



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

**TRABAJO DE PROYECTO TÉCNICO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO/A
INDUSTRIAL**

TEMA: DISEÑO DE PROCESO PRODUCTIVO PARA ELABORAR LADRILLOS
FABRICADOS A PARTIR DE LA UTILIZACIÓN DEL PLÁSTICO RECICLADO
"PET"

Autores:

-  Cañar Guevara Ronald Steven
-  Delgado Rivera Arrlen Estefany

Tutor:

Ing. López Briones Johnny Roddy

**Milagro, 22 de mayo del 2021
ECUADOR**

DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabricio Guevara Viejó, PhD.

RECTOR

Universidad Estatal de Milagro

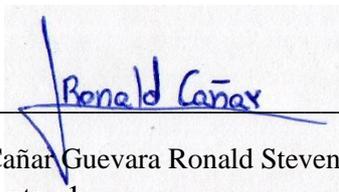
Presente.

Yo, **Cañar Guevara Ronald Steven**, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de integración curricular, modalidad **presencial**, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor, como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Línea de Investigación **desarrollo productivo**, de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de integración curricular en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 22 de Mayo del 2021



Ronald Cañar

Cañar Guevara Ronald Steven.

Autor 1

CI: 070518832-4

DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabrizio Guevara Viejó, PhD.

RECTOR

Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo, **Delgado Rivera Arrlen Estefany**, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de integración curricular, modalidad **presencial**, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor, como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Línea de Investigación de **desarrollo productivo**, de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de integración curricular en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 22 de Mayo del 2021



Delgado Rivera Arrlen Estefany

Autor 2

CI: 093176700-8

APROBACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **López Briones Johnny Roddy** en mi calidad de tutor del trabajo de , elaborado por **Cañar Guevara Ronald Steven** y **Delgado Rivera Arrlen Estefany** cuyo título es **Diseño de proceso productivo para elaborar ladrillos fabricados a partir de la utilización del plástico reciclado "PET"** que aporta a la Línea de Investigación **desarrollo productivo** previo a la obtención del Título de Grado **de Ingeniero/a Industrial** considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios en el campo metodológico y epistemológico, para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso previa culminación de Trabajo de **titulación** de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 22 de mayo del 2021

Ing. López Briones Johnny Roddy

Tutor

C.I: Haga clic aquí para escribir cédula (Tutor).

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

Elija un elemento. Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (tutor).

Elija un elemento. Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (Secretario/a).

Elija un elemento. Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (integrante).

Luego de realizar la revisión del Trabajo de titulación previo a la obtención del título (o grado académico) de Ingeniero Industrial presentado por Cañar Guevara Ronald Steven.

Con el tema de trabajo de Diseño de proceso productivo para elaborar ladrillos fabricados a partir de la utilización del plástico reciclado "PET".

Otorga al presente Trabajo de titulación, las siguientes calificaciones:

Trabajo de Integración Curricular	[]
Defensa oral	[]
Total	[]

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) _____

Fecha: Haga clic aquí para escribir una fecha.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos				Firma
Presidente	Apellidos Presidente.	y	nombres	de	_____
Secretario /a	Apellidos Secretario	y	nombres	de	_____
Integrante	Apellidos Integrante.	y	nombres	de	_____

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

Elija un elemento. Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (tutor).

Elija un elemento. Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (Secretario/a).

Elija un elemento. Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (integrante).

Luego de realizar la revisión del Trabajo de titulación, previo a la obtención del título (o grado académico) de Ingeniera Industrial presentado por Delgado Rivera Arrlen Estefany.

Con el tema de trabajo de Diseño de proceso productivo para elaborar ladrillos fabricados a partir de la utilización del plástico reciclado "PET".

Otorga al presente Trabajo de titulación, las siguientes calificaciones:

Trabajo de Integración	[]
Curricular		
Defensa oral	[]
Total	[]

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) _____

Fecha: Haga clic aquí para escribir una fecha.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos			Firma
Presidente	Apellidos y nombres de	Presidente.		_____
Secretario /a	Apellidos y nombres de	Secretario		_____
Integrante	Apellidos y nombres de	Integrante.		_____

DEDICATORIA

A mi Padre por ser la persona que ha estado siempre conmigo, quien me apoyado en los buenos y malos momentos de mi vida.

A Martha a quien considero como a mi Madre.

A mis Abuelos y Hermanos.

Ronald Steven Cañar Guevara

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación:

A Dios quien me ha acompañado en cada etapa de mi vida, ayudándome a cumplir cada una de las metas que me he propuesto.

A mi papá, hermano, tío y abuela que son la razón por la que busco mejorar y superarme cada día. Los amo.

Delgado Rivera Arrlen Estefany

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme su bendición y sabiduría para seguir siempre adelante en cada paso.

A mi padre Segundo por ser esa persona tan especial e irremplazable en mi vida

A Martha mi madre, por darme todo el apoyo, ánimos y bendiciones para seguir siempre adelante.

A mis Abuelos y hermanos, Jilson, Robert y Josué por todo su apoyo brindado.

A mi tutor de tesis el Ing. Johnny López que gracias a sus tutorías hemos podido culminar con éxito nuestro trabajo de titulación, y a la Universidad y docentes quienes han sido parte de mi formación académica.

Ronald Steven Cañar Guevara

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios por estar conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mi papá Jobanny Delgado quiero agradecerle por su amor incondicional, por su esfuerzo y apoyo impresionante para que yo cumpla este nuevo logro en mi vida.

También les agradezco a los otros 3 integrantes de mi familia, mi hermano Daniel Delgado, mi tío Martín Delgado y mi abuela Teresa Estrada, ya que el camino no fue fácil, pero estuvieron apoyándome durante todo este proceso educativo hasta donde sus alcances se los permitía.

A la Universidad y docentes en general por todos los conocimientos que me han otorgado para llegar a ser una profesional competente en el ámbito laboral.

A mi tutor, el Ing. Johnny López por la ayuda brindada para la exitosa culminación de la presente tesis.

Delgado Rivera Arrlen Estefany

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTOR	3
DERECHOS DE AUTOR	4
APROBACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	5
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR	6
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR	7
DEDICATORIA	9
AGRADECIMIENTO	11
ÍNDICE GENERAL	13
ÍNDICE DE FIGURAS	15
ÍNDICE DE TABLAS	16
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
CAPÍTULO 1	3
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Planteamiento del problema	4
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo General	5
1.2.2. Objetivos Específicos	5
1.3. Alcance	6
1.4. Estado del arte	7
CAPÍTULO 2	17
2. METODOLOGÍA	17
CAPÍTULO 3	42
3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN	42
CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXOS	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Reciclado común de los envases PET.....	9
Ilustración 2. Estrategias de Producción más limpia.	10
Ilustración 3. Alternativas para el desarrollo de una producción sustentable.....	12
Ilustración 4. Trituradora de plástico PET.....	35
Ilustración 5. Tina lavadora de PET triturado.....	35
Ilustración 6. Zaranda para arena.....	36
Ilustración 7. Mezcladora.....	36
Ilustración 8. Tanque de curado.....	37
Ilustración 9. Molde.....	37
Ilustración 10. Carretilla.....	38
Ilustración 11. Pala de acero cuadrada.....	38
Ilustración 12. Montacargas hidráulico.....	39
Ilustración 13. Pastera con ruedas.....	39
Ilustración 14. Espátula.....	40
Ilustración 15. Pallets de madera.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad a producir de los eco-ladrillos.	42
Tabla 2. Costo de maquinaria/herramientas y depreciación.	43
Tabla 3. Mano de obra utilizada en la producción del eco-ladrillo.	43
Tabla 4. Costos de la materia prima.	44
Tabla 5. Costos directos de producción.	44
Tabla 6. Costos indirectos de producción.	45
Tabla 7. VAR y TIR obtenido.	48
Tabla 8. Especificaciones de la máquina trituradora de plástico PET.	54
Tabla 9. Especificaciones de la tina lavadora de PET triturado.	54
Tabla 10. Especificaciones de la zaranda para arena.	54
Tabla 11. Especificaciones de la mezcladora.	55
Tabla 12. Especificaciones de los moldes desarmables.	55
Tabla 13. Especificaciones del tanque de curado.	55
Tabla 14. Especificaciones de la carretilla.	56
Tabla 15. Especificaciones de la pala de acero cuadrada.	56
Tabla 16. Especificaciones del montacargas hidráulico.	56
Tabla 17. Especificaciones de la pastera con ruedas.	56
Tabla 18. Especificaciones de la espátula.	57
Tabla 19. Especificaciones de los pallets.	57

Diseño de proceso productivo para elaborar ladrillos fabricados a partir de la utilización del plástico reciclado "PET"

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como propósito el diseño del proceso de producción para la elaboración de ladrillos con una dimensión de 26x12.5x7 centímetros a base de botellas PET (polietileno de tereftalato) recicladas como materia prima principal, además de la arena, el cemento Portland, el agua y el aditivo acelerante, mezcla que se encontró acorde según investigaciones realizadas para el planteamiento de una nueva alternativa económica y sustentable que reemplace la convencional, también se realizó una breve estimación de costos necesarios para la elaboración de este elemento constructivo con el objetivo de conocer la factibilidad que podría tener el producto en cuanto al costo unitario, en base a los costos reales directos e indirectos de la producción, donde se obtuvo una excelente relación costo-beneficio.

PALABRAS CLAVE: PET, sostenible, insumos, aditivos, curado.

Diseño de proceso productivo para elaborar ladrillos fabricados a partir de la utilización del plástico reciclado "PET"

ABSTRACT

The purpose of this degree work was to design the production process for the manufacture of bricks with a dimension of 26x12.5x7 centimeters based on recycled PET (polyethylene terephthalate) bottles, as the main raw material in addition to sand, cement Portland, the water and the accelerating additive, a mixture that was found in accordance with the proposal of a new economic and sustainable alternative to replace the conventional one for the elaboration of this constructive element, a brief cost estimate was also made, to know the feasibility that could have the product in terms of unit cost, based on real direct and indirect production costs, where an excellent cost-benefit ratio was obtained.

KEY WORDS: PET, sustainable, inputs, additives, curing.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen diversas iniciativas para la sustitución de los ladrillos tradicionales, por lo que en este documento se busca plantear la alternativa de fabricar ladrillos con hojuelas de plástico reciclado, como alternativa a la solución de las problemáticas de producción que genera el proceso convencional, obteniendo así un producto innovador que sea de gran beneficio para las necesidades del ser humano ya que cumple con varios aspectos importantes como el bajo costo de elaboración y adquisición, la calidad que posee y los beneficios que genera su producción hacia el medio ambiente.

En el presente trabajo investigativo se tiene como objetivo principal el análisis y diseño del proceso de producción correspondiente para la elaboración de ladrillos que tienen como principal materia prima el plástico reciclado "PET" (Polietileno-tereftalato), la descripción de los procesos necesarios para la obtención de este producto, y el estudio de las ventajas del eco-ladrillo en comparación del convencional, es necesario detallar cada etapa del proceso de fabricación desde la selección de los insumos y materia prima a utilizar, la dosificación correcta, la maquinaria, herramientas y equipos necesarios para la obtención del eco-ladrillo.

El diseño del proceso de producción de los eco-ladrillos tiene como finalidad la optimización de costos, la disminución de la contaminación ambiental y la minoración de la explotación de los recursos naturales. El "PET" es un material polimérico que representa un gran problema de contaminación ambiental al no ser biodegradable, por lo que el empleo de este componente en conjunto con cemento, arena gruesa, agua y aditivos se convierte en una alternativa económica y accesible en cualquier lugar del mundo, para el ámbito constructivo de viviendas u otras edificaciones, su elaboración no requiere de procesos complejos de humidificación, secado y cocción que contaminan el medio ambiente y generan mayores costos.

La sociedad con el pasar de los años se ha vuelto mucho más consumista, teniendo como principal elemento de consumo los envases plásticos, lo cual ha conllevado a grandes producciones por las demandas existentes, pero aún en pleno siglo XXI, el plástico aún no es reciclado o tratado industrialmente después de su consumo como debería ser, es por ello la

importancia de esta tesis, que permite conocer al "PET" como un material alternativo para la construcción a través del diseño del proceso de fabricación necesario para esta materia prima, que busca la conservación del medio ambiente, la eficiencia y la economía.

Se conoce que el proceso para la fabricación de los eco-ladrillos de PET triturado puede darse de diferentes formas, entre ellas las más utilizadas son dos, la primera a través de la fundición del plástico en la tobera de inyección, luego esta masa líquida sea depositada en los moldes correspondientes y el segundo proceso es el mezclado de plástico triturado, con cemento, arena, agua y aditivos químicos, esta última técnica será la que se diseñara y desarrollara en el presente documento para la elaboración de los ladrillos ecológicos.

