo principal para la fabricación de ladrillos en reemplazo de las unidades de hormigón. El objetivo de esta investigación es verificar la búsqueda para la producción y prueba de ladrillos PET reciclados. De manera similar, la investigación sobre ladrillos de plástico reciclado tiene el potencial de desviar valiosos desechos plásticos posconsumo de los vertederos y detener este plástico en las próximas décadas. Para llevar a cabo este trabajo, lo primero que hay que hacer es comparar las propiedades de los materiales y el mayor impacto social del PET virgen y el hormigón. Posteriormente se utilizaron datos publicados y análisis de cálculo para comparar la resistencia a la compresión de los dos materiales y, finalmente, se verificaron las sustancias tóxicas liberadas por el hormigón y el PET durante el proceso de producción y posproducción para obtener una comprensión más profunda del impacto general de estos materiales en la salud de los seres humanos. Se concluye que El PET no solo ofrece una mayor resistencia y capacidad de aislamiento, sino que también es más seguro para los trabajadores que producen los materiales y tiene menores emisiones de gases de efecto invernadero asociadas, además los hallazgos iniciales indicaron que los ladrillos de PET serán una alternativa superior, más segura y más sostenible a las unidades de mampostería de hormigón.

Chhazed, *et al.* [19] en su investigación *Utilization of PET waste in plastic bricks, flexible pavement & as alternative constructional material-a review* Explican los plásticos y sus diversas ventajas y dilemas, como no poder degradarse durante muchos años, lo que se ha

convertido en un desafío mundial para los plásticos reciclados. El objetivo de este estudio fue examinar diferentes productos como ladrillos de plástico, pavimento flexible y botellas de plástico como bloques de construcción utilizando residuos de PET como material alternativo. Este trabajo comenzó con la verificación de la compresión de los ladrillos de plástico para ver cuál era el porcentaje de plástico, luego experimentó con las especificaciones de las botellas de plástico para ver qué tan viables serían como material de construcción y, finalmente, analizó el plástico en las aceras. Se concluye que el pavimento de plástico con diferente porcentaje de plástico es mejor que el tradicional, su rendimiento y ciclos de vida son más y requirió poco mantenimiento. Los ladrillos de plástico que son hecho de botellas de plástico tienen una resistencia a la compresión de un segundo ladrillo nivelado y se puede utilizar eficazmente en todas partes en construcción. Asimismo, el material proporciona baja resistencia a la compresión en comparación con bloques de hormigón, pero tiene suficiente resistencia como para construir paredes divisorias y losas de techo a partir de él, también cuenta con mayor resistencia térmica lo que indica que son buenos aislantes. Por lo tanto, todos estos métodos pueden adoptarse para usar residuos plásticos en diferentes sectores y productos.

### **Materiales y métodos**

Para la instalación de una fábrica de ladrillos es necesario realizar lo siguiente:

*Determinar la viabilidad comercial:* Se realizó el estudio de mercado el cual consta de varios puntos, como primer punto se dio a conocer el producto en el mercado, así como sus características, composición y requerimientos de calidad para que pueda cumplir con los estándares de la norma NTP 331.018 [20]. También se determinó la zona de influencia del proyecto debido a que es de suma importancia para determinar el área de mercado y conocer los factores que limitan la comercialización. Asimismo, se realizó un estudio del consumo regional del ladrillo tradicional para proyectar la demanda a los próximos años.

Posteriormente se fijó el precio del producto y se realizó la planificación de ventas a 5 años lo que sirvió para conocer la factibilidad de usar los ladrillos ecológicos a base de PET para atender la demanda actual y poder sustituir al ladrillo común de arcilla.

*Determinar la viabilidad técnica:* Para la localización de la fábrica de ladrillos PET se optó por realizar un análisis macro y micro los cuales sirvieron para analizar los aspectos geográficos, socioeconómicos y culturales. Posteriormente se justificó la ubicación y localización de la planta después haber completado el método técnico de localización. Por otra

parte a través de informes e investigaciones previas [9], se determinó el proceso por el cual pasa la materia prima hasta que se transforma en producto final, se determinaron las propiedades físicas y especificaciones técnicas que se necesitan para elaborar los ladrillos PET de óptima calidad, asimismo se presentó la Norma Técnica Peruana NTP 331.018, esta permite reconocer los tipos de ladrillos según sus características, también se realizó un experimento el cual ayudó a identificar la dosificación necesaria y más óptima [11] que se necesita para obtener un producto con las mejores especificaciones. Además, se especificó el proceso productivo mediante un Diagrama de Operaciones de Procesos y de flujos, balance de masa, plan de producción y capacidad de planta. Finalmente se detalló la maquinaria y equipos de producción necesaria para la obtención del producto final y se describió el plan de distribución de planta, se calcularon las áreas y dimensiones mediante el método de Guerchet y SLP.

*Evaluar la viabilidad económica-financiera:* Finalmente para el último objetivo se realizó un análisis económico-financiero de la propuesta en el cual se tomó en cuenta el precio de la maquinaria, los insumos utilizados y la mano de obra que se utiliza y para verificar si la propuesta generaba ingresos y por último se realizó el análisis del VAN y TIR para determinar la viabilidad de esta.

## **Resultados y discusión**

### Estudio de mercado

El presente trabajo de investigación se llevará a cabo para determinar la prefactibilidad de instalar una planta de ladrillos a base de PET para atender la demanda de la región Lambayeque.

El producto principal del trabajo (ver tabla 1) es el ladrillo a base de plástico PET, el cual se tomó como base a la investigación de Febres [12] este además es hecho a base de cemento, arena, cal y agua, no cuenta con subproductos, para elaborar ladrillos ecológicos PET que cumplan las expectativas y propiedades que se necesiten, se investigó y se encontró la siguiente clasificación del ladrillo en cinco tipos de acuerdo con sus propiedades. Para cada tipo de constructor, como la resistencia a la compresión, la densidad mínima y la absorción. Cabe resaltar que el ensayo de absorción máxima sólo es exigible cuando el ladrillo estará en contacto directo con lluvia intensa (ver anexo 1). Posterior a la presentación de propiedades físicas requeridas, se obtuvieron resultados de un experimento [10] en el cual se separaron las dosificaciones de cemento (20%), cal (5%), agua (25%), arena (25%) y PET (25%).

**Tabla 1: Ficha técnica del producto**

<b>Nombre del producto:</b> Ladrillo Ecológico con material reciclado PET					
<b>Función:</b> Material de construcción					
<b>Insumos requeridos:</b> Cemento, agua, cal, PET y arena					
Características del producto	Tipo		Norma técnica o especificación	Medio de control	Técnica de inspección
	Variable / Atributo	Nivel de criticidad	V.N = Tolerancia		
Dimensiones	Variable	Mayor	8cm alto 3cm ancho 24 largo	Centímetro / No destructiva	Muestreo
Absorción del agua	Variable	Crítico	8.1% aa	Ensayo Lab / Destructiva	Muestreo
Resistencia a la flexión	Variable	Crítico	4.19 mpa	Regla metálica - Cuña / Destructiva	Muestreo
Resistencia a la compresión	Variable	Crítico	212.6 kgf/cm <sup>2</sup>	Ensayo Lab / Destructiva	Muestreo
Color	Atributo	Mayor	Característico plomo	Tabla de colores / No destructiva	Muestreo

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta un cuadro en el cual se observa resultados de un estudio de características físico-mecánicas del ladrillo de arcilla común, bloque de mortero y el ladrillo PET, esta cumple con las características básicas capaces de competir con el ladrillo más usado, el de arcilla y el bloque de mortero portantes y no portantes sin ningún problema alguno (ver anexo 2).

La zona de influencia del proyecto fue determinada por la disponibilidad de la materia prima del producto que es el plástico PET. En el año 2021, la región Lambayeque generó 330 572,24 toneladas de residuos sólidos (ver tabla 2), pero en lo que respecta al plástico, según [21] se genera un 10% del total de residuos sólidos y de esa cantidad el 25% lo conforma el tipo PET lo que indicaría un total de 8 264,3 toneladas.

