



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO
DE RIESGOS NATURALES**

**VENTAJAS DEL USO DEL LADRILLO ECOLÓGICO EN LA
CONSTRUCCIÓN FRENTE AL BLOQUE DE HORMIGÓN,
UTILIZANDO RESIDUOS DE MAÍZ EN LA PARROQUIA DE
“CALACALÍ”, NOROCCIDENTE DE QUITO.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES**

AUTOR: RODRIGO JAVIER MUÑOZ PUEBLA

DIRECTOR: ING. IVÁN JÁCOME RAMÍREZ

Quito, Mayo 2016

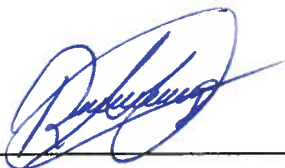
© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2016

Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo **RODRIGO JAVIER MUÑOZ PUEBLA**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Rodrigo Javier Muñoz Puebla

C.I. 172459038-3

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “Ventajas del uso del Ladrillo Ecológico en la construcción frente al Bloque de Hormigón, utilizando Residuos de Maíz en la Parroquia de “Calacalí”, Noroccidente de Quito”, que, para aspirar al título de Ingeniero Ambiental y manejo de Riesgos Naturales fue desarrollado por Rodrigo Javier Muñoz Puebla, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.



Ing. Iván Jácome Ramírez
DIRECTOR DEL TRABAJO
C.I.

DEDICATORIA

Dedico este Proyecto de Titulación a mis padres, porque gracias a ellos tuve la oportunidad de formarme como profesional, han sido un ejemplo de perseverancia, humildad, responsabilidad y de amor incondicional, a mis hermanos Nathaly y Michael, esperando que les sirva de ejemplo para llegar a cumplir sus metas.

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

PROYECTO DE TITULACIÓN

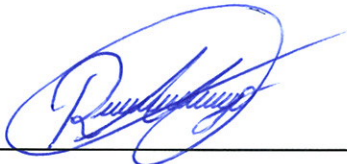
DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	172459038-3
APELLIDO Y NOMBRES:	Muñoz Puebla Rodrigo Javier
DIRECCIÓN:	Av. Manuel Córdova Galarza, km 8
EMAIL:	rodro1990@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	022350463
TELÉFONO MOVIL:	0999986303

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Ventajas del uso del ladrillo ecológico en la construcción frente al bloque de hormigón, utilizando residuos de maíz en la parroquia de "Calacalí", noroccidente de Quito.
AUTOR O AUTORES:	Rodrigo Javier Muñoz Puebla
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	03 de mayo de 2016
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Iván Jácome Ramírez
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales
RESUMEN:	Los residuos que se generan en la actividad industrial y agrícola han provocado un problema de almacenaje y eliminación, así como un problema medio ambiental y ecológico para los seres vivos, por esta razón en la actualidad se debe crear conciencia y prioridad el principio de sostenibilidad y de respeto por el medio ambiente, buscando un equilibrio entre las partes: económica, social y ambiental. El siguiente trabajo propone una alternativa de un nuevo material constructivo, llamado "ladrillo ecológico", analizando las ventajas y desventajas respecto al bloque de hormigón que es el material de construcción más utilizado en nuestro país; el ladrillo ecológico se elaboró en una fábrica de bloques "SERVI-BLOCK", en el sector industrial ubicado en la Parroquia de Calacalí, para ello se utiliza un suelo almacenado procedente de