1.1. Planteamiento del problema

Una de las grandes problemáticas que ha ido afectando a Milagro y al país es la falta de alternativas de producción de un ladrillo que cumpla con las características del tradicional, ya sea por el desconocimiento, la costumbre o la preferencia existente en las personas, que no conciben otro material alternativo que no sea la arcilla como materia prima principal u otro proceso de producción que no sea el que ya se conoce, para la elaboración de los ladrillos, por lo que en la actualidad existe un consumo masivo del ladrillo de arcilla, el mismo que se encuentra fácilmente para la construcción de sus hogares, lugares de trabajo u otras edificaciones.

Existe una gran producción del ladrillo convencional, lo que conlleva a un mayor uso de recursos naturales para el proceso de cocción, como lo es la madera, el aserrín, la leña u otros elementos para ser utilizados como combustible, que con el tiempo puede llegar a generar un gran impacto ambiental, este proceso de producción también requiere de la explotación de las canteras arcillosas para adquirir la materia prima principal, acción que cada vez vacía más los yacimientos, y se torna necesario la búsqueda de este componente en otros lugares, conduciendo al aumento del costo del producto final.

Existe un consumo masivo de las bebidas en botellas plásticas, envases que no se degradan de manera fácil, y que por lo general están compuestos de polietileno tereftalato y que a través del reciclaje ha sido utilizado como materia prima en varias industrias, por lo que se plantea el diseño de una alternativa diferente para la producción de los ladrillos, reemplazando la arcilla

por el PET que por sus propiedades permite la obtención de un producto con igual o mejor resistencia, compresión y dureza que el ladrillo convencional, esta materia prima también permite la eliminación del proceso de cocción, englobando así una tecnología constructiva apropiada que no solo representa la optimización de costos, sino que también se alinea a la conservación del medio ambiente, a través de un proceso de producción limpia.

CAUSAS DEL PROBLEMA

- Producir ladrillos de manera convencional a partir del uso de materiales no renovables.
- Mayor producción del ladrillo tradicional que se encuentra globalmente estandarizado.
- Consumo masivo del ladrillo convencional por parte del mercado por el gran uso de este en diferentes tipos de edificaciones.

EFFECTOS DEL PROBLEMA

- Gran impacto ambiental por la mayor extracción de los recursos naturales no renovables.
- Empleo de los recursos naturales, como combustible para el proceso de cocción.
- Obtención de un producto final con mayor costo, por la explotación de las canteras arcillosas para la adquisición de la materia prima.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Se puede resumir mediante la siguiente interrogante:

¿Cuál es el proceso de producción viable para la fabricación de un eco-ladrillo que cumpla con las características del ladrillo tradicional??

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Diseñar el proceso productivo para la elaboración de ladrillos ecológicos, utilizando como parte de la materia prima el plástico reciclado PET (Tereftalato de polietileno)

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar los procesos que intervienen en la elaboración del ladrillo ecológico.

- Describir cada uno de los procesos correspondientes a la fabricación del ladrillo PET.
- Analizar las ventajas que posee la producción del eco-ladrillo en comparación al ladrillo convencional.

1.3. Alcance

Al diseñar el proceso de producción para la fabricación de un eco-ladrillo a base de PET reciclado, se pretende proponer una alternativa de tecnología limpia e inofensiva para el medio ambiente que reemplace la fabricación convencional utilizada para la obtención del producto, y que abarque desde la verificación de la materia prima hasta el almacenamiento del producto terminado, mismo que sea eficiente y económico, y este enfocado en el desarrollo sostenible, es decir que cubra las necesidades presentes y futuras de la sociedad disminuyendo el impacto ambiental que ha producido el hombre desde el inicio de la Revolución Industrial.

La determinación de los procesos que intervienen en la fabricación de un eco-ladrillo, se tornan relevantes para la correcta producción de estos elementos que son necesarios para la construcción, por lo que cada uno de los procesos de producción deben ser analizados y estudiados para la obtención de un producto que cumpla con las características y normas de los sistemas convencionales de construcción, en cuanto a sus medidas u otros factores que sean relevantes para su posterior venta y por ende uso en los diferentes tipos de edificaciones.

El ladrillo o los bloques son elementos principales que se utilizan para la construcción, por lo que el diseño de los mismos debe ser acorde a las características y normas de los sistemas convencionales de construcción, en cuanto a sus medidas u otros factores que sean relevantes para su posterior venta y uso en las diferentes edificaciones, ya sean casas, villas, edificios, u otros, por lo que este material debe ser diseñado y fabricado correctamente, para optimizar la eficiencia en la construcción y que en el futuro no exista algún tipo de percance que pueda acarrear un sinnúmero de problemas.

Al analizar las diferentes ventajas que otorga la producción de un eco-ladrillo y el producto en sí, se reconoce que son múltiples los beneficios, como la propiciación de la sostenibilidad, un costo más accesible, la reducción de procesos, entre otros, factores que son sumamente relevantes para tener en consideración la sustitución del ladrillo convencional de arcilla por

un ladrillo de plástico triturado, una alternativa de innovación y tecnología que puede ser utilizada como solución a los problemas que origina la fabricación del ladrillo tradicional.

1.4. Estado del arte

1.4.1. Diferentes enfoques, modelos o teorías que abordan el tema

1.4.1.1. Diseño de los procesos de producción

Al emprender una nueva actividad productiva, es necesario establecer el diseño del proceso definiendo las actividades en función del tipo de producto a elaborar, ya que un sistema de producción debe ser estudiado y planificado de manera previa, teniendo en cuenta la existencia de varios factores que determinan la selección y diseño de los procesos productivos, como lo es el costo y la disponibilidad de los recursos, la tecnología y la fuerza laboral, elementos que otorgan una estructura que facilita la descripción y ejecución de los procesos, mismos que son de gran relevancia para las organizaciones ya que son la forma en como entregan los productos o servicios a sus clientes (Plazas, 2017).

El diseño de procesos consiste en definir las entradas, las operaciones, los flujos y métodos, que deben ser considerados para la producción de bienes y servicios, para así poder determinar los equipos, instrumentos o maquinarias que se deben utilizar para la obtención del output deseado, que cumpla con las especificaciones preestablecidas, es decir, se trata de decidir sobre que recursos humanos y materias primas que se va a necesitar, son las operaciones que serán llevadas a cabo por máquinas y cuales por los trabajadores, que servicios externos se tomarán, entre otros (Carro Paz & González Gómez, 2010).

El diseño del proceso difiere según sea el equipamiento o mano de obra masiva, pudiendo realizarse a través del planteo del problema, el relevamiento de la información, el análisis y evaluación de alternativas, la especificación, implantación y seguimiento. La representación de los procesos, puede darse a través de diagramas, herramientas que muestran todos los detalles de fabricación o administración, permitiendo observar las actividades que trabajan en conjunto, su relación, y secuencia, como también ayudan al desarrollo de una comprensión compartida de los procesos, asegurando que las actividades o tareas sean realizadas de la misma manera y por todo el equipo de trabajo (Cuatrecasas, 2009).

Para realizar una correcta diagramación, es necesario determinar los límites de los procesos, establecer el output que sale del proceso y los insumos que entran, tornándose importante no

detallar demasiado y conservar el mismo nivel de detalle en todo el diagrama y al tener todo listo, poder verificar cada uno de los diagramas respecto a la realidad , con el objetivo de poder corregir cualquier mal interpretación u omisión que pudiera contener estas herramientas (Echeverría, 2015).

1.4.1.2. Reutilización de los envases PET (Polietileno de tereftalato).

La producción del PET comenzó en Inglaterra en el año 1941, y fue patentado por Dickson y Whinfield, ya en 1946 el polímero era utilizado industrialmente como fibra, luego de 20 años se lo empezó a producir en forma de botellas, el principal uso que tiene hasta la actualidad, y que por la creciente importancia que ha tenido en las últimas décadas ha llegado tener una producción mundial aproximada de 13 millones de toneladas métricas, llegando hasta a sustituir al vidrio y al PVC (Policloruro de vinilo), por ser un material fuerte, ligero, seguro, irrompible y reciclable (Cobos, 2016).

El politereftalato es un poliéster que se obtiene a través de una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol, material que es resistente al desgaste, plegado y torsión, es liviano, resistente químicamente como también es 100 % reciclable, por lo que después del posconsumo de los envases PET, el producto puede ser recuperado y reciclado para reintegrarlo a un nuevo ciclo productivo como materia prima logrando así una producción limpia que ayuda a optimizar procesos y recursos, como también a paliar el daño ambiental presente (Mansilla & Ruiz, 2009).

El método convencional al recuperar los envases PET, es la trituración, con el objetivo de tener unas hojuelas listas para el tratamiento que será sometido, ya sea mecánico, químico o energético. Los envases deben ser clasificados para la posterior trituración, para someterlos a lavado, con el fin de eliminar la suciedad e impurezas de los mismos, este proceso puede ser realizado antes o después del triturado con el fin que de obtener una escama de PET limpia y lista para el nuevo producto que se desea obtener a base de polintereftalato (Valderrama, Chavarro, Osorio, & Peña, 2018).



Ilustración 1. Reciclado común de los envases PET.

Fuente: (Ecoembes, 2018)

Con el pasar de los años la concientización sobre el daño que causa el plástico ha tomado mayor auge, por lo que la reutilización de las botellas PET tiene una gran importancia hoy en día por los diferentes productos útiles que se puede obtener, como fibras textiles, flejes, madera y ladrillos plásticos, materiales de empaque, entre otros. La reutilización del PET permite además de tener nuevos productos de alta calidad, que las industrias ahorren energía, se reduzcan los costos de producción y minimicen sus residuos favoreciendo así a los fabricantes como a los clientes (Arandes, Bilbao, & López, 2004).

1.4.1.3. Producción más limpia

Al final de los 80 e inicios de los 90, las agencias ambientales de EE.UU y Europa promovieron que las industrias aplicaran políticas preventivas de contaminación, por lo que Estados Unidos denominó y plasmó en una ley a esta acción como “Prevención de la contaminación” y por otro lado en Europa, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), se enfocó en la prevención, actividad que fue llamada “Producción más limpia”, por esta organización y convirtiéndose en el término más usado en la mayoría de países, excepto EE.UU, donde se sigue usando el término antes mencionado (Esaño, Federico, & Rivero, 2017).

La P+L está enfocada en la mejora de los procesos y productos con el objetivo de prevenir los problemas ambientales antes de que ocurran. Varela (2003) lo define como: “Una estrategia integrada y continua de prevención, aplicada a los procesos, productos y servicios, con el fin de lograr un uso más eficiente de los recursos, dando lugar a un mejoramiento en

el desempeño ambiental, minimizando los desechos y los riesgos a la salud y al medio ambiente”. (pág. 3)

Se pueden utilizar algunas herramientas como metodología para una producción más limpia, tales como:

- a) Buenas Prácticas
- b) Sustitución de materias primas e insumos
- c) Segregación de residuos
- d) Recuperación
- e) Cambios en procesos
- f) Cambios o mejoras tecnológicas

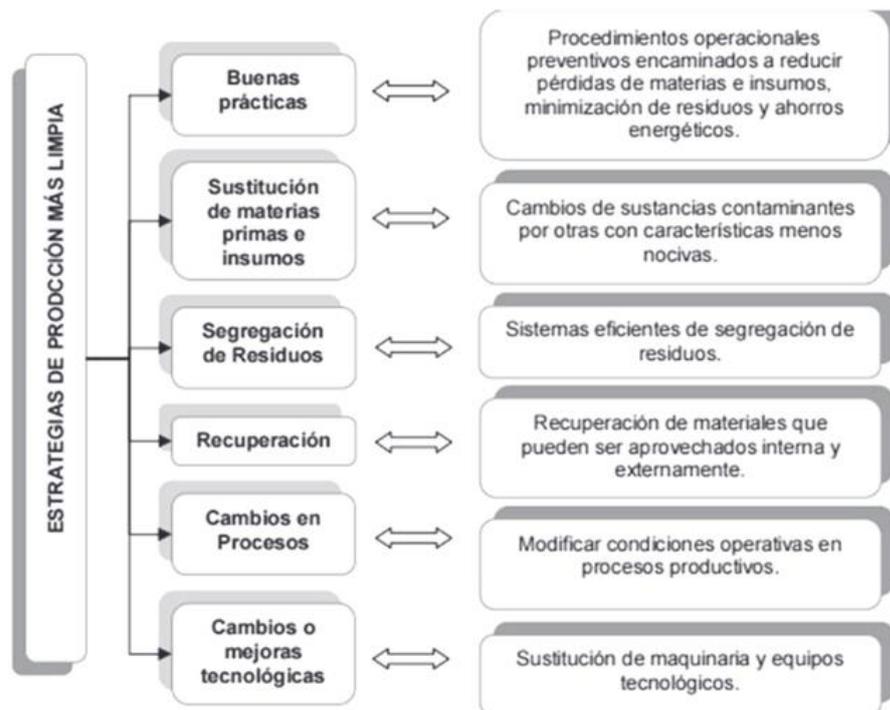


Ilustración 2. Estrategias de Producción más limpia.