**Tabla 2: Generación de residuos sólidos en la región Lambayeque**

N.º	Provincia	Generación municipal anual (t/año)	Generación municipal diaria (t/día)	Generación municipal per cápita (kg/hab./día)
1	Chiclayo	271 936,51	745,03	0,91
2	Ferreñafe	17 046,23	46,7	0,73
3	Lambayeque	41 589,51	113,94	0,65
<b>Total</b>		<b>330 572 ,24</b>	<b>905,68</b>	<b>0,86</b>

Para la realización del análisis de la demanda se estableció como base el ladrillo común de arcilla debido a que tiene características similares al producto en cuestión. Según los datos extraídos por Pozo [22] el consumo de ladrillos del departamento de Lambayeque registra para el año 2017 el total de 288 751,5 toneladas, incluido un consumo creciente desde el año 2002 hasta el año 2017 contando con una tasa de crecimiento de 10% en promedio por cada año que pasa (ver anexo 3).

Después de hallar el consumo regional se realizó la proyección de la demanda por el método de regresión lineal según la línea de tendencia observada (ver anexo 3).

Seguidamente se proyectó la demanda desde el año 2018 hasta el 2027, de esta data solo se requiere el periodo de interés del proyecto el cual es de cinco años (2023-2027). Se detalla en la tabla 3 que se pronostica un total de 257 066,59 toneladas para el último año incluida una tasa de crecimiento de 6%.

**Tabla 3. Proyección de la demanda**

Año	Proyección de la demanda (t)	Tasa de crecimiento
<b>2018</b>	120 147,47	-
<b>2019</b>	135 360,70	13%
<b>2020</b>	150 573,94	11%
<b>2021</b>	165 787,18	10%
<b>2022</b>	181 000,41	9%
<b>2023</b>	196 213,65	8%
<b>2024</b>	211 426,88	8%
<b>2025</b>	226 640,12	7%
<b>2026</b>	241 853,35	7%
<b>2027</b>	257 066,59	6%

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, se sabe que la oferta será igual a la demanda debido a que no hay productores actuales de ladrillos ecológicos en la región. No obstante, se presentará la participación de

mercado en el sector ladrillero legal dentro de la región resultando los más relevantes: Ladrillos Lark y Ladrillos Forte con un 19 y 18% respectivamente (ver anexo 4). Asimismo, se tiene que considerar que existe mucha informalidad en la región, por lo que el porcentaje de participación general puede variar según la cantidad de ladrilleras informales actuales.

Según Baca [23], para poder acondicionar el tamaño del proyecto, la demanda tiene que ser superior a este por lo que se va a cubrir el 10%. Seguido a esto se presentará la cantidad que se va a atender de la demanda proyectada en toneladas.

**Tabla 4. Demanda del proyecto**

Periodo	Proyección de la demanda (t)	Demanda del proyecto (t)
Año 1	196 213,65	19 621,37
Año 2	211 426,89	21 142,69
Año 3	226 640,12	22 664,01
Año 4	241 853,36	24 185,34
Año 5	257 066,60	25 706,66

Fuente: Elaboración propia

En la tabla que se presentará a continuación se mostrará el precio histórico del ladrillo por millar desde el año 2017 al año 2021, se puede apreciar el aumento significativamente en cinco años hasta en S/ 270, 5 [24]. Después de aplicar los cálculos del método de regresión lineal, se obtuvieron los resultados de los precios por millar para el periodo deseado del proyecto, siendo de S/ 1235,45 para el año 5.

**Tabla 5. Proyección del precio**

Periodo	Precio histórico (S/millar)	Periodo de proyección	Proyección del precio (S/millar)
2017	662,90	Año 1	958,05
2018	664,40	Año 2	1 027,4
2019	672,40	Año 3	1 096,75
2020	816,90	Año 4	1 166,1
2021	933,40	Año 5	1 235,45

Fuente: Elaboración propia

Para el plan de ventas se tomaron los datos de la demanda del proyecto y los precios que se pronosticaron para los años de conveniencia. El producto se venderá por millares y cada ladrillo

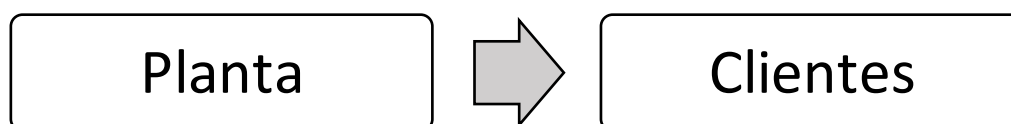
tiene un peso de 2,7 kg. Obteniendo de esta manera para el primer año S/ 6 962 314,42, el plan de ventas se muestra a continuación:

**Tabla 6. Plan de ventas de ladrillo PET para un periodo de 5 años**

Periodo	Demanda del proyecto (t)	Demanda del proyecto (millares)	Precio (S/millar)	Ventas (S/)
Año 1	19 621,37	7 267,17	958,05	6 962 314,42
Año 2	21 142,69	7 830,63	1027,4	8 045 184,62
Año 3	22 664,01	8 394,08	1096,75	9 206 205,77
Año 4	24 185,34	8 957,53	1166,1	10 445 377,89
Año 5	25 706,66	9 520,99	1235,45	11 762 700,95

Fuente: Elaboración propia

Por último, para el método de comercialización del producto se realizará como se muestra en la figura, en la cual los ladrillos PET elaborados en la planta serán vendidos directamente a las personas relacionadas al rubro de construcción como se muestra a continuación.



**Figura 1. Comercialización de ladrillos PET**

Fuente: Elaboración propia

### Localización de planta

El enfoque de este estudio es realizar la instalación de la planta en el departamento de Lambayeque.

Se hizo una evaluación de micro localización y se eligió 2 provincias debido a que contaban con zonas en la cual se podía instalar plantas sin problemas. La provincia de Chiclayo y la provincia de Lambayeque para los cuales se evalúan los siguientes factores disponibilidad de áreas industriales en comercialización, precio del terreno y distancia de materia prima (ver anexo 6) y se opta por la alternativa de Lambayeque la cual tiene una mayor puntuación y es de 466, 66.

### Ingeniería del proyecto

Para la elaboración del producto se tiene en cuenta la materia prima necesaria, consta de 25% PET, 20% de cemento, 25 % agua, 25 % de arena y finalmente 5% de cal [25]. Los requerimientos de materiales para el proyecto se hallan a partir del plan de ventas anteriormente detallado:

**Tabla 7. Requerimiento de materiales**

<b>Año</b>	<b>1 año</b>	<b>2 año</b>	<b>3 año</b>	<b>4 año</b>	<b>5 año</b>
Producción de ladrillos (t)	19 621,37	21 142,69	22 664,01	24 185,34	25 706,66
Ladrillos (kg)	52 977,70	57 085,26	61 192,83	65 300,42	69 407,98
Cemento (kg)	10 595,54	11 417,05	12 238,57	13 060,08	13 881,60
Agua (L)	13 244,42	14 271,32	15 298,21	16 325,10	17 352,00
Cal (kg)	2 648,88	2 854,26	3 059,64	3 265,02	3 470,40
Arena (kg)	13 244,42	14 271,32	15 298,21	16 325,10	17 352,00
PET (kg)	13 244,42	14 271,32	15 298,21	16 325,10	17 352,00

Fuente: Elaboración propia

Se considera los 5 primeros años comprendidos entre el 2023 al 2027. En la tabla 7 se puede observar la cantidad de material necesario para poder cumplir con la demanda del mercado.

Se pudo encontrar el proceso productivo de los ladrillos ecológicos PET, los cuales tienen las siguientes etapas en específico [26]:

Recepción: En esta etapa llega la materia prima directa e indirecta, para el caso del PET llega totalmente tratado previamente por el proveedor el cual se encarga del proceso de lavado y secado de este.

Triturado: En esta etapa el PET es llevado a la máquina de triturado, una vez esté en la máquina se empieza a triturar para que quede en trozos pequeños y genera como resultado un insumo listo para pasar a la máquina ladrillera.

Homogenización: En esta etapa, la máquina es la encargada de mezclar el agua, el cemento, cal y el PET y paralelamente se realizan el control de producción.

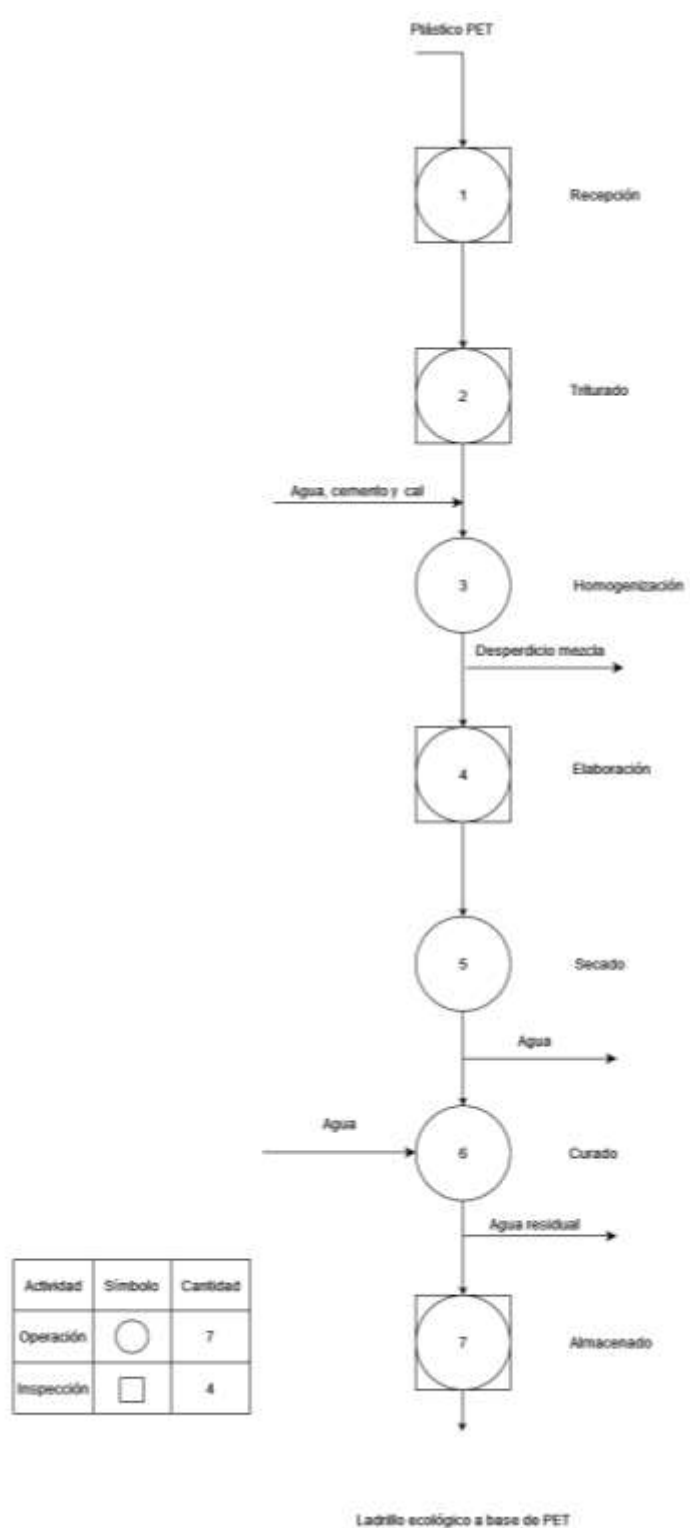
Elaboración: Este es el proceso más importante, se tendrá una máquina ladrillera automática que se encarga del moldeo de los ladrillos.

Secado: Posteriormente al moldeo de los ladrillos, se separan tendrán que llevar a secar por un día.

Curado: En esta etapa se tienen que regar todos los ladrillos continuamente, esto por lo general dura entre 15 días y se realizará en un área de 200 m<sup>2</sup>.

Almacenado: Como última etapa los ladrillos son llevados al área de productos terminados para que puedan ser almacenados para su posterior despacho.

**Figura 2. Diagrama de Operaciones de Proceso**



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente de tener el Diagrama de Operaciones de Proceso se detalla el balance de materia en el anexo 8 y se registran los indicadores de eficiencia dentro de las actividades presentes en la elaboración del ladrillo PET, en la etapa de la elaboración se tiene un 95,4% de eficiencia, en la etapa de secado se tiene un 98,7% de eficiencia y en la etapa de curado un 97,7% posteriormente se realizó el cálculo de la capacidad de planta y los indicadores de producción tomando en cuenta la demanda del proyecto de la tabla 2. Para obtener la capacidad de diseño se añadió un margen de 10% de holgura para cubrir algún imprevisto que pueda surgir tales como variación de la demanda teórica, cuya cantidad de producción para el periodo 5 sería 28 277,326 toneladas de ladrillo.

Después de mencionar las capacidades de la planta, se hizo la selección de las maquinas que se necesitarán para el proceso productivo tomando en cuenta la capacidad requerida y el aspecto económico. y se detallan en la tabla 8.

**Tabla 8. Maquinaria requerida para el proceso productivo**

Máquina	Potencia (kW)	Capacidad (kg/h)
Mezcladora de concreto	7,5	18400
Ladrillera a presión hidráulica	18,5	4000
Trituradora de plástico	37	1000

Fuente: Elaboración propia en base a Alibaba

Una vez que se detalló la potencia y capacidad necesaria para la maquinaria se tuvo que hallar los valores mínimos requeridos para el área de toda la planta mediante el método de Guerchet (ver anexo 7) en donde se tuvo consideración de los elementos fijos y no fijos. El resumen de áreas mínimas se verá en la tabla 7. También se tomaron en cuenta los equipos de producción los cuales ayudarán a que el producto pueda transportarse y pueda cumplir con las medidas requeridas en el proceso productivo (ver anexo 10).

. Asimismo, para determinar la proximidad de todas las áreas se consideró usar el método SLP (ver anexo 9) para posteriormente realizar el plano de distribución (ver anexo 11)

**Tabla 8. Resumen de áreas mínimas requeridas**

<b>Área</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>Producción</b>	216,42
<b>Almacén de materia prima</b>	319,72
<b>Almacén de productos terminado</b>	278,28
<b>Oficinas administrativas</b>	22,93
<b>SS. HH personal administrativo</b>	9,26
<b>SS. HH personal de planta</b>	9,26
<b>Salón de comedor</b>	18,31
<b>Mantenimiento</b>	18,31
<b>Estacionamiento</b>	407,00
<b>Total</b>	<b>1299,49</b>

Fuente: Elaboración propia

### Control de calidad

La materia prima para utilizar deberá cumplir con los requisitos de la NTP 334.090 sobre el Cemento y las especificaciones ASTM C-150.

El PET deberá ingresar a las maquinas dosificadoras en granos de 0.3 a 3 milímetros. Al reemplazar en una gran parte a la arena, el plástico triturado deberá ser lo más parecido en tamaño. La arena restante, debe ser limpiada previamente, ya que la aparición de un material extraño afectará la resistencia de la mezcla obtenida.

Para que la materia prima e insumos se mantengan libres de algún material extraño, estos son guardados en sacos cerrados dentro del almacén, y solo son abiertos hasta el momento en que sean utilizados. La dosificación de los insumos deberá ser exacta, según las proporciones indicadas al inicio del presente trabajo.

La ladrillera automática, deberá de tener el molde a las medidas requeridas, para no generar reprocesos con la mezcla. Una vez la mezcla haya sido moldeada, los ladrillos son organizados en pallets para su rápido control. Finalmente, se procede a la operación de secado. En esta última se debe medir el tiempo y la cantidad de agua requerida para que los ladrillos estén aptos para la construcción. Una vez terminado el proceso de los ladrillos, una muestra debe ser examinada y puesta en pruebas de compresión como indica la NTP de Albañilería. De acuerdo

con los resultados obtenidos, se definirá si el ladrillo es apto para la construcción y a qué tipo de Ladrillos conforma.

Desde la obtención de la materia prima, se seleccionarán proveedores que realicen buenas prácticas, lo que permitirá obtener productos más homogéneos y de mejor calidad. Por ejemplo, para el caso de la obtención de cemento, primero se verificará que este cumpla con los requisitos de la NTP 334.090 y las especificaciones ASTM C-150. Durante todo el proceso se validará que se cumplan las dosificaciones correctas, para lograr una mayor productividad y no generar reprocesos en cada operación. El producto terminado debe de cumplir con la clasificación en cuanto a la absorción de agua y resistencia a la flexión.