Autor: (Fajardo, 2017)

La implementación de una P+L, es un proceso que necesita seguir algunas fases organizacionales dentro de la institución, que deben ser desarrolladas de una manera ordenada y lógica, con hechos específicos que tengan como objetivo el cumplimiento de las metas establecidas. Las fases para la implementación de la Producción Más Limpia corresponden al ciclo P.H.V.A. (Planear, Hacer, Verificar, Actuar), ayudando aplicar las

estrategias antes mencionadas, generando ventajas y beneficios que no solo corresponden al tema ambiental, sino que también otorgan mejoramiento para la organización, entre otros (Robayo, 2008).

1.4.1.4. Producción sustentable

La producción sustentable se origina a raíz de la creciente necesidad de fomentar el eficiente uso de los recursos, convirtiéndose en un tema prioritario con el pasar de los años, por lo que hoy en día las nuevas empresas al implementarse buscan basar su producción o servicio de una manera sustentable, pero también las más antiguas organizaciones han ido adaptando este enfoque en sus instalaciones a través de diferentes maneras para la mejora de sus procesos y el cuidado de los recursos naturales renovables o no renovables (Badii, Guillen, & Abreu, 2017).

Una producción es considerada sustentable, cuando es consciente de la escasez y por ende fomenta el uso adecuado de los recursos naturales y de la energía, la disminución de uso de materia prima o materiales tóxicos, entre otras medidas a tomar, todo a través de una estrategia de gestión productiva que integra al medio ambiente armonizando el crecimiento económico con la inclusión social, promoviendo así un desarrollo industrial que no ponga en juego las necesidades productivas, ambientales y sociales de la generación futura (Strange & Baylet, 2012).

La metodología para que una organización llegue a una producción sustentable, consiste en la revisión de la gestión y procesos de la organización de una manera integral, lo que permite identificar e implementar mejoras en las diferentes áreas existentes, donde se encuentren actividades que pueden y deben ser mejoradas, ya sea tomando acciones en la materia prima e insumos, la implementación de nuevas tecnologías y buenas prácticas, o hasta la sustitución de procesos, para la mejora de la eficiencia y la disminución de los impactos ambientales en la actividad (Gómez, 2020) .

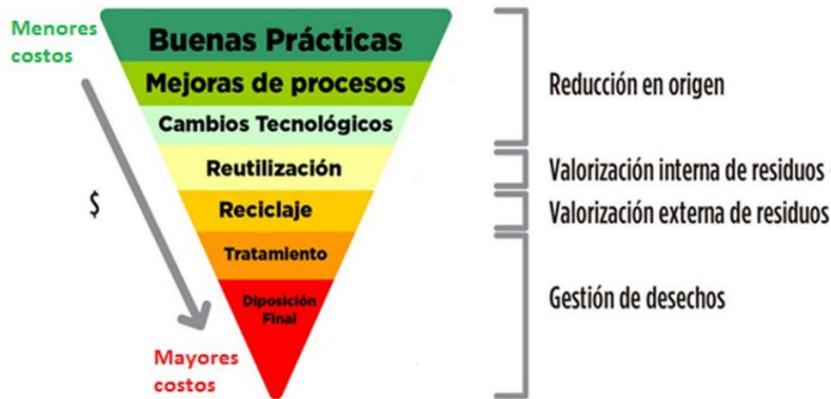


Ilustración 3. Alternativas para el desarrollo de una producción sustentable.

Fuente: Ministerio de Ambiente y desarrollo sustentable

La implementación de un programa enfocado en la producción sustentable para una organización engloba la planificación, la programación y la realización de un conjunto de labores que deberían ser desarrolladas de una forma sistemática y ordenada, para el robustecimiento de la gestión global de la organización, esto debe encontrarse reflejado en un documento donde se pueda visualizar los objetivos enfocados a la producción sustentable, estableciendo los objetivos, actividades, tiempos y medios a ser utilizados para la mejora de la eficiencia en los procesos y la correcta administración de los recursos (Mulder, 2007).

1.4.2. Principales estudios y conclusiones a las que se ha llegado según estudios recientes en el campo

1.4.2.1. Nuevo material sustentable: Ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos

Este estudio lo realizó la Universidad de San Francisco Xavier de Chuquisaca del país Boliviano con el fin de poder disminuir la contaminación que se encuentra presente en el medio ambiente, por la presencia de residuos inorgánicos como son los diferentes tipos de plásticos, tales como el polipropileno, el tereftalato de polietileno, el poliestireno y el polietileno de baja densidad que generalmente se tardan cientos de años en degradarse, y por ello esta “basura” fue tomada como una alternativa para la elaboración de un material de construcción a través de diferentes técnicas que les permitió la identificación del proceso correspondiente para la obtención del eco-ladrillo (Gareca, Andrade, Diana, Barrón, & Hugo, 2020).

Para la realización de este trabajo, los autores se basaron en un enfoque cuantitativo y un diseño experimental a través de las técnicas de medición, bloques al azar y el registro de información, utilizando 78 probetas con tres clases de dosificaciones para cada residuo plástico antes mencionado. “El material plástico tiene varios puntos a favor: es económico, liviano, irrompible, muy duradero y hasta buen aislante eléctrico y acústico”. (Reyna, 2016, pág. 7). La fabricación de los ladrillos ecológicos debe cumplir con las propiedades físicas y mecánicas que se establecen en los diferentes países, debido a que este producto se puede utilizar en los diferentes tipos de construcciones sin afectar la calidad de los mismos, y están capacitados para competir con los convencionales ladrillos de arcilla.

El objetivo de fabricar ladrillos con residuos plásticos según Pérez (2019) afirma que “Es obtener productos amigables con el medio ambiente, técnicamente aptos para la construcción de viviendas, y de costo competitivo respecto de productos similares en el mercado” (pág. 67). En los cuatro casos de experimentación de este estudio el fin era obtener un ladrillo con propiedades físico mecánicas, de costo y con un valor adicional que es el ecológico, factores que se tornan de suma importancia para el área de la construcción, siendo de relevancia el uso de productos de alta calidad.

Los elementos constructivos fabricados con botellas plásticas contribuyen a controlar la contaminación del medio ambiente, como también ayudan con el aporte de una tecnología de producción económica, de fácil y rápido aprendizaje y de poca maquinaria que obtiene un producto con características parecidas a los ladrillos tradicionales que cumple con el peso y la resistencia exigida por la norma del país donde se lo realiza, listo para estar en el mercado constructivo por el método limpio y limpiador con el que se los elabora, gracias a la materia prima utilizada (Flores, Rojas, & Torres, 2014).

1.4.2.2. La construcción sostenible a partir del empleo de ladrillos tipo PET

Esta investigación se realizó con el objetivo de analizar y demostrar la problemática que engloba a la ciudad de Quito, por el alto consumo de residuos plásticos por parte de la ciudadanía y entre esos materiales se encuentra el PET, que es el más utilizado, y que muchas veces no tienen un destino apropiado luego de ser utilizado y es necesario darle algún otro uso, para que el impacto ambiental que estos generan se minoricen, por lo que este proyecto

se realizó con la finalidad de brindar a la ciudadanía quiteña una alternativa de construcción acorde a las normas vigentes del país, a través del reciclaje de estos materiales como una forma de mitigación del plástico existente en la ciudad (Moya, Cevallos, & Endara, 2019).

La finalidad de este proyecto es que los eco-ladrillos con base PET sean una alternativa de construcción económica, sísmo resistente, eficaz para cualquier tipo de edificación y con mucho mejores propiedades físico-mecánicas que los convencionales, tomando en cuenta siempre la perspectiva ambiental que esto conlleva y que permite explorar los múltiples usos que se le puede dar a estos residuos plásticos que para muchos pueden llegar a ser considerados como desechos, por lo que se busca que sean direccionados a un destino sustentable que no represente una amenaza para el medio ambiente y colabore con el bolsillo de las empresas y clientes (Berretta, Gatani, Gaggino, & Arguello, 2008).

La construcción de muros realizados con ladrillos PET, poseen un peso más liviano y una mayor resistencia en cuanto a tensión y compresión, por lo que se encuentra dentro de los parámetros permitidos por la NEC_SE_VIVIENDA, por lo que la utilización del tereftalato de polietileno si se convierte en una alternativa sustentable para la construcción de viviendas. Es relevante que el material PET que ha perdido su función útil y son vistos como restos indeseables cumpla con los estados de tensión, como también que sea liviano, impermeable, no tóxico y resistente para que sea utilizado como materia prima en el sector manufacturero de construcción u otros sectores (Juárez, Santiago, & Vera, 2011).

El proceso de urbanización generado con el pasar de los años acarrea una problemática ambiental que a su vez se relaciona por los impactos dados por los sectores productivos. Van Hoof, Monroy y Saer (2007) afirman que:

El incremento de los patrones de consumo genera un aumento de la producción industrial, lo que a su vez contribuye a un nuevo aumento del consumo, creándose así una espiral negativa que influye en la creciente presión sobre los recursos naturales (pág. 4). Tanto la producción y el consumo masivo son factores que tienen relevancia para la toma de decisiones respecto al impacto ambiental que generan, por lo que el estudio presente concluye que la fabricación del ladrillo PET reduce los impactos negativos y mitiga la contaminación ambiental.

1.4.2.3. Emprendimiento de fabricación de ladrillos con plástico reciclado involucrando actores públicos y privados.

Este estudio se realizó en el Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE), con la cooperación del estado provincial y local, organizaciones de la sociedad civil, empresas e instituciones en la ciudad de Bell Ville, Córdoba, que trataba sobre la transferencia de tecnología para producir elementos relacionados con el ámbito constructivo en base a la utilización de plásticos reciclados, con un fin ecológico y la integración de varios jóvenes que tienen bajos recursos para mejorar sus destrezas técnicas y el trabajo en grupo para la fabricación de los ladrillos que posteriormente fueron utilizados en equipamientos para el beneficio de la comunidad para el incremento de la economía local y regional (Gaggino, Kreiker, Mattioli, & Argüello, 2015).

La autoconstrucción con ladrillos PET, ayuda a percibir a los plásticos como inservibles generando un incremento para el cuidado del medio ambiente y promoviendo el desarrollo de las clases sociales no favorecidas, ya que pueden acceder a la construcción o ampliación de sus viviendas a bajo costo (Reyes, 2013). La utilidad de este proyecto se basa en fortalecer a los sectores de bajos recursos y vulnerables socialmente, impulsando estrategias productivas locales desde la autoproducción personal de la vivienda hasta la colectiva en beneficio a la economía de los jóvenes de la localidad.

Por el bajo costo y tecnología simple de los productos desarrollados con polietileno tereftalato estos se vuelven aptos para la construcción de viviendas relacionadas con el interés social u otras, además genera una fuente de trabajo desde la etapa de recolecta de la materia prima como también en la fabricación del elemento de construcción (Gaggino, 2003). La participación de los actores públicos y privados se torna interesante en esta planificación, ya que se unen para poder alcanzar un bien común en beneficio de la comunidad con la construcción de diversos proyectos comunitarios.

Angumba (2016) afirma que “se vuelve necesario comprender que la producción de vivienda se ha transformado en la actualidad no en una solución social sino más bien en un problema ambiental” (pág. 6). Se torna relevante destacar que ante todos los cambios que acontecen en el medio ambiente, la integración de los actores sociales, impulsan el accionar colectivo que es una manera de crear una conciencia social sobre el reciclado de botellas plásticas en

pro del cuidado del hábitat y la necesidad existente del déficit de viviendas para las personas con escasos recursos.

1.4.2.4. Caracterización de botellas PET para su uso como elementos constructivos de muros de carga

Este trabajo investigativo trató de la evaluación del tereftalato de polietileno reciclado para ser utilizado como un recurso disponible para la fabricación de muros de carga, a través de ensayos de laboratorio, pruebas de resistencia, permeabilidad y absorción, tomando muestras donde se incluía el PET reciclado, con el fin de analizar y no comprometer la resistencia final del producto que se desea obtener y así comprobar la viabilidad del proyecto, en cuanto al aporte de beneficios competitivos en el mercado que cumpla con los aspectos ambientales, sociales y económicos desde el punto de vista sustentable (Gutiérrez, 2016).

En sistemas de edificación con material PET deben identificarse varias características desde el punto de vista sustentable, como las características de estabilidad y versatilidad para diseñar la arquitectura necesaria que sea confortable para los que vayan a habitar en la residencia. El propósito de construir viviendas a partir de componentes reciclables ya ha llegado a varios países como idea por la gran generación de toneladas de botellas plásticas PET que se da en ellos, y así no solo se lo erradica, sino que también minoriza los problemas de falta de viviendas (Martínez & Cote, 2014).