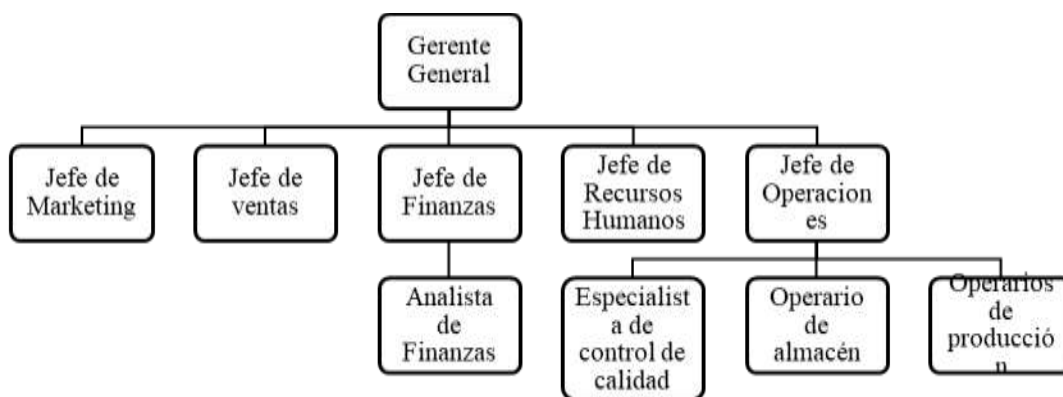
- ✓ Absorción del agua: 8.1%
- ✓ Resistencia a la flexión (Mr): 4.19 mpa
- ✓ Resistencia a la compresión: 212.6 kgf/cm<sup>2</sup>

De no cumplir con las especificaciones y estándares, el ladrillo sería no apto para construcciones, por ende, no podría ser vendido.

### Organización

La planta tendrá 2 accionista y el dueño del proyecto. Asimismo, contará con un organigrama presentado en la figura 2 con todos los integrantes.

El área administrativa incluirá áreas como finanzas, recursos humanos, mercadeo, ventas y gerencia general. En el área de operaciones, el gerente de operaciones será responsable de todos los involucrados en el proceso de producción del producto.



**Fig 2. Organigrama de la empresa**  
Fuente: Elaboración propia en base a [26]

Evaluación de la viabilidad económica

Como última parte del proyecto, se necesita calcular la inversión necesaria para que pueda llevarse a cabo.

La inversión tangible resulta un total de S/1 486 769,36, para obtener esta cifra se tomaron en cuenta los siguientes items: terrenos, construcciones, maquinaria, equipo de producción, equipos de oficina (ver tabla 9).

**Tabla 9. Inversión tangible**

Ítem		Total
Terrenos	S/	698 880,00
Construcciones	S/	723 794,36
Maquinaria	S/	37 632,00
Equipo de Producción	S/	14 938,00
Equipos de Oficina	S/	11 525,00
<b>Total</b>	<b>S/</b>	<b>1 486 769,36</b>

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se procedió a realizar la inversión intangible, esta forma parte los permisos de la municipalidad, inscripción en la SUNARP, documentación SG SST, estudio de mercado, promoción y publicidad y plano de planta sumando un valor total de S/95 751,00.

Con respecto a los sueldos de los colaboradores entre mano de obra directa e indirecta se tuvieron en cuenta factores importantes que se deben considerar según el estado por ley sus beneficios lo que suma un valor total anual de S/207 474,00.

Finalmente, en lo que respecta a costos de fabricación pertenece la rama de costos directos de los cuales para el primer año resulta un total de S/2 434 502,72. También con respecto a los CIF se toma en cuenta la MOI y la energía consumida por todas las máquinas de la fábrica, el precio del kW/h es de S/ 0,75; teniendo como resultado una suma de S/17 061,41 en el primer año.

Por otra parte, se ha considerado para el capital de trabajo los costos de producción, los gastos administrativos, de comercialización, financieros y amortizaciones. En la tabla 9 se detalla el capital de trabajo que se necesita en los 5 años de proyección, asimismo se obtiene un valor positivo siendo este S/1 427 149,78.

Los costos de producción de la materia prima (plástico PET) tiene un costo de S/. 0,50 y

entre los costos de material indirecta se encuentra el agua, cemento, arena y cal con un costo de S/. 0,01, S/. 0,40, S/. 0,10 y S/. 0,21 respectivamente.

Los gastos financieros comprenden entre las amortizaciones e intereses a pagar de manera periódica por el préstamo de S/ 246 616,07 a 5 años con una tasa de interés de 7,7% para que se pueda ejecutar el proyecto.

Asimismo, existe una cantidad mínima de producción y venta de ladrillos en la cual llega a un punto de equilibrio, lo que se traduce a que no se generan ni pérdidas ni ganancias, para el primer año equivale 2037 millares, este va disminuyendo a través de los años hasta un total de 1 712 para el quinto año.

Tabla 10. Capital de trabajo

	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año
INGRESOS	S/ 6 962 314,43	S/ 7 502 130,75	S/ 8 041 947,07	S/ 8 581 763,39	S/ 9 121 579,71
<b>TOTAL NGRESOS</b>	<b>S/ 6 962 314,43</b>	<b>S/ 7 502 130,75</b>	<b>S/ 8 041 947,07</b>	<b>S/ 8 581 763,39</b>	<b>S/ 9 121 579,71</b>
EGRESOS					
Costos de Producción	S/ 4 985 259,98	S/ 5 354 378,16	S/ 5 723 496,34	S/ 6 092 614,52	S/ 6 461 732,70
Gastos Administrativos	S/ 158 137,54	S/ 158 137,54	S/ 158 137,54	S/ 158 137,54	S/ 158 137,54
Gastos de Comercialización	S/ 73 435,10	S/ 73 435,10	S/ 73 435,10	S/ 73 435,10	S/ 73 435,10
Gastos Financieros (Intereses)	S/ 71 715,95	S/ 53 786,97	S/ 35 857,98	S/ 17 928,99	S/ -
GF (Amortizaciones)	S/ 246 616,07	S/ 246 616,07	S/ 246 616,07	S/ 246 616,07	S/ 246 616,07
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>S/ 5 535 164,65</b>	<b>S/ 5 886 353,84</b>	<b>S/ 6 237 543,03</b>	<b>S/ 6 588 732,22</b>	<b>S/ 6 939 921,41</b>
<b>SALDO (Déficit / Superávit)</b>	<b>S/ 1 427 149,78</b>	<b>S/ 1 615 776,91</b>	<b>S/ 1 804 404,04</b>	<b>S/ 1 993 031,17</b>	<b>S/ 2 181 658,30</b>
<b>UTILIDAD ACUMULADA</b>	<b>S/ 1 427 149,78</b>	<b>S/ 3 042 926,69</b>	<b>S/ 4 847 330,73</b>	<b>S/ 6 840 361,90</b>	<b>S/ 9 022 020,19</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11. Inversión total del proyecto**

<b>Descripción</b>	<b>Inversión Total (S/.)</b>	<b>Promotor del Proyecto(S/.)</b>	<b>Socio Estratégico (S/.)</b>	<b>Financiamie</b>
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>	<b>S/ 1 427 149,78</b>	<b>S/ 285 429,96</b>	<b>S/ 1 141 719,82</b>	
<b><u>Inversión Tangible</u></b>				
Terrenos	S/ 698 880,00		S/ 349 440,00	S/ 349
Construcciones	S/ 723 794,36			S/ 723
Maquinaria	S/ 37 632,00			S/ 37
Equipo de Producción	S/ 14 938,00			S/ 14
Equipos de Oficina	S/ 11 525,00			S/ 11
<b>Total Inversión Tangible</b>	<b>S/ 1 486 769,36</b>		<b>S/ 349 440,00</b>	<b>S/ 1 137</b>
<b><u>Inversión Intangible</u></b>				
Gastos Preoperativos	S/ 95 751,00			S/ 95
<b>Total Inversión Intangible</b>	<b>S/ 95 751,00</b>			<b>S/ 95</b>
Imprevistos 5%	S/ 150 483,51	S/ 150 483,51		
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>S/ 3 160 153,65</b>	<b>S/ 435 913,46</b>	<b>S/ 1 491 159,82</b>	<b>S/ 1 233</b>

Fuente: Elaboración propia

Después se realizó el cálculo del VAN y el TIR obteniendo los valores de S/1 779 831,08 y 52% respectivamente. Al ser el VAN positivo y el TIR mayor al TMAR se puede decir que el proyecto es totalmente viable. Finalmente, el análisis B/C tuvo un resultado de S/. 1,28 lo que indica que por cada sol invertido se estaría ganando S/. 0,28. En la tabla 12 se puede apreciar el flujo de caja proyectado hasta el año 5 donde a partir del segundo año se obtiene la cantidad de utilidad acumulada de S/. 147 148,4.