Los elementos constructivos con materiales reciclables, de a poco se han dado a conocer en muchos países, por su tecnología productiva limpia y sustentable, que ha permitido desarrollar diferentes proyectos implicados en un generar de conciencia ecológica-práctica de forma permanente en sus habitantes, como la elaboración de casas, tejas, muros entre otras cosas, todas ellas realizadas en conjunto organizado con varias personas, sin tener si quiera algún conocimiento sobre ello, por la facilidad que tiene el proceso de producción al realizarlo (Leiva & Reyes, 2017)

El ritmo insostenible de la producción de botellas plásticas, por el consumo masivo, se acelera cada vez más por lo que es relevante darles una nueva utilización después de sus usos, como lo es la producción de ladrillos a base de PET que buscan competir con los tradicionales, consiguiendo iguales características o superando las propiedades y resultados

al momento del uso, como lo es la buena resistencia al fuego, la aislación térmica, el bajo peso, y los beneficios ambientales que estos presentan, entre otros factores a diferencia de los tradicionales (Ortiz, Cristancho, & Avellaneda, 2020)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1. Diseño de investigación

2.1.1. Diseño no experimental

El presente trabajo de titulación se enfocó en un diseño no experimental, por el objetivo principal de diseñar una alternativa de producción de ladrillos diferente a la convencional, como también la descripción de cada uno de los procesos, la maquinaria y herramientas necesarias y el costo estimado para la obtención del producto.

2.1.2. Tipo de investigación

2.1.2.1. Exploratoria

La investigación exploratoria nos permitió tener un esquema global sobre las diferentes alternativas de producir un eco-ladrillo y las tecnologías mayormente empleadas, con el fin de tener una base para el desarrollo del presente tema.

2.1.3. Método de investigación

2.1.3.1. Según el tipo de información

- **Cualitativo:** La investigación se realizó desde un punto de vista cualitativo por el análisis y diseño de los procesos correspondientes para la fabricación de un eco-ladrillo de plástico PET reciclado de una manera detallada para el alcance del objetivo.
- **Cuantitativo:** Es necesario realizar una estimación de costos necesarios para conocer si la alternativa planteada es eficaz en cuanto al precio del producto final.

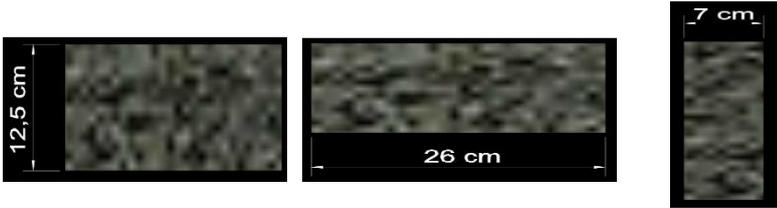
2.1.4. Análisis de datos

Mediante la búsqueda y análisis de diferentes bases de datos como Google académico, Google books, tesis de postgrados, revistas y artículos científicos se observó varios documentos que hubieran podido servir de referencia para la investigación, pero luego con la lectura del resumen se fue descartando los que menos se encontraban relacionados al tema y de los sobrantes se hizo una lectura completa para la selección de las partes que podrían

servir para la ayuda del desarrollo de nuestra investigación y ya con la información recopilada se empezó a realizar el presente trabajo de titulación.

2.2. Descripción del producto

El diseño de un proceso de producción debe empezar con el diseño del producto que debe ser manufacturado, por lo que a continuación se hace una breve descripción del eco-ladrillo que se pretende plantear como una alternativa viable.

LADRILLO PET													
Descripción del producto	Ladrillo ecológico en forma de paralelepípedo con medidas de 26x12.5x7 cm, producto que se diferencia de los ladrillos convencionales porque utiliza el plástico PET triturado.												
Usos para el producto	Utilización en diferentes obras como: residencias, edificios, muros, cercas, u otros.												
Componentes principales del producto	<table style="width: 100%; border: none;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; border: none;"></th> <th style="text-align: right; border: none;">Requerimiento por unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="border: none;">• PET triturado</td> <td style="text-align: right; border: none;">25 %</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">• Cemento portland</td> <td style="text-align: right; border: none;">23%</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">• Arena</td> <td style="text-align: right; border: none;">40%</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">• Agua</td> <td style="text-align: right; border: none;">11%</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">• Aditivo acelerante</td> <td style="text-align: right; border: none;">1%</td> </tr> </tbody> </table>		Requerimiento por unidad	• PET triturado	25 %	• Cemento portland	23%	• Arena	40%	• Agua	11%	• Aditivo acelerante	1%
	Requerimiento por unidad												
• PET triturado	25 %												
• Cemento portland	23%												
• Arena	40%												
• Agua	11%												
• Aditivo acelerante	1%												
Presentación técnica													

<p>Características principales</p>	<p>Según investigaciones experimentales sobre este producto, se tienen las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peso liviano, por el bajo peso específico del plástico • Absorción del agua igual que los tradicionales • Resistentes al fuego y resistencia acústica • Buen aislamiento térmico • Resistencia igual o mayor a los ladrillos convencionales
<p>Objetivo del producto</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Innovar: Producción de un ladrillo alternativo al tradicional de arcilla • Economizar: Optimización de costos en la producción y obtención de un producto final a un bajo costo • Reutilizar: Disminución del impacto ambiental negativo.

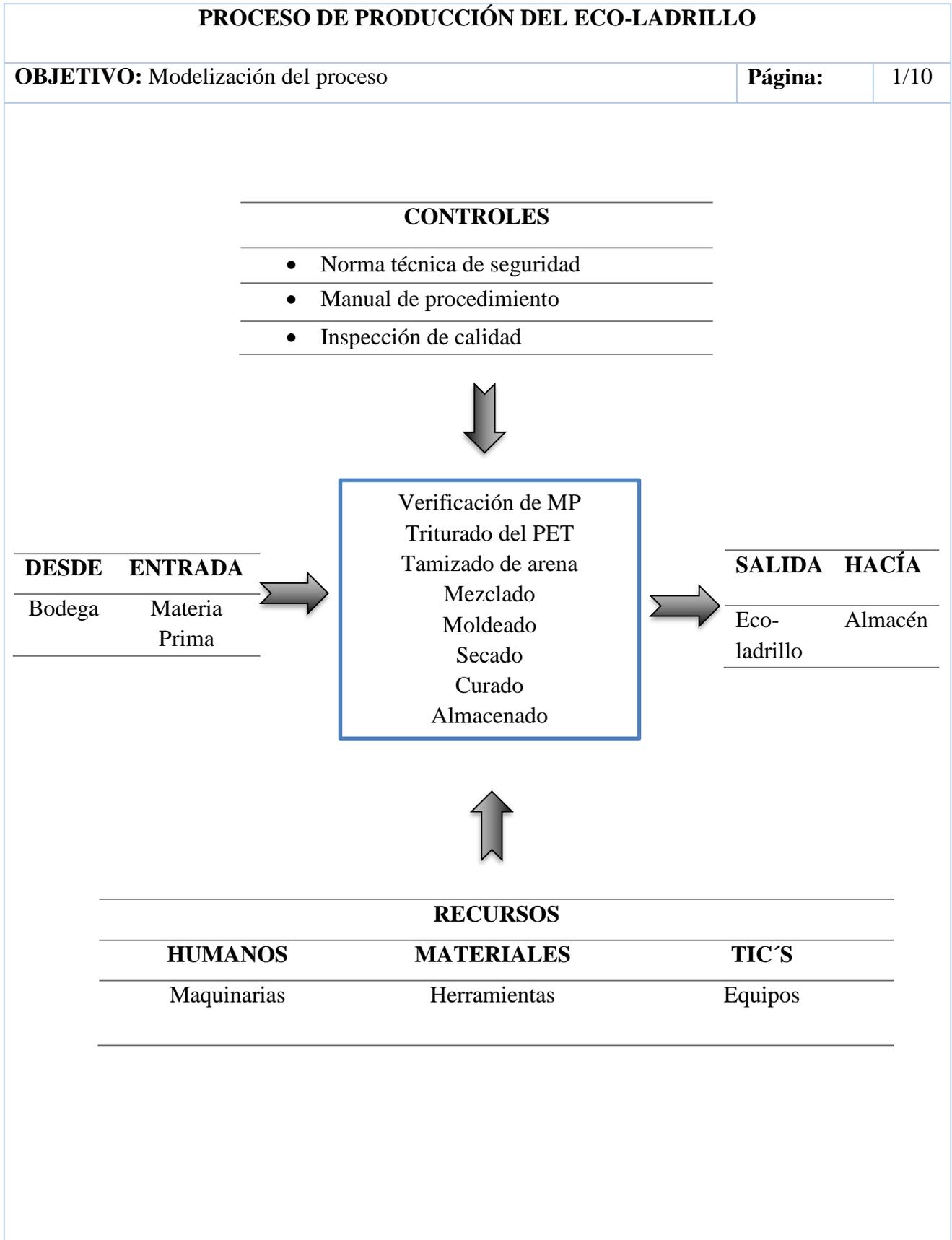
2.3. Descripción de los procesos de la fabricación del eco-ladrillo

- **Adquisición de la materia prima:** Es la primera operación necesaria para el proceso de fabricación, que radica en la compra de la materia prima como el cemento y la arena y la adquisición de las botellas plásticas a través de un convenio con los centros de acopio y por reciclaje interno y al haber obtenido cada uno de los componentes almacenarlos para su posterior utilización.
- **Lavado de las botellas PET:** Las botellas de polietileno tereftalato deben pasar por el proceso de lavado, ya que en ocasiones las mismas pueden llegar a contener partículas que entorpezcan el proceso de elaboración, por lo que deben ser lavadas con agua, detergente industrial y soda cáustica para eliminar de ellas alguna grasa, etiqueta, pegamento y desinfectar o eliminar residuos orgánicos.
- **Trituración de las botellas PET:** En esta etapa se busca obtener un tamaño reducido del plástico PET, para facilitar el uso de este elemento en el proceso de producción del ladrillo ecológico, empezando con la incorporación de las botellas por la tolva de

alimentación de la máquina, las cuales son trituradas hasta alcanzar que las hojuelas tengan el tamaño deseado y así este caiga por el tamiz hacia un recipiente.

- **Tamización de la arena:** Se utilizará una tamizadora a motor eléctrico para la facilitación del trabajo. Este proceso permite que la arena a utilizar en la producción del eco-ladrillo se encuentre sin residuo alguno.
- **Mezclado:** Lo que se busca en este proceso es una mezcla homogénea de PET triturado, cemento, arena y agua, por lo que la utilización de la mezcladora facilitará ese trabajo por los giros que realiza. Se torna necesario primero introducir los ingredientes secos para la primera mezcla y una vez homogeneizada agregar el agua correspondiente para un segundo mezclado y así obtener una mezcla uniforme para el siguiente proceso.
- **Moldeado:** La mezcla obtenida es puesta en los moldes desarmables, y los restos son limpiados con la paleta.
- **Secado:** Una vez moldeado los ladrillos se procede a retirar los moldes y así dejarlo secar por un lapso de 24 horas.
- **Curado:** Transcurrido el día, se coloca los eco-ladrillos en el tanque de curado lleno de agua a temperatura ambiente durante 7 días, proceso que se le hace al cemento con el objetivo de que el producto obtenga las características de cohesión.
- **Almacenamiento:** Pasado los 7 días del curado se los saca del agua y son llevados a un lugar fresco a temperatura ambiente donde reposaran 28 días uno encima del otro, tiempo que le permitirá al ladrillo adquirir correctamente sus propiedades mecánicas.