Tabla 12. Flujo de caja

	0 año	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año
<b><i>Inversión</i></b>						
Capital Social	S/ 1 922 619,40					
Préstamos a CP y LP	S/ 1 233 080,36					
<b>Total Inversión</b>	<b>S/ 3 155 699,76</b>					
<b><i>INGRESOS</i></b>						
Cuentas por Cobrar (Ventas a crédito)		S/ 2 552 848,62	S/ 2 982 858,42	S/ 3 198 784,95	S/ 3 414 711,48	S/ 3 630 638,00
Ventas al Contado		S/ 4 177 388,66	S/ 4 501 278,45	S/ 4 825 168,24	S/ 5 149 058,03	S/ 5 472 947,82
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>S/ 6 730 237,28</b>	<b>S/ 7 484 136,87</b>	<b>S/ 8 023 953,19</b>	<b>S/ 8 563 769,51</b>	<b>S/ 9 103 585,83</b>
<b><i>EGRESOS</i></b>						
Costos de Producción		S/ 4 985 259,98	S/ 5 354 378,16	S/ 5 723 496,34	S/ 6 092 614,52	S/ 6 461 732,70
Gastos administrativos		S/ 158 137,54	S/ 158 137,54	S/ 158 137,54	S/ 158 137,54	S/ 158 137,54
Gastos de comercialización		S/ 73 435,10	S/ 73 435,10	S/ 73 435,10	S/ 73 435,10	S/ 73 435,10
Amortización de préstamos		S/ 246 616,07	S/ 246 616,07	S/ 246 616,07	S/ 246 616,07	S/ 246 616,07
Depreciación		S/ 44 861,35	S/ 44 861,35	S/ 44 861,35	S/ 44 861,35	S/ 44 861,35
<b>TOTAL EGRESOS</b>		<b>S/ 5 508 310,04</b>	<b>S/ 5 877 428,22</b>	<b>S/ 6 246 546,40</b>	<b>S/ 6 615 664,58</b>	<b>S/ 6 984 782,76</b>
<b>SALDO BRUTO (antes de impuestos)</b>		S/ 1 221 927,23	S/ 1 606 708,65	S/ 1 777 406,79	S/ 1 948 104,93	S/ 2 118 803,07
Impuesto a la Renta (30%)		S/ 366 578,17	S/ 482 012,59	S/ 533 222,04	S/ 584 431,48	S/ 635 640,92
<b>SALDO (después de impuestos)</b>		S/ 855 349,06	S/ 1 124 696,05	S/ 1 244 184,75	S/ 1 363 673,45	S/ 1 483 162,15
Depreciación		S/ 44 861,35	S/ 44 861,35	S/ 44 861,35	S/ 44 861,35	S/ 44 861,35
<b>SALDO FINAL (Déficit / Superávit)</b>	<b>-S/ 1 922 619,40</b>	<b>S/ 900 210,42</b>	<b>S/ 1 169 557,40</b>	<b>S/ 1 289 046,10</b>	<b>S/ 1 408 534,80</b>	<b>S/ 1 528 023,50</b>
<b>UTILIDAD ACUMULADA</b>	<b>-S/ 1 922 619,40</b>	<b>-S/ 1 022 408,98</b>	<b>S/ 147 148,42</b>	<b>S/ 1 436 194,52</b>	<b>S/ 2 844 729,32</b>	<b>S/ 4 372 752,82</b>

Fuente: Elaboración propia

### Estudio de sostenibilidad ambiental

Se han identificado impactos ambientales durante la etapa de construcción, tales como: La demolición del suelo genera una gran cantidad de material particulado, que puede ocasionar daños a la mano de obra en contacto con la obra, y ruido de las diferentes maquinarias utilizadas en la construcción de la planta de procesamiento y las emisiones de la maquinaria utilizada en la construcción de combustión de gas, y finalmente para producir aguas residuales de limpieza de maquinaria y equipo.

A su vez, se han identificado impactos ambientales durante la fase de operación: generación de residuos sólidos, material descartado por arranque y en proceso, residuos de cal en almacenes de materia prima, residuos de material de papelería, residuos de repuestos de equipos.

Se decidió tomar acción correctiva para evitar vertidos por fallas en las máquinas, así como el manejo y tratamiento de efluentes líquidos dentro de la empresa, el cual se realizará mediante un sistema de alcantarillado o sumidero, que permitirá la evacuación del agua. evacuados y las aguas residuales pueden ser tratadas y reutilizadas Para el riego de lo que serían las áreas verdes, los residuos sólidos finalmente se analizan para determinar cuáles pueden ser reutilizados o reciclados, y si estas posibilidades no existen, se debe gestionar adecuadamente para asegurar que es donde están los residuos

### Discusiones

De acuerdo con los resultados del estudio de mercado se pudo determinar la demanda del producto para el año 2023 siendo estas 19 621 toneladas de ladrillo a su vez Febres [12] obtuvo un total de 19 517 toneladas lo cual se asemeja mucho al estudio en cuestión a pesar de haber sido el estudio en Lima Metropolitana y un poco alejada de la demanda de Piñeros y Herrera [14] con 71 942 millares de ladrillos para el primer año. Asimismo, el precio proyectado para el último año fue de S/.1 235 a diferencia de Campos, *et al* [13] solo realiza un estudio cualitativo mediante encuestas sin fijar un precio de venta.

Con respecto al análisis técnico tecnológico el proceso productivo del presente artículo considera las etapas de triturado, homogenización, elaboración, secado y curado concordando con el estudio de Gareca, *et al.* [10]. y reforzado por el de Gaggino, *et al.* [16]. Por otro lado, para el diseño de la planta y su determinación de áreas se utilizó el método Guerchet resultando un área total necesaria de 1299,49 m<sup>2</sup> a diferencia de la investigación de Zuleta y Sarquis [15]

los cuales identificaron la necesidad de optar por un área de 185,4 m<sup>2</sup> debido a que es un proyecto de menor escala.

Respecto al análisis económico financiero, se obtuvo un TIR de 19% y un TMAR de 52%. Por su lado, Febres [12] en su trabajo de prefactibilidad obtuvo un TIR de 44% y con un B/C de 2,19 lo cual se considera viable. Otro caso similar es el de Campos, *et al* [13] quienes también obtuvieron resultados positivos como lo es un TIR de 23% lo que hace viable el estudio y finalmente se obtuvo un VAN de S/1 779 831,08 a diferencia del trabajo de Piñeros y Herrera [14] el cual obtuvo un VAN de 1 073 030,37 en un periodo de 5 años.

### **Conclusiones**

La propuesta de instalación de una fábrica de ladrillos a base de PET para atender la demanda de la región Lambayeque es un proyecto totalmente viable comercial, tecnológica y económicamente, según los resultados que se han obtenido en el desarrollo de cada uno de los objetivos.

El estudio de mercado fue útil para el análisis del comportamiento de la demanda y oferta, obteniendo una demanda para los próximos 5 años teniendo ventas de hasta S/. 9 121 579,71.

La determinación de la viabilidad técnica es totalmente positiva en la cual se cuenta con un plan de producción de ladrillos PET de 9 521 millares para el año 5. También, se determinó la ubicación mediante una matriz de factores ponderados, teniendo como ubicación seleccionada la provincia de Lambayeque específicamente en la carretera obteniendo un puntaje de 466,66. Después se realizó la elaboración del plano de distribución haciendo uso del método Guerchet y SPL obteniendo un área aproximada de 1299,49 m<sup>2</sup>.

Se evaluó la viabilidad económica y financiera, se obtuvo una inversión de S/1 422 907,98 con un periodo de retorno en el segundo año. Además, se obtuvieron valores del VAN con S/1 779 831,08 y un TIR de 52% con un Beneficio/Costo (B/C) de S/ 0,14 por cada sol invertido.

### **Recomendaciones**

Se recomienda realizar un análisis más a fondo en cuanto a la demanda y precio de venta mundial del ladrillo PET para compararlo con el país para así fomentar de manera más exacta el uso de este producto.

Se recomienda tomar en cuenta los resultados de este proyecto para realizar una evaluación con respecto al comportamiento del mercado y la participación que tendría el producto si es que se realizase para que haya menos riesgo de viabilidad del proyecto.

Se recomienda realizar un análisis económico financiero para evaluar la sensibilidad del flujo de caja mediante una suposición de obtención de más maquinaria y agregando un nuevo proceso de lavado con el objetivo de incrementar la capacidad de planta y por ende los ingresos

## Referencias

- [1] M. Gómez, J. Arzola, B. Rosales y R. Ramírez, «Los ladrillos cocidos y el aceite quemado,» *La Ciencia y el Hombre*, vol. 20, n° 1, 2007.
- [2] CAPECO, «El sector inmobiliario peruano: efectos y recuperación post-pandemia, retos y desafíos,» Lima, 2022.
- [3] Programa Regional Aire Limpio, «Detras de los ladrillos: una gestión integral para el sector informal,» Lima, 2009.
- [4] L. Vargas y E. Tascón, «Comparación estructural, económica y ambiental de bloques de mortero con botellas plásticas(pet) y ladrillo tradicional macizo de barro,» Tesis para optar el título de ingeniero civil, Bogota, 2016.
- [5] E. Echevarría, «Ladrillos de concreto con plástico pet reciclado,» Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Cajamarca, 2017.
- [6] M. Averardo, «El ladrillo orígenes y desarrollo,» FAU-UNNE, Chaco, 2009.
- [7] Escuela Colombiana de Ingeniería, «Plásticos,» Bogotá, 2007.
- [8] V. Jankauskaite, G. Macijauskas y R. Lygaitis, «Polyethylene terephthalate waste recycling and application possibilities: a review,» *Medziagotyra*, vol. 14, n° 2, pp. 119-127, 2008.
- [9] R. Gaggino, «Emprendimiento de fabricación de ladrillos con plásticos reciclado involucrando actores públicos y privados,» *Área*, n° 21, pp. 35-45, 2015.
- [10] M. Gareca, M. Andrade, D. Pool, F. Barrón y H. Villarpando, «Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos,» *Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 18, n° 21, pp. 25-61, 2020.
- [11] A. Martínez y M. Cote, «Diseño y fabricación de ladrillo reutilizando materiales a base de pet,» *INGE CUC*, vol. 2, n° 10, pp. 76-80, 2014.
- [12] G. Febres, «Estudio de prefactibilidad para la elaboración de ladrillos ecológicos a base de material reciclado PET,» Tesis para optar el título de Ingeniero industrial, Lima, 2021.
- [13] K. Campos, F. Gomez, M. Montero, F. Pantoja y J. Pasco, «Diseño del proceso de producción de ladrillos basados en plástico reciclado,» Piura, 2019.

- [14] M. Piñeros y R. Herrera, «Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda,» Bogota, 2018.
- [15] A. Zuleta y D. Sarquis, «Diseño del proceso de producción de ladrillo a base de plástico en la empresa Protec-M Municipio de la Paz Cesar,» Valledupar, 2021.
- [16] Centro Experimental de la Vivienda Económica, «Emprendimiento de fabricación de ladrillos con plásticos reciclado involucrando actores públicos y privados,» *Área*, n° 21, pp. 35-45, 2015.
- [17] D. Castillo, «Análisis de la implementación de ladrillos fabricados a partir de plástico reciclado como material de construcción,» Bogota, 2018.
- [18] L. Marsiglio, «Comparing the properties of polyethylene terephthalate (PET) plastic bricks to conventional concrete masonry units,» *IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, pp. 1-6, 2020.
- [19] A. Chhazed, M. Makwana y A. Navlakhe, «Utilization of PET waste in plastic bricks, flexible pavement & as alternative constructional material- a review,» *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 14, n° 3, pp. 616-620, 2019.
- [20] INDECOPI, «Ladrillos de arcilla usados en albañería,» Lima.
- [21] MINAM, «El plástico representa el 10% de todos los residuos que generamos en el Perú,» Lima, 2018.
- [22] L. Pozo, «Identificación de impactos ambientales significativos en la industria ladrillera utilizando un modelo de simulación dinámica,» Lambayeque, 2018.
- [23] G. Baca, *Evaluación de proyectos*, México D.F: Mc Graw-Hill, 2010.
- [24] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Precio del millar de ladrillos King Kong en soles,» Lima, 2022.
- [25] M. Piñeros y R. Herrera, «Proyecto de prefactibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda,» Bogota, 2018.
- [26] J. Altamirano, O. Bullon, K. Cajacuri, F. Chiok y J. Salvatierra, «Ladrillos ecológicos con material reciclado PET,» Trabajo de investigación para optar el grado académico de bachiller, Lima, 2017.

- [27] M. Romo, G. Cordova y L. Cervera, «Estudio urbano-ambiental de las ladrilleras en el municipio de Juárez,» *Estudios Fronterizos*, vol. 5, n° 9, pp. 9-34, 2004.
- [28] M. Blancard, L. Choplin , M. Mbaye y A. Olivereau, «Un sistema de depósito para botellas de plástico en Lima: ¿una alternativa colectiva y exitosa para resolver el problema de la contaminación y de la creciente producción de plástico en el Perú?,» Tesis para optar el grado de maestro en administración, Lima, 2019.
- [29] N. Castillo y J. Pacheco, «La disposición de reciclar botellas de plástico PET en la generación de los Millennials. ¿Es cierto todo lo que se dice?,» Tesis para optar el título profesional de Licenciado en administración, Lima, 2018.
- [30] E. Arrascue y M. Cano, «Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la fabricación de ladrillos vibrocompactado de cemento,» Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Nuevo Chimbote, 2017.
- [31] M. Piñeros y D. Herrera, «Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda,» Bogotá, 2018.
- [32] CEMAP, «MEZCLADORA DE CONCRETO 11P3,» [En línea]. Available: <https://www.edipesa.com.pe/tienda/construcci%C3%B3n/mezcladora-de-concreto-11p3-13hp-dynamic-motor-honda-detalle>. [Último acceso: 2 Junio 2022].
- [33] Coroimport, «Faja transportadora YM-1,» [En línea]. Available: [https://coroimport.com/catalogos/FT\\_YM-1\\_HT.pdf](https://coroimport.com/catalogos/FT_YM-1_HT.pdf). [Último acceso: 2 Junio 2022].
- [34] JSM, «Alibaba,» [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/China-60699835826.html?spm=a2700.8699010.29.11.5f7072cbXAKBk3>. [Último acceso: 2 Junio 2022].