2.4. Diagrama de enfoque PEPSC



VERIFICACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

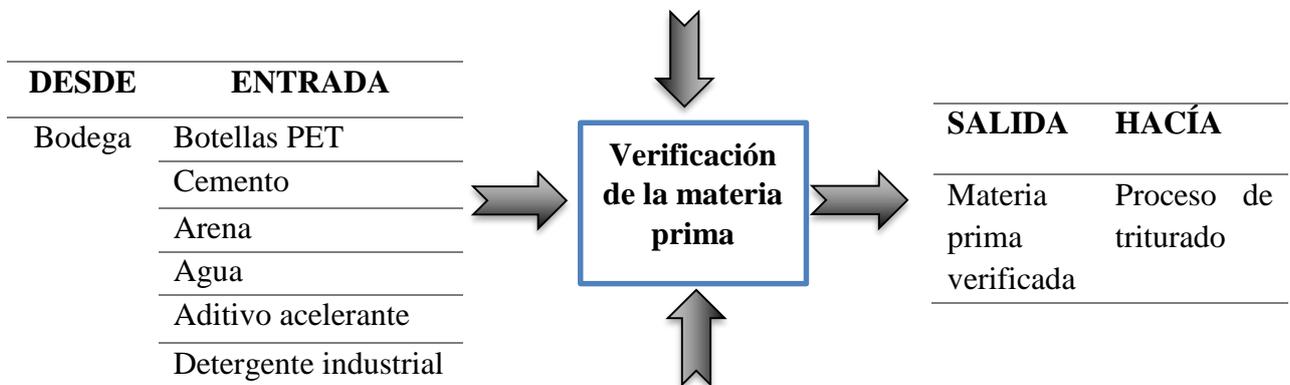
OBJETIVO: Modelización del proceso

Página:

2/10

CONTROLES (por desarrollar)

- Inventario de materia prima
- Manual de procedimiento
- Inspección de calidad



RECURSOS

HUMANOS

Supervisor

MATERIALES

Esfero
Cuaderno

TIC'S

Registro en Excel

TRITURACIÓN DE LAS BOTELLAS PET

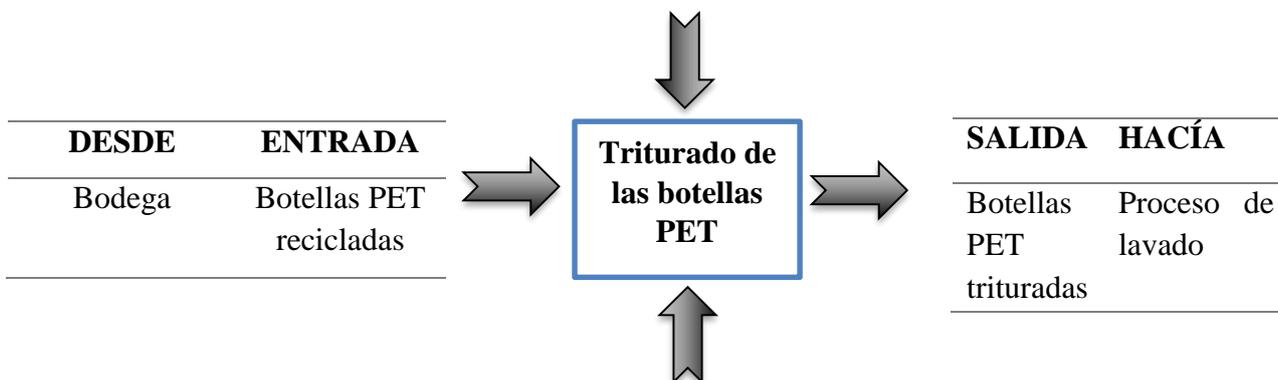
OBJETIVO: Modelización del proceso

Página:

3/10

CONTROLES

- Norma técnica de seguridad
- Manual de procedimiento (por desarrollar)
- Parámetros de calidad (por desarrollar)



RECURSOS

HUMANOS

Operador 1

MAQUINARIA

Trituradora

HERRAMIENTAS

Carretilla

Pala

LAVADO DEL PET TRITURADO

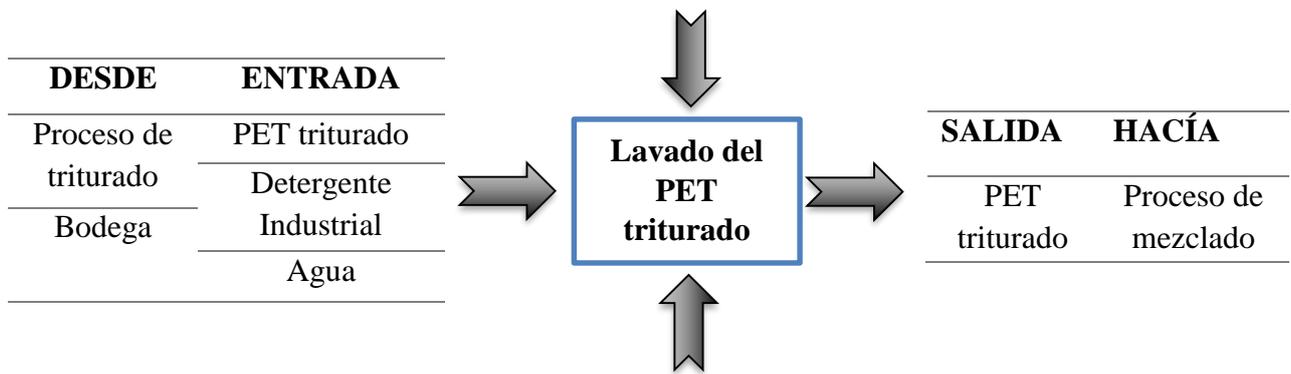
OBJETIVO: Modelización del proceso

Página:

4/10

CONTROLES

- Norma técnica de seguridad
- Manual de procedimiento



DESDE	ENTRADA
-------	---------

Proceso de triturado	PET triturado
Bodega	Detergente Industrial
	Agua

SALIDA	HACÍA
--------	-------

PET triturado	Proceso de mezclado
---------------	---------------------

RECURSOS

HUMANOS	MAQUINARIA/EQUIPO
---------	-------------------

Operador 1	Tina lavadora
------------	---------------

TAMIZADO DE LA ARENA

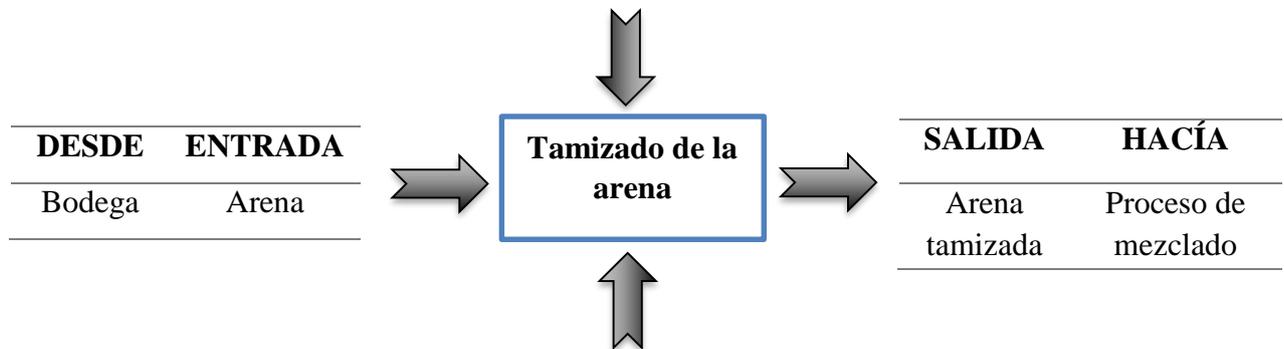
OBJETIVO: Modelización del proceso

Página:

5/10

CONTROLES

- Norma técnica de seguridad
- Manual de procedimiento



RECURSOS

HUMANOS

Operador 2

MAQUINARIA/EQUIPO

Zaranda

HERRAMIENTAS

Carretilla

Pala

MEZCLADO

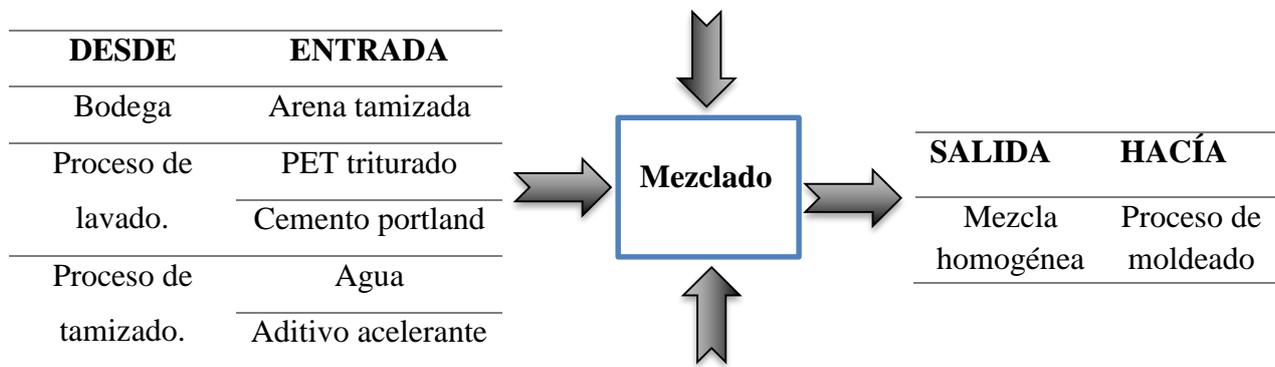
OBJETIVO: Modelización del proceso

Página:

6/10

CONTROLES

- Norma técnica de seguridad
- Manual de procedimiento
- Norma técnica de calidad



RECURSOS

HUMANOS

Operador 3

MAQUINARIA/EQUIPO

Concreteira

HERRAMIENTAS

Carretilla

Pala

MOLDEADO

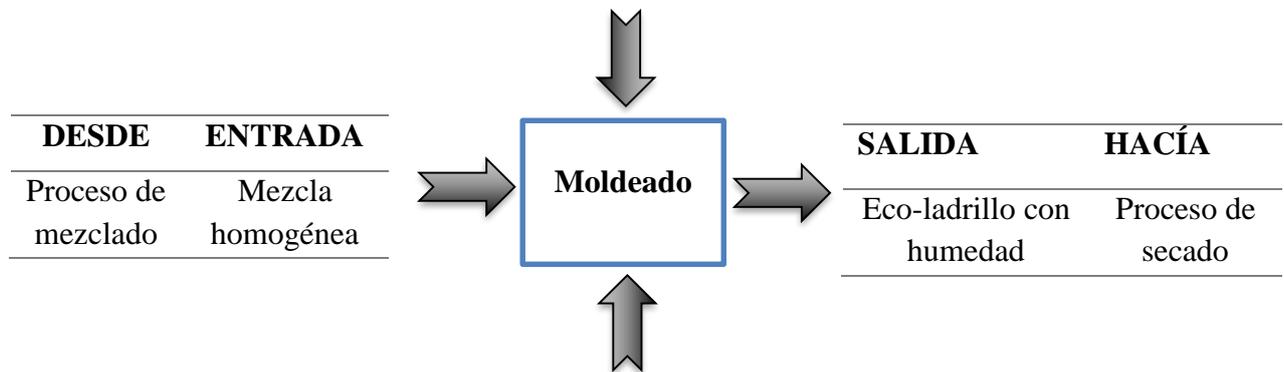
OBJETIVO: Modelización del proceso

Página:

7/10

CONTROLES

- Norma técnica de seguridad
- Manual de procedimiento



RECURSOS

HUMANOS

Operador 4

MATERIALES

Moldes

HERRAMIENTAS

Pastera

Espátula

SECADO

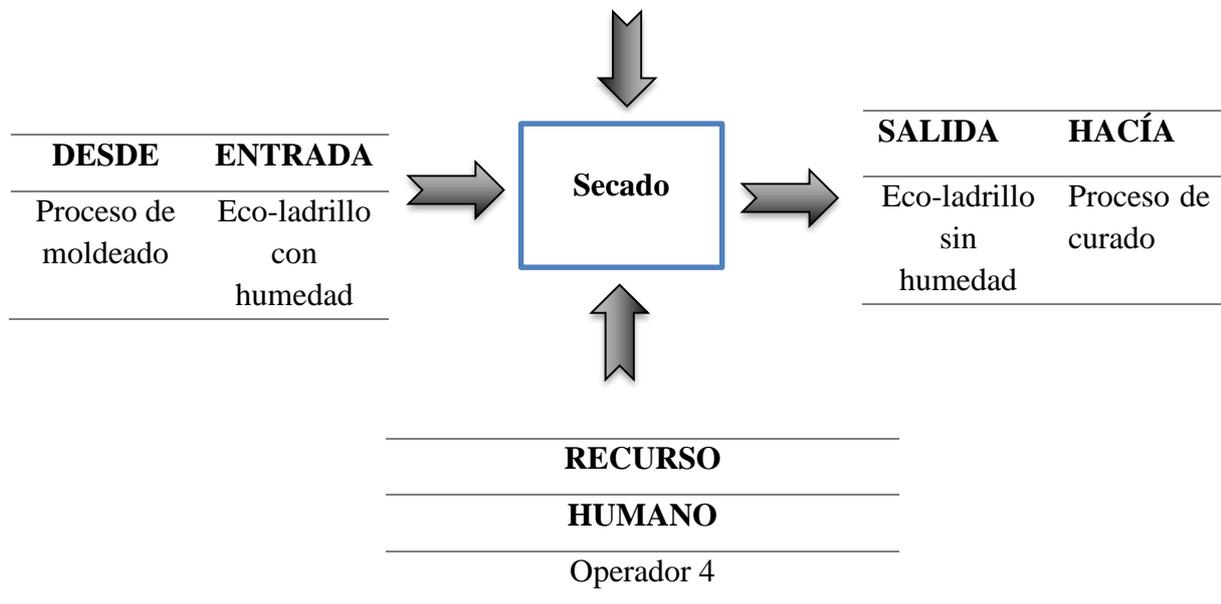
OBJETIVO: Modelización del proceso

Página:

8/10

CONTROLES

- Manual de procedimiento



CURADO

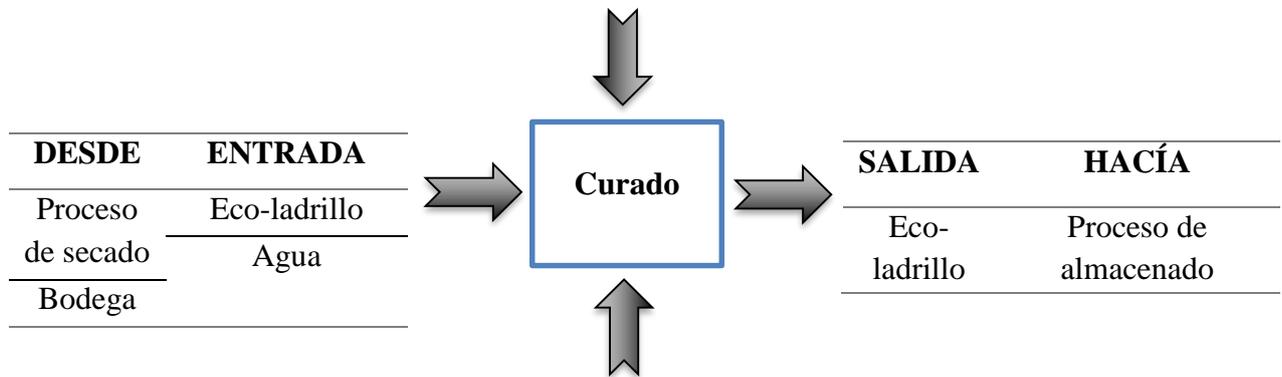
OBJETIVO: Modelización del proceso

Página:

9/10

CONTROLES

- Norma técnica de seguridad
- Manual de procedimiento
- Norma de calidad INEN



RECURSOS

HUMANOS

Operador 4

EQUIPO

Tanque de curado

ALMACENADO

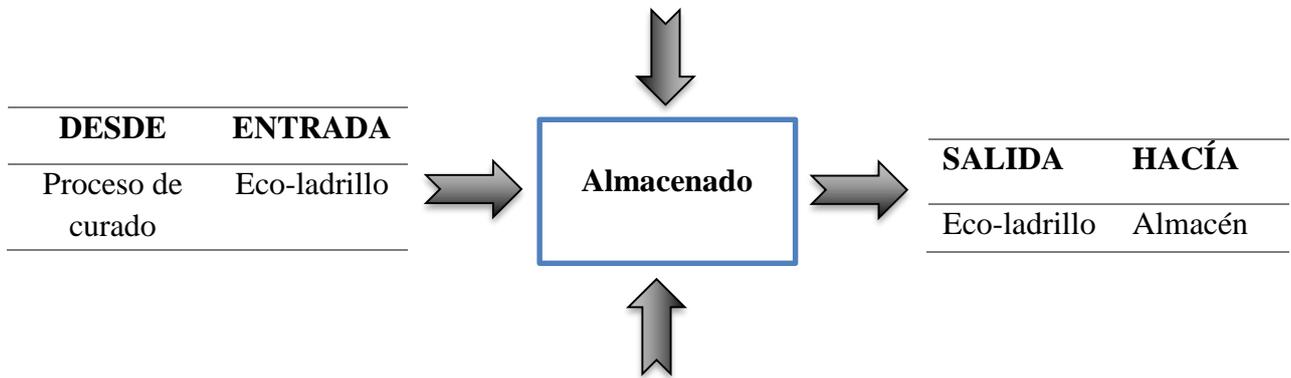
OBJETIVO: Modelización del proceso

Página:

10/10

CONTROLES

- Norma técnica de seguridad
- Manual de procedimiento



RECURSOS

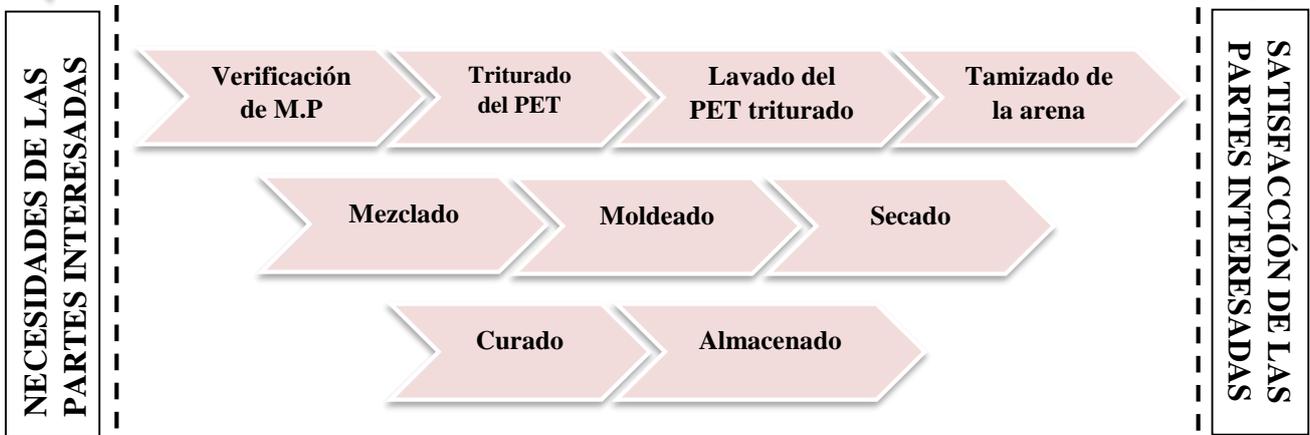
HUMANOS	MATERIALES	EQUIPOS
Encargado de almacén	Etiquetas de codificación Pallets	Montacarga hidráulico

2.5. Mapa de procesos de Michael Porter

PROCESOS ESTRATÉGICOS



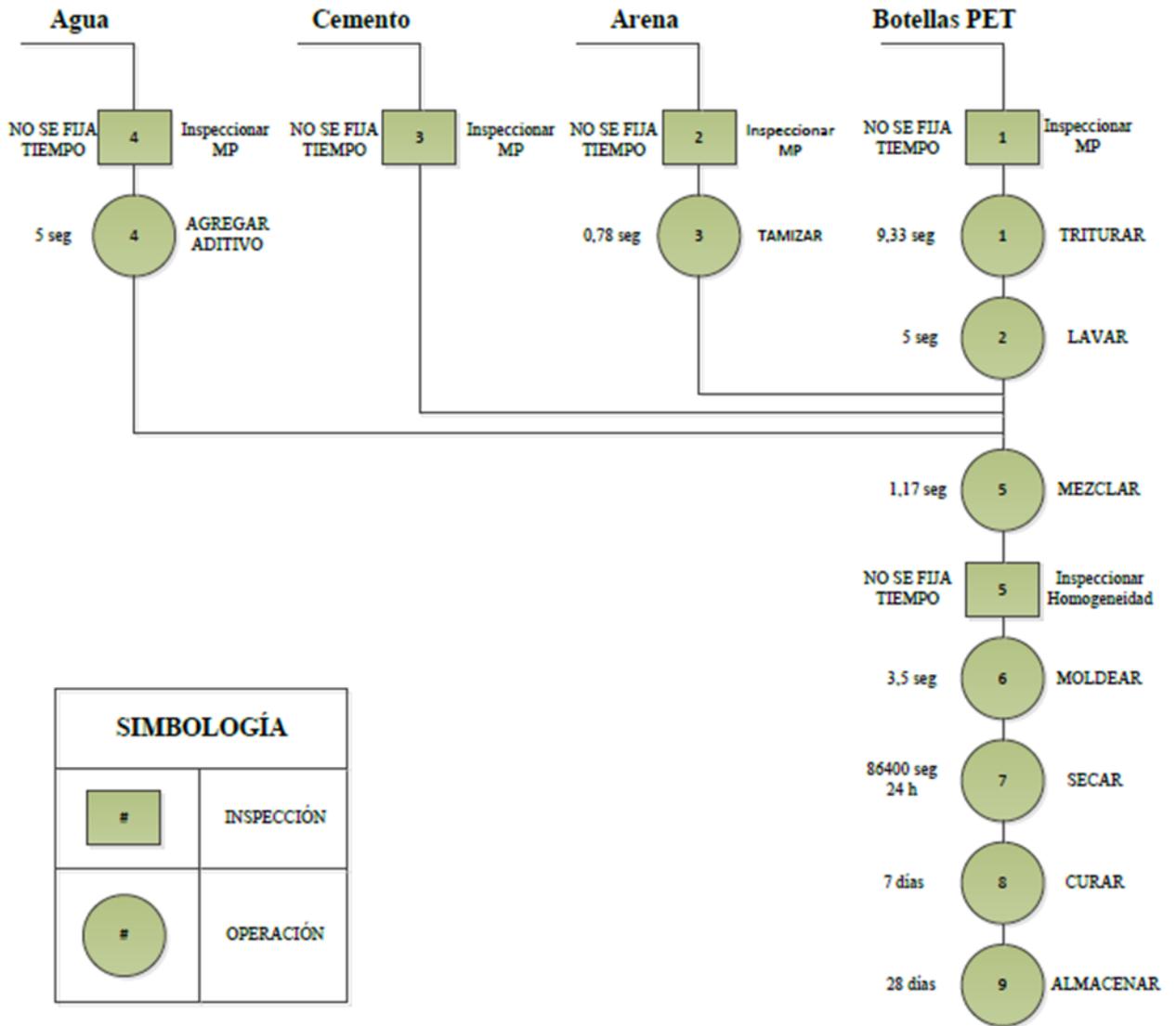
PROCESOS MISIONALES



PROCESOS DE APOYO



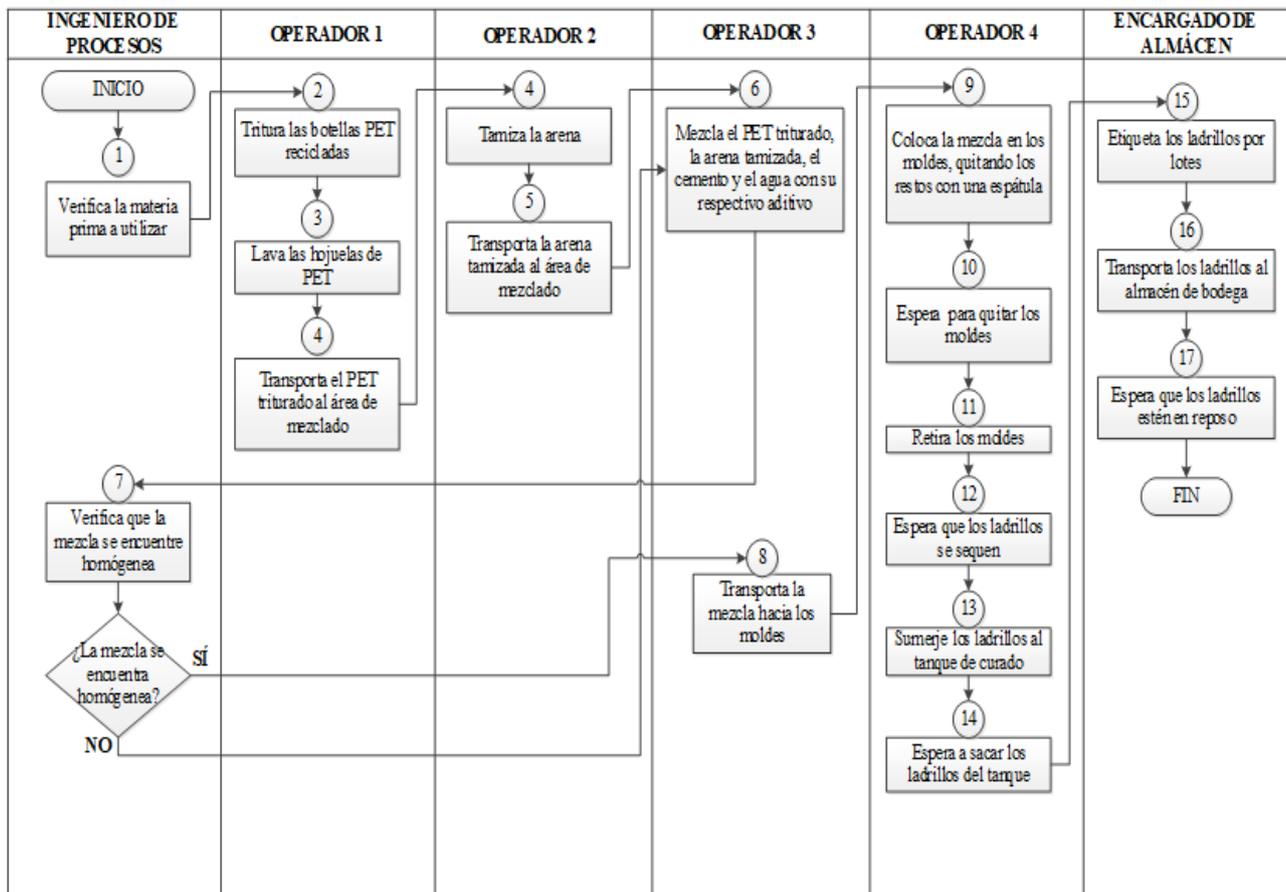
2.6. Diagrama de Operaciones de procesos (DOP)