## Anexos

### Anexo 1. Norma Técnica Peruana NTP 331.018: Propiedades físicas de las unidades de mampostería

Tipo	Resistencia a la compresión mínima(kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad mínima(g/cm <sup>3</sup> )	Absorción máxima (%)
I	60	1,50	Sin límite
II	70	1,55	Sin límite
III	95	1,60	25
IV	130	1,65	22
V	180	1,70	22
Bloque portante	50	-	12
Bloque no portante	20	-	15

Fuente: Indecopi, 1978 [10]

### Anexo 2. Características físico- mecánicas de los tres tipos de ladrillo

Características físico-mecánicas	Ladrillo de primera	Bloque de mortero	Ladrillo PET
Dimensión (cm)	25x12x5	25x12x5	25x12x5
Peso (g)	2 430	3 300	3 180
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1,62	2,12	2,2
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	103,6	109,6	131,9
Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	27,12	30,6	25,55
Absorción (%)	13,06	10,11	11,12

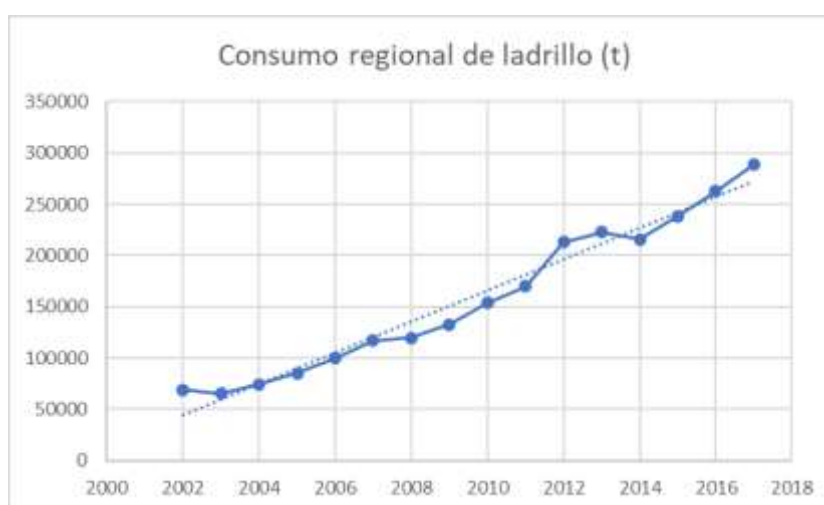
Fuente: Elaboración propia. En base a Gareca, 2020 [10].

### Anexo 3: Análisis de la demanda

**Tabla 1A. Consumo regional del ladrillo en Lambayeque**

Año	Consumo regional de ladrillo (t)	Tasa de crecimiento
2002	69 373,1	-
2003	65 552,4	-6%
2004	74 724,8	14%
2005	85 334,3	14%
2006	99 861,8	17%
2007	117 183,6	17%
2008	119 788,3	2%
2009	132 912,7	11%
2010	154 002,6	16%
2011	170 009	10%
2012	213 308,9	25%
2013	222 696,3	4%
2014	216 073,9	-3%
2015	238 751,7	10%
2016	262 564,1	10%
2017	288 751,5	10%

Fuente: Pozo [22]



**Figura N 01. Patrón de consumo regional de ladrillo en Lambayeque**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2A. Análisis de la proyección de la demanda en Lambayeque**

Años	X (Periodo)	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2002	1	69373,1	69373,1	1	4812627004
2003	2	65552,4	131104,8	4	4297117146
2004	3	74724,8	224174,4	9	5583795735
2005	4	85334,3	341337,2	16	7281942756
2006	5	99861,8	499309	25	9972379099
2007	6	117183,6	703101,6	36	13731996109
2008	7	119788,3	838518,1	49	14349236817
2009	8	132912,7	1063301,6	64	17665785821
2010	9	154002,6	1386023,4	81	23716800807
2011	10	170009	1700090	100	28903060081
2012	11	213308,9	2346397,9	121	45500686819
2013	12	222696,3	2672355,6	144	49593642034
2014	13	216073,9	2808960,7	169	46687930261
2015	14	238751,7	3342523,8	196	57002374253
2016	15	262564,1	3938461,5	225	68939906609
2017	16	288751,5	4620024	256	83377428752
<b>Totales</b>	136	2530889	26685056,7	1496	4,81417E+11

Fuente: Elaboración propia

a=	28868,0575
b=	15213,23588
r=	0,994355666
r <sup>2</sup>	0,98874319

**Tabla 3A. Demanda proyectada de los ladrillos**

Año	Periodo	Pronóstico	Tasa de crecimiento
2018	6	120147,473	-
2019	7	135360,709	13%
2020	8	150573,945	11%
2021	9	165787,18	10%
2022	10	181000,416	9%
2023	11	196213,652	8%
2024	12	211426,888	8%
2025	13	226640,124	7%
2026	14	241853,36	7%

2027                      15                      257066,596                      6%

Fuente: Elaboración propia

#### Anexo 4: Análisis de la oferta

Nº	Ladrilleras	Ventas anuales (miles de soles)	Participación
1	Ladrillera Lark	17 010	19%
2	Ladrillos Fortes	15 552	18%
3	Fabrica Peruanos SAC	14 094	16%
4	Fabrica Cerámicos SAC	10 570	12%
5	Ladrillera Ital	8 456,4	10%
6	Fabrica Estrella del Norte	4 617	5%
7	Ladrillera Inka Forte	3 888	4%
8	Ladrillera Fortaleza	3 645	4%
9	Ladrillera Ladrinorte	3 402	4%
10	Ladrillera Chalpon	2916	3%
12	Ladrillos Tumi	1994	2%
11	Fabrica Ladrillos Tayson	1992	2%
Total		88136,4	100%

Años	X (Periodo)	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2017	1	662,90	662,9	1	439436,41
2018	2	664,40	1328,8	4	441427,36
2019	3	672,40	2017,2	9	452121,76
2020	4	816,90	3267,6	16	667325,61
2021	5	933,40	4667	25	871235,56
<b>Totales</b>	15	3750	11943,5	55	2871546,7

**a=**                      541,95

**b=**                      69,35

$r=$  0,950369144

$r^2$  0,903201509

#### Anexo 5: Pronostico de precios por millar de ladrillos

Año	Periodo	Pronostico	Tasa de crecimiento
2022	6	958,05	-
2023	7	1027,4	7%
2024	8	1096,75	7%
2025	9	1166,1	6%
2026	10	1235,45	6%
2027	11	1304,8	6%
2028	12	1374,15	5%
2029	13	1443,5	5%
2030	14	1512,85	5%
2031	15	1582,2	5%

#### Anexo 6: Matriz de enfrentamiento para la micro localización

Factores	Ponderación	Pimentel		San José		Lambayeque	
		Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
A	50	4	200	2	100	4	200
B	16.67	2	33.34	4	66.68	4	66.68
C	33.33	4	133.32	2	66.66	6	199.98
<b>TOTAL</b>			<b>366.66</b>		<b>233.34</b>		<b>466.66</b>

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 7: Guerchet

PRODUCCIÓN										
Equipos	Cantidad	N	Largo	Ancho	Altura	K	SS	SG	SE	ST
Mezcladora de concreto	2	2	1,4	2	1,8		2,8	5,6	6,72	30,24
Pallets	10	2	1,2	1,2	0,5		1,44	2,88	3,456	77,76
Ladrillera a presión hidráulica	2	2	4,3	1,75	2,3		7,525	15,05	18,06	81,27
Trituradora de residuos de plástico	2	1	0,78	0,54	0,97	0,8	0,4212	0,4212	0,67392	3,03264
Faja transportadora	1	2	4	1	2		4	8	9,6	21,6
Bomba de agua	2	1	0,7	0,5	1		0,35	0,35	0,56	2,52
<b>Área total en m2</b>										<b>216,42264</b>

ALMACÉN DE MATERIA PRIMA								
Equipo	Largo (m)	Ancho (m)	Altura(m)	Cantidad	K	Superficie Estática (Ss)	Superficie de evolución (Se)	Superficie total
Pallets	1,2	1,2	0,5	20		1,44	0,864	46,08
Estantes de carga	1,3	1,4	1,5	20	0,6	1,82	1,092	58,24
Mesa	1,6	1	0,9	5		1,6	0,96	12,8
Silla	0,5	0,65	1	5		0,325	0,195	2,6
Espacio materia				1	0,6	0	0	200
<b>Área total en m2</b>								<b>319,72</b>

ALMACÉN DE PRODUCTOS TERMINADOS								
Equipo	Largo (m)	Ancho (m)	Altura(m)	Cantidad	K	Superficie Estática (Ss)	Superficie de evolución (Se)	Superficie total
Pallets	1,2	1,2	0,5	20		1,44	0,864	46,08
Estantes de carga	1,3	1,4	1,5	10	0,6	1,82	1,092	29,12
Mesa	1,6	1	0,9	1		1,6	0,96	2,56
Silla	0,5	0,65	1	1		0,325	0,195	0,52
Espacio materia				1	0,6	0	0	200
<b>Área total en m2</b>								<b>278,28</b>