2.7. Diagrama funcional de procesos

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS								
PROCESO:		PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS ECO-LADRILLOS.				PÁGINA:		1/1
IDENTIFICACIÓN					RESUMEN			
Método Actual	<input checked="" type="checkbox"/>	Método Propuesto	<input type="checkbox"/>	Nro. Total de operaciones		8		
Procedimiento trazado:	Producir un eco-ladrillo			Nro. Total de desplazamientos		3		
Principio de la gráfica:	Verifica la materia prima			Nro. Total de demoras		4		
Final de la gráfica:	Espera de los ladrillos en α			Nro. Total de almacenamientos		0		
Diseñado por: Cañar Guevara Ronald Delgado Rivera Arrlen				Nro. Total de inspecciones		2		
				Nro. Total de pasos		7		
				Tiempo total:		36 días/10 min/19,78 seg		
Pasos	Tiempo	Operaciones	Desplazamientos	Demoras	Almacenamientos	Inspecciones	Descripción de cada paso (Indique que es lo que se hace, Quién lo hace)	Observaciones
1							Verifica la materia prima a utilizar (Inspector)	
2	9.33 seg.						Tritura las botellas PET recicladas (Operador 1)	
3	5 seg.						Lava las hojuelas de PET (Operador 1)	
4	0.78 seg.						Tamiza la arena (Operador 2)	
5							Transporta el PET triturado y la arena tamizada al área de mezclado (Operador 1 y Operador 2)	
6	1.17 seg.						Mezcla el PET triturado, la arena tamizada, el cemento y el agua con su respectivo aditivo (Operador 3)	
7							Verifica que la mezcla se encuentre homogénea (Inspector)	
8							Transporta la mezcla hacia los moldes (Operador 3)	
9	3,5seg.						Coloca la mezcla en los moldes, quitando los restos con una espátula (Operador 3)	
10	10 min						Espera para quitar los moldes (Operador 3)	
11							Retira los moldes (Operador 4)	
12	24 horas						Espera que los ladrillos se sequen (Operador 4)	
13							Sumerje los ladrillos al tanque de curado (Operador 4)	
14	7 días						Espera a sacar los ladrillos del tanque (Operador 4)	
15							Etiqueta los ladrillos por lotes (Encargado de almacén)	
16							Transporta los ladrillos al almacén de bodega (Encargado de almacén)	
17	28 días						Espera que los ladrillos estén en reposo (Encargado de almacén)	

2.8. Diagrama funcional o Diagrama de libreto



2.9. Maquinaria utilizada en la fabricación del eco-ladrillo

2.9.1. Trituradora de PET de un solo eje

La máquina trituradora de PET permitirá procesar las botellas plásticas a una capacidad de 220 kg/h, se empieza introduciendo las mismas por la boca de entrada, cuando el material es atrapado por las cuchillas estas lo cortan hasta alcanzar el tamaño necesario para poder pasar por el tamiz que se encuentra instalado debajo de la caja de las cuchillas, luego se recoge el plástico triturado del contenedor, y tenerlo listo para ser utilizado como agregado en la fabricación de los eco-ladrillos (García, Ponce, Martínez, & León, 2014).



Ilustración 4. Trituradora de plástico PET.

Fuente: Albiz compras

2.9.2. Tina lavadora de partes capacidad 40 galones con bomba 110v

En el lavado que se le hace al PET triturado, se puede diluir sobre el agua detergente industrial y soda cáustica, con el fin de eliminar algún residuo y poder desinfectar el material para que no exista contaminación alguna en las escamas finales (Cisneros & Sánchez, 2014).



Ilustración 5. Tina lavadora de PET triturado.

Fuente: Detek Internacional, S.A de C.V.

2.9.3. Zaranda para arena

La zaranda posee una malla fina y entretejida que permite tamizar materiales áridos como la arena, agregado fino que debe estar libre de impurezas para poder pasar al siguiente proceso.



Ilustración 6. Zaranda para arena.

Fuente: Allbiz compras

2.9.4. Mezcladora

La mezcladora es una máquina, donde se introduce los agregados necesarios para elaborar el ladrillo (PET, cemento, arena, agua, aditivo acelerante), y así obtener una mezcla uniforme lista para el proceso de moldeo, proporcionando un mayor grado de eficiencia en la producción de los eco-ladrillos. Para el proceso de mezclado se escogió una mezcladora de trompo que tiene una capacidad de producción de 350 lts cada 3 min, y se alimenta por arriba en la boca de entrada, como se puede observar en la siguiente imagen:



Ilustración 7. Mezcladora.

Fuente: Concreteras Granizo

2.9.5. Tanque de Curado

El tanque que se observa en la imagen tiene la capacidad de abarcar 500 ladrillos, mismos que son ubicados ahí con el objetivo de ser hidratados durante 7 días, para su posterior fase de almacenamiento.



Ilustración 8. Tanque de curado.

Fuente: ORION RCP Laboratorios.

2.10. Herramientas utilizadas en la fabricación del eco-ladrillo

1.1.1. Moldes desarmables

Luego de la maquina mezcladora, la mezcla se encuentra en un estado de homogeneidad, pero es necesario la utilización de una herramienta que, de forma por lo que se propone la utilización de los moldes manuales desarmables.



Ilustración 9. Molde.

Fuente: Compras casa azul.

1.1.2. Carretilla 90l llanta neumática

Herramienta indispensable para el traslado de materiales durante el proceso de producción del eco-ladrillo.



Ilustración 10. Carretilla.

Fuente: INGCO Make the world in your hands.

1.1.3. Pala de acero cuadrada

Esta herramienta nos permite la recolección y abastecimiento de materiales que intervienen en los diferentes procesos.



Ilustración 11. Pala de acero cuadrada.

Fuente: INGCO Make the world in your hands.

1.1.4. Montacargas hidráulico

Facilita el transporte de materiales de gran volumen.



Ilustración 12. Montacargas hidráulico.

Fuente: INGCO Make the world in your hands.

1.1.5. Pastera con rueda

La pastera permite y facilita el transporte de la mezcla obtenida en la concretera hacia los moldes desarmables.



Ilustración 13. Pastera con ruedas.

Fuente: Talleres TRAIID S.C.

1.1.6. Espátula

Herramienta necesaria para quitar restos de los moldes, y así queden perfectamente encajados.



Ilustración 14. Espátula.

Fuente: INGCO Make the world in your hands.

1.1.7. Pallets de madera

Son plataformas rígidas y portátiles que soportan 2.5 toneladas, facilitando el traslado de la carga, generalmente estos elementos son hechos de madera o plástico.



Ilustración 15. Pallets de madera.

1.2. Ventajas de la producción del eco-ladrillo

1.2.1. Ventajas

- La producción de este eco-ladrillo de forma artesanal es muy sencilla, ya que no requiere de cocción a diferencia del proceso convencional, y que reemplaza la grava por el PET triturado evitando así el consumo de los recursos naturales.
- Para la fabricación de un eco-ladrillo se utiliza 1 kg de PET triturado, favoreciendo así a la disminución del impacto ambiental que causa el plástico al ser desechado.

- Al sustituir el PET triturado por la grava, el proceso de producción colabora en la disminución de la desertificación del suelo.

CAPÍTULO 3

3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Para la puesta en marcha del proyecto se necesita una inversión inicial de \$38052,07 que engloba el total de la compra de la maquinaria igual a \$17492,57 y los costos directos e indirectos para empezar la producción de los eco-ladrillos igual \$20559,5.

3.1. Producción de ladrillos

La producción media de planta está diseñada y estimada para la fabricación de 5.000 ladrillos diarios, obteniendo una producción mensual de 100.000 eco-ladrillos al mes, alcanzando 1200000 unidades producidas al año, como se muestra en la siguiente tabla:

PRODUCCIÓN DE LADRILLOS	
PRODUCCIÓN	UNIDADES PRODUCIDAS
Diario	5.000
Semanal	25.000
Mensual	100.000
Anual	1200000

Tabla 1. Cantidad a producir de los eco-ladrillos.

Fuente: Autoría propia.

3.2. Estimación de costos

La estimación de costos permite el desarrollo de una aproximación de los recursos monetarios necesarios para llevar a cabo un proyecto, por lo que a continuación se mostraran los costos pertinentes para la fabricación del ladrillo ecológico, como lo es la maquinaria, el personal, las instalaciones y la materia prima, factores de relevancia para conocer tanto el costo de fabricación del producto y su precio de venta.

3.2.1. Estimación del costo de la maquinaria y herramientas

La siguiente tabla muestra los costos de la maquinaria y herramientas necesarias para la producción del eco-ladrillo, como también de la depreciación realizada a cada una de ellas. La depreciación es la disminución del valor de la maquinaria y herramientas por el desgaste originado al transcurso de los años.

COSTO DE MAQUINARIA/HERRAMIENTAS Y DEPRECIACIÓN						
Cantidad	Maquinaria/Herramienta	Moneda	Costo	Valor residual	Vida útil/años	Depreciación anual
1	Trituradora	\$	2200	500	10	170
1	Concretera	\$	1600	150	8	181,25
1	Zaranda	\$	600	50	8	68,75
1	Tina lavadora	\$	300	40	10	26
1100	Molde	\$	1100	75	5	205
10	Tanque de curado	\$	10000	150	8	1231,25
2	Carretilla	\$	164,1	30	3	44,7
3	Pala	\$	33,75	5	2	14,375
1	Monta cargas	\$	500	50	5	90
2	Pastera	\$	140	5	2	67,5
2	Espátula	\$	4,72	0	2	2,36
10	Pallets	\$	50	0	1	50
1	Computadora	\$	800	10	5	158
	Total	\$	17492,57			2309,19
Retorno por unidad producida						0,002

Tabla 2. Costo de maquinaria/herramientas y depreciación.

Fuente: Autoría propia.

3.2.2. Estimación de los costos de la mano de obra

En la siguiente tabla se muestra la mano de obra requerida para la producción de los eco-ladrillos, teniendo como funciones el pesado y medición de la materia prima, el control de la maquinaria para su correcto funcionamiento, la supervisión de los procesos y el almacenado del producto final.

Mano de obra		
Personal	Moneda	Salario
Operador 1	\$	400
Operador 2	\$	400
Operador 3	\$	400
Operador 4	\$	400
Supervisor	\$	600
Encargado de almacén	\$	400
Total	\$	2600

Tabla 3. Mano de obra utilizada en la producción del eco-ladrillo.

Fuente: Autoría propia

3.2.3. Estimación de los costos de la materia prima.

En la siguiente tabla se aprecia los costos de cada componente utilizado en la producción del eco-ladrillo, tanto mensual como anual:

MATERIA PRIMA				
Materia prima	Porcentaje	Moneda	Costo por kg	Costo
Botellas PET	0,25	\$	0,2	11375
Arena fina	0,4	\$	0,007	637
Cemento	0,23	\$	0,1	5232,5
Agua	0,12	\$		100
Aditivo acelerante		\$		50
Detergente industrial		\$		30
Total				17424,5
Inversión anual		\$		209094

Tabla 4. Costos de la materia prima.

Fuente: Autoría propia.

3.2.4. Estimación de los costos directos de producción

Los costos directos de producción son aquellos que están relacionados de manera directa con la fabricación del eco-ladrillo, en este caso la mano de obra y la materia prima como se puede ver en la siguiente tabla:

COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCIÓN		
	Moneda	Costo
Mano de obra	\$	2600
Materia prima	\$	17424,5
Total	\$	20024,5
Inversión anual	\$	240294

Tabla 5. Costos directos de producción.

Fuente: Autoría propia.

3.2.5. Estimación de los costos indirectos de producción

Los costos indirectos de producción son aquellos que no se encuentran relacionados de manera directa con la fabricación del eco-ladrillo, pero de igual manera son necesarios para llevar a cabo la producción, como se puede ver en la siguiente tabla:

COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN		
	Moneda	Costo
Alquiler	\$	200
Energía eléctrica	\$	100
Combustible	\$	30
Mantenimiento y reparación	\$	100
Repuestos	\$	100
Utensilio de oficina	\$	5
Total	\$	535
Inversión Anual	\$	6420

Tabla 6. Costos indirectos de producción.

Fuente: Autoría propia

3.2.6. Cálculo del costo unitario del eco-ladrillo

Se calculo el costo unitario del eco-ladrillo en base a la producción mensual, obteniendo lo siguiente:

$$COSTO\ UNITARIO = \frac{COSTO\ TOTAL\ DE\ PRODUCCIÓN}{CANTIDAD\ A\ PRODUCIR}$$

$$COSTO\ UNITARIO = \frac{20024,5 + 535}{100000}$$

$$COSTO\ UNITARIO = \frac{20559,5}{100000}$$

$$COSTO\ UNITARIO = 0,20\ ctvs$$

Al costo unitario obtenido, le sumamos el retorno por unidad producida:

$$COSTO\ UNITARIO = 0,20 + 0,002$$

$$COSTO\ UNITARIO = 0,21\ ctvs$$

$$Margen\ de\ ganancia\ por\ bloque = 1\ ctvs$$

$$PVP = 0,22\ centavos$$

3.3. VAN y Retorno sobre la inversión "TIR" anual

$$INGRESO\ ANUAL = PVP * PRODUCCIÓN\ ANUAL$$

$$Ingreso\ anual = 0,22 * 1200000$$

$$Ingreso\ Anual = \$ 264.000$$

COSTO ANUAL = Costo directo + Costo Indirecto + Depreciación anual

Costo Anual= 240294 + 6420 + 2309,19

Costo Anual= 249023,19

GANANCIA= Ingreso Anual – Costo Anual

Ganancia= 264000 – 249023,19

Ganancia= \$14976,81 (1 año)

En el primer año con una producción estimada de \$1200000 eco-ladrillos se obtiene una ganancia de \$14976,81.

INGRESO ANUAL = PVP * PRODUCCIÓN ANUAL

Ingreso anual= 0,22 *1300000

Ingreso Anual= \$286000

COSTO ANUAL = Costo directo + Costo Indirecto + Depreciación anual

Costo Anual= 260318,5 + 6955 + 2309,19

Costo Anual= \$269582,69

GANANCIA= Ingreso Anual – Costo Anual

Ganancia= 286000 – 269582,69

Ganancia= \$16417,31 (2 año)

En el segundo año con una producción estimada de \$1300000 eco-ladrillos se obtiene una ganancia de \$14976,81.

INGRESO ANUAL = PVP * PRODUCCIÓN ANUAL

Ingreso anual= 0,22 *1400000

Ingreso Anual= \$308000

COSTO ANUAL = Costo directo + Costo Indirecto + Depreciación anual

Costo Anual= 280343+ 7490 + 2309,19

Costo Anual= \$290142,19

GANANCIA= Ingreso Anual – Costo Anual

Ganancia= 308000 – 290142,19

Ganancia= \$17857,81 (3 año)

En el tercer año con una producción estimada de \$1400000 eco-ladrillos se obtiene una ganancia de \$14976,81.

INGRESO ANUAL = PVP * PRODUCCIÓN ANUAL

Ingreso anual= 0,22 *1500000

Ingreso Anual= \$330000

COSTO ANUAL = Costo directo + Costo Indirecto + Depreciación anual

Costo Anual= 300367,5 + 8025 + 2309,19

Costo Anual= \$310701,69

GANANCIA= Ingreso Anual – Costo Anual

Ganancia= 330000 – 310701,69

Ganancia= \$19298,31 (4 año)

En el cuarto año con una producción estimada de \$1500000 eco-ladrillos se obtiene una ganancia de \$19298,31.

INVERSIÓN INICIAL: \$38052,07

Con la inversión inicial de \$38052,07 y la estimación de las ganancias calculadas se realizó la siguiente tabla, para obtener el VAN y el TIR:

PERIODO	FLUJO DE CAJA
Año 0	-38052,07
Año 1	14976,81
Año 2	16417,31
Año 3	17857,81
Año 4	19298,31
Total	30498,17
VAN	\$21.805,56
TIR	27%

Tabla 7. VAR y TIR obtenido.

Fuente: Autoría propia.

Con la aplicación de una tasa de descuento del 5 % se obtuvo un VAN de \$21.805,56 es decir la ganancia neta generada en el transcurso de los 4 años que se proyectó y una TIR de 27%.

CONCLUSIONES

- Dentro del presente trabajo de titulación, encontramos el diseño de los procesos que engloban la producción del eco-ladrillo, desde la verificación de la existencia de la materia prima hasta el producto terminado, con los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Industrial, una alternativa innovativa por el desarrollo de un nuevo producto obtenido a través del uso de un material comúnmente desechado luego de su consumo, como lo son las botellas PET.
- El proceso de producción propuesto se basa en una producción más limpia en comparación a procesos existentes con un alto nivel de contaminación, dejando de lado a los recursos naturales no renovables.
- La capacidad de producción instalada es de 5000 eco-ladrillos por día, teniendo un retorno sobre la inversión “TIR” de 27% anual, siendo muy favorable la inversión en este trabajo investigativo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la elaboración de una normativa de calidad donde se establezca los parámetros necesarios para la producción de los eco-ladrillos propuestos en el presente trabajo.
- Realizar pruebas de resistencia, tracción, compresión al eco-ladrillo para elevar la confiabilidad de esta alternativa
- Realizar un manual de procedimientos de la producción del eco-ladrillo, para un mayor entendimiento sobre su elaboración.
- Se recomienda realizar una investigación más profunda y detallada en base al diseño y localización de planta.
- Es recomendable seguir indagando en este tipo de investigaciones, ya que el PET es un material que presenta propiedades físicas y mecánicas que pueden ser de gran utilidad al ser utilizado como materia prima para el diseño y fabricación de otros productos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angumba, P. (2016). *Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para mampostería no portante*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Arandes, J., Bilbao, J., & López, D. (2004). Reciclado de residuos plásticos . *Revista Iberoamericana de Polímeros* , 29-45.
- Badii, M., Guillen, A., & Abreu, J. (2017). La industria y el desarrollo sostenible . *Daena: International Journal of Good Conscience*, 105-126.
- Berretta, H., Gatani, M., Gaggino, R., & Arguello, R. (2008). *Ladrillos de plástico reciclado: Una propuesta ecológica para la vivienda social*. Buenos Aires: Editorial Nobuko.
- Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2010). *Diseño y selección de procesos*. Universidad para la Cooperación Internacional.
- Cisneros, M., & Sánchez, J. (2014). *Plan de negocio para planta recicladora de PET*. Lima: Universidad del Pacífico - Escuela de Postgrado.
- Cobos, R. (2016). El polietilén tereftalato (PET) como envase de aguas minerales. *Sociedad Española de Hidrología Médica*, 179-190.
- Cuatrecasas, L. (2009). *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible: Técnicas de diseño de herramientas gráficas con soporte informático*. Barcelona: PROFIT Editorial.
- Echeverría, J. (2015). Guía para el diseño y documentación de procesos. *Revista electrónica ESPE*, 1-21.
- Ecoembes. (2018). *Hechos de material reciclado. Cerrando el círculo*. España.
- Escaño, L., Federico, E., & Rivero, M. (2017). *Guí práctica para estudio de casos: Producción más limpia*. Buenos Aires: Agencia de Protección Ambiental- Ministerio del Ambiente y Espacio Público.
- Fajardo, H. (2017). La Producción Más Limpia como estrategia ambiental en el marco de desarrollo sostenible. *Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 47-59.
- Flores, V., Rojas, J., & Torres, R. (2014). Mezclas de cemento y agregados de plástico para la construcción de viviendas ecológicas . *Ciencias Tecnológicas y Agrarias*, 101-110.
- Gaggino, R. (2003). Elementos constructivos con PET reciclado. *TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN*, 51-64.

- Gaggino, R., Kreiker, J., Mattioli, D., & Argüello, R. (2015). Emprendimiento de fabricación de ladrillos con plástico reciclado involucrando actores públicos y privados. *AREA*, 35-45.
- Gareca, M., Andrade, M., Diana, P., Barrón, F., & Hugo, V. (2020). Nuevo material sustentable: Ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 25-61.
- Gómez, I. (2020). *Desarrollo Sostenible*. Malagá: EDITORIAL E-LEARNING S.L.
- Gutiérrez, N. (2016). *Caracterización de botellas PET para su uso como elementos constructivos de muros de carga*. Tlaquepaque: Instituto tecnológico y de estudios superiores de Occidente .
- Juárez, M., Santiago, M., & Vera, J. (2011). Estudio de factibilidad para la manufactura de empuñaduras de PET reciclado. *e-Gnosis*, 1-12.
- Leiva, D., & Reyes, J. (2017). *Ladrillos ecológicos: Una estrategia didáctica*. Sevilla: Universida Distrital Francisco José de Caldas.
- Mansilla, L., & Ruiz, M. (2009). Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster. *Ingeniería Industrial*, 123-137.
- Martínez, A., & Cote, M. (2014). Diseño y fabricación de ladrillo reutilizando materiales a base de PET. *INGE CUC*, 76-80.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable . (2017). *Herramientas para una producción sustentable*. Argentina.
- Moya, J. C., Cevallos, E., & Endara, E. (2019). La construcción sostenible a partir del empleo de ladrillos tipo PET. *Revista INGENIO*, 24-32.
- Mulder, K. (2007). *Desarrollo sostenible para ingenieros*. Barcelona: Edicions UPC - Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL.
- Ortiz, E., Cristancho, D., & Avellaneda, B. (2020). Análisis comparativo del desempeño de los ladrillos tradicionales frente a los ladrillos PET. *Revista Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 54-63.
- Perez, T. (2019). Los residuos que generamos: su manejo sustentable, un gran desafío. *Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 60-82.
- Plazas, H. (2017). *Diseño de Procesos* . Bogotá: Fundación Universitaria del Área Andina .
- Reyes, C. (2013). *El PET como sistema alternativo para la construcción de muros en la vivienda*. Mexico, D.F: Universidad Autónoma Metropolitana.

- Reyna, C. (2016). *"Reutilización de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo"*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo Escuela de Posgrado.
- Robayo, C. (2008). *Importancia de la Producción Más Limpia en IPS*. Bogotá: Secretaria Distrital de Salud.
- Strange, T., & Baylet, A. (2012). *Desarrollo Sostenible: Integrar la economía, la sociedad y el medio ambiente*. Esenciales OCDE, OECD Publishing-Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM.
- Valderrama, M. F., Chavarro, L. E., Osorio, J. C., & Peña, C. C. (2018). Estudio dinámico del reciclaje de envases pet en el Valle del Cauca. *Revista Lasallista de Investigación*, 67-74.
- Van Hoof, B., Monroy, N., & Saer, A. (2007). *Producción más limpia: Paradigma de gestión ambiental*. Bogotá: Alfaomega Colombiana S.A.
- Varela Rojas, I. (2003). Definición de Producción más limpia. *Tecnología en Marcha*, 3-12.

ANEXOS

Especificaciones de la maquinaria y herramientas utilizadas en la producción

ESPECIFICACIONES

Boca de entrada	690 x 500 MM
Apertura de cilindro	400 MM
Diámetro del rotor	Φ 220 MM
Velocidad del eje	83 R/MIN
Malla	Φ 40 MM
Cuchillas de rotor	26 PCS
Cuchillas fijas	4 OCS
Potencia del motor principal	15 KW / 20 HP
Potencia del motor hidráulico	2.2 KW
Peso	1400 KG

Tabla 8. Especificaciones de la máquina trituradora de plástico PET.

ESPECIFICACIONES

Marca	Wintek
Motor	110 V
Potencia	½ HP
Capacidad	40 galones
Dimensiones	1130x545x1395 mm

Tabla 9. Especificaciones de la tina lavadora de PET triturado.

ESPECIFICACIONES

Marca	Arena
Potencia	½ HP
Ancho de la bandeja	50 CM
Largo de la bandeja	60 CM
Tolva difusora	Carretilla
Tiempo de llenado de la carretilla	2,30 minutos

Tabla 10. Especificaciones de la zaranda para arena.

ESPECIFICACIONES

Marca de motor	Briggs & Stratton Japones
Potencia	13.5 HP
Capacidad	350 litros
Tiempo de mezclado	3 minutos
Llantas	RIN 13
Espesor de la olla	3 y 6 MM

Tabla 11. Especificaciones de la mezcladora.

ESPECIFICACIONES

Marca	Wintek
Largo	26 cm
Ancho	7 cm
Altura	12,5 cm
Volumen de la mezcla	2275cm ³

Tabla 12. Especificaciones de los moldes desarmables.

ESPECIFICACIONES

Marca	ORION
Construcción	Plancha de fierro, interior de paredes lisa
Capacidad	330 galones
Controlador	Pirómetro digital programable de 0 a 100°C
Voltaje	220 V

Tabla 13. Especificaciones del tanque de curado.

ESPECIFICACIONES

Marca	INGCO
Construcción	Plancha de metálica de 1 mm de espesor
Capacidad	159 kg
Rueda	5 Pulgadas
Mango	1.2 x 32 mm

Tabla 14. Especificaciones de la carretilla.

ESPECIFICACIONES

Marca	INGCO
Construcción	Mango de madera y acero al carbono
Longitud	1,03 m
Peso	1 kg
Ancho De La Pala	24 cm
Largo De La Pala	28 cm

Tabla 15. Especificaciones de la pala de acero cuadrada.

ESPECIFICACIONES

Marca	INGCO
Construcción	Hierro
Capacidad	2,5 toneladas
Color	Amarillo
Rueda	Nylon

Tabla 16. Especificaciones del montacargas hidráulico.

ESPECIFICACIONES

MARCA	Talleres Traid
CONSTRUCCIÓN	Hierro
CAPACIDAD	0,165 m ³
ESPEJOR	1,5 mm
ANCHO	65 cm
LARGO	136 cm

Tabla 17. Especificaciones de la pastera con ruedas.

ESPECIFICACIONES

MARCA	INGCO
CONSTRUCCIÓN	Acero inoxidable
TAMAÑO	60 mm

MANGO

Plástico

Tabla 18. Especificaciones de la espátula

ESPECIFICACIONES

Marca	Otro
Construcción	Madera
Capacidad	1,1 tonelada
Largo	1 m
Ancho	1 m

Tabla 19. Especificaciones de los pallets.