OFICINAS ADMINISTRATIVAS								
Equipos	Cantidad	Largo	Ancho	Altura	K	SS	SE	ST
Escritorio	5	1,3	0,9	0,7		1,17	0,936	10,53
Sillas administrativas	5	1,4	0,5	0,5		0,7	0,56	6,3
Mesa de reuniones	1	1,2	1,8	0,8	0,8	2,16	1,728	3,888
Fotocopiadora	1	0,8	0,6	0,8		0,48	0,384	0,864
Papelera para oficina	5	0,5	0,3	0,6		0,15	0,12	1,35
<b>Área total en m2</b>								<b>22,932</b>

<b>SERVICIOS HIGIÉNICOS PARA EL PERSONAL ADMINISTRATIVO</b>								
<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>	<b>K</b>	<b>SS</b>	<b>SE</b>	<b>ST</b>
Inodoro	2	0,81	0,69	0,35		0,5589	0,44712	2,01204
Lavamanos	2	0,89	0,6	1,2	0,8	0,534	0,4272	1,9224
Espejo	2	0,7	0,4	1,7		0,28	0,224	1,008
Cabinas sanitarias	2	1,5	0,8	2		1,2	0,96	4,32
<b>Área total en m2</b>								<b>9,26244</b>

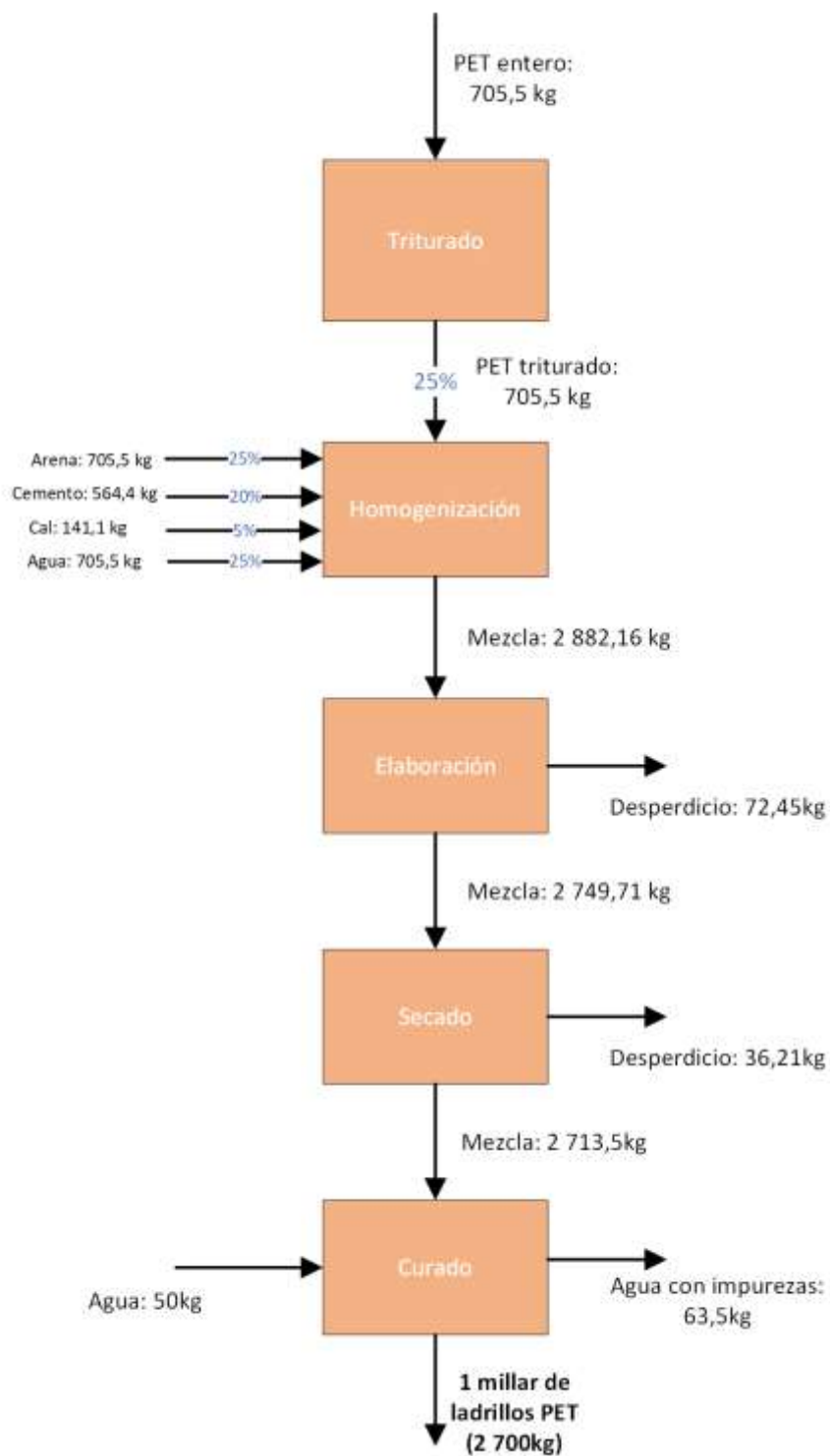
<b>SERVICIOS HIGIÉNICOS PARA EL PERSONAL DE PLANTA</b>								
<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>	<b>K</b>	<b>SS</b>	<b>SE</b>	<b>ST</b>
Inodoro	2	0,81	0,69	0,35		0,5589	0,44712	2,01204
Lavamanos	2	0,89	0,6	1,2	0,8	0,534	0,4272	1,9224
Espejo	2	0,7	0,4	1,7		0,28	0,224	1,008
Cabinas sanitarias	2	1,5	0,8	2		1,2	0,96	4,32
<b>Área total en m2</b>								<b>9,26244</b>

<b>SALON DE COMEDOR</b>								
<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>	<b>K</b>	<b>SS</b>	<b>SE</b>	<b>ST</b>
Mesa para comedor	2	1,6	1	0,9		1,6	1,28	5,76
Banca para comedor	12	1	0,5	0,5	0,8	0,5	0,4	10,8
Refrigeradora	1	1,1	0,7	1,8		0,77	0,616	1,386
Microondas	1	0,4	0,5	0,3		0,2	0,16	0,36
<b>Área total en m2</b>								<b>18,306</b>

<b>MANTENIMIENTO</b>								
<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>	<b>K</b>	<b>SS</b>	<b>SE</b>	<b>ST</b>
Mesas	2	1,6	1	0,9		1,6	1,28	6,12
Bancas	12	1	0,5	0,5	0,8	0,5	0,4	12,1
<b>Área total en m2</b>								<b>18,306</b>

<b>AREA DE ESTACIONAMIENTO</b>								
<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>	<b>K</b>	<b>SS</b>	<b>SE</b>	<b>ST</b>
Estacionamiento	1	5	3	-	0,8	15	12	27
Espacio para maniobrar	1	21	16	-		336	268,8	380
<b>Área total en m2</b>								<b>407</b>

## Anexo 8: Balance de masa



**Anexo 9: Método SLP**

<b>1.Producción</b>								
<b>2.Oficinas</b>	X							
<b>3.Almácen MP</b>	U	A						
<b>4.Almácen PT</b>	E	U	A					
<b>5.SSHH PA</b>	U	U	E	U				
<b>6.SSHH PP</b>	U	U	U	U	O			
<b>7.Comedor</b>	X	X	X	U	O	O		
<b>8.Mantenimiento</b>	X	X	X	O	O	U	E	
<b>9.Estacionamiento</b>	U	U	X	X	U	U	I	U

### Anexo 10: Equipo de producción

ITEMS	Cantidad	Precio (S/.)	Total (S/.)
Bomba de agua	2	S/2 000,00	S/4 000,00
Faja transportadora	1	S/1 600,00	S/1 600,00
Vernier	1	S/130,00	S/130,00
Máquina de ensayo de resistencia a la compresión	2	S/7 104,00	S/14 208,00
Balanza	2	S/300,00	S/600,00
<b>TOTAL</b>			<b>S/14 938,00</b>

### Anexo 11: Plano de planta