	<p>actividades constructivas de la empresa en combinación con residuos de la cosecha del maíz y aserrín de carpinterías cercanas al lugar de trabajo, residuos que muchas veces se incineran sin saber el daño que genera al medio ambiente, como aditivo se utiliza una pequeña cantidad de cemento para estabilizar la materia prima y obtener la resistencia deseada; se fabricó 3 tipos de ladrillo ecológico, quedando descartado el tipo 1; mientras que el tipo 2 y 3 arrojaron resultados competitivos respecto al bloque de hormigón, los cuales se encuentran dentro de los límites de la Norma Técnica Ecuatoriana (Resistencia mínima a la compresión y absorción de agua) que se utilizó como referencia, ya que no existe una normativa para un prefabricado de éste tipo. En otro tema, se analizaron los costos que genera la fabricación, tanto del ladrillo ecológico planteado como los del bloque de hormigón, así mismo se analizó el costo de metro cuadrado de mampostería y la trabajabilidad de ambos productos, teniendo cierta primacía en los resultados el ladrillo ecológico propuesto.</p>
<p>ABSTRACT:</p>	<p>The waste generated in the industrial and agricultural activity has caused a problem of storage and disposal as well as an environmental and ecological problem for living beings. For this reason, we have to raise awareness and set as a priority the principle of sustainability and respect for the environment, seeking a balance between the economic, social and environmental sides. The following paper proposes a new alternative construction material called "ecological brick", analyzing the advantages and disadvantages compared to concrete block which is the most widely used building material in our country. The ecological brick was produced in a block factory called "SERVI-BLOCK" in the industrial area located in the Parish of Calacalí. For this, we used stored soil from construction activities emitted by the factory, in combination with crop residues of corn and sawdust produced by carpentry near the workplace. This type of waste is often</p>

	<p>incinerated without knowing the damage that it generates to the environment. As an additive, a small amount of cement was used to stabilize the raw material and obtain the desired resistance. Three types of ecological bricks were manufactured, where type 1 was categorized as obsolete but type 2 and 3 yielded competitive results compared to concrete blocks, that were within the limits of the Ecuadorian Technical Standard (minimum compressive and water absorption resistance), used as reference since there is no normative for this type of prefabricated blocks. Furthermore, the costs of manufacturing both the ecological brick and the concrete block were analyzed; likewise the cost per square meter of masonry and workability of both products were determined, taking certain primacy in the results the proposed ecological brick.</p>
--	---

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

f. 

MUÑOZ PUEBLA RODRIGO JAVIER

CI. 172459038-3

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **RODRIGO JAVIER MUÑOZ PUEBLA**, CI. 172459038-3 autor del proyecto titulado: **Ventajas del uso del ladrillo ecológico en la construcción frente al bloque de hormigón, utilizando residuos de maíz en la parroquia de “Calacalí”, noroccidente de Quito**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 03 de mayo de 2016

f:  _____

MUÑOZ PUEBLA RODRIGO JAVIER

CI. 1724590383

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Tecnológica Equinoccial por darme la oportunidad de formarme como profesional.

A todos mis profesores que con sus conocimientos y consejos hicieron de mí una mejor persona y al Ingeniero Iván Jácome por brindarme su apoyo en la realización de éste Proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	ix
SUMMARY	x
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA	2
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. LADRILLO ECOLÓGICO	4
2.1.1. TIPOS DE LADRILLOS ECOLÓGICOS	4
2.1.2. SUELO APTO PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS	5
2.2. LADRILLO TRADICIONAL	7
2.3. CLASES DE LADRILLO TRADICIONAL	8
2.4. MATERIA PRIMA QUE UTILIZA EL LADRILLO ECOLÓGICO PROPUESTO	9
2.4.1. SUELO PROPIO DEL LUGAR	9
2.4.2. RESIDUOS DE MAÍZ	10
2.4.3. RESIDUOS DE CARPINTERÍA (ASERRÍN)	10
2.4.4. CEMENTO PORTLAND	11
2.5. BLOQUE DE HORMIGÓN	11
2.6. TIPO DE MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES DE LAS CONSTRUCCIONES DE ECUADOR	12
2.7. DESARROLLO SOSTENIBLE	13

2.8.	AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO	14
2.8.1.	TRANSMITANCIA TÉRMICA	14
2.9.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)	14
2.10.	ENCUESTA	15
3.	 METODOLOGÍA	16
3.1.	DISEÑO DEL LADRILLO ECOLÓGICO	16
3.2.	MATERIA PRIMA UTILIZADA	16
3.2.1.	CLASIFICACIÓN DEL SUELO UTILIZADO	17
3.2.2.	RESIDUOS DE LA COSECHA DEL MAÍZ	17
3.2.3.	ASERRÍN DE CARPINTERÍAS ALEDAÑAS	17
3.3.	ENCUESTAS	18
3.4.	CANTIDAD DE MATERIA PRIMA EMPLEADA Y SÍNTESIS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN	18
3.5.	ENSAYOS APLICADOS AL LADRILLO ECOLÓGICO	19
3.5.1.	ENSAYO DE RESISTENCIA MÍNIMA A LA COMPRESIÓN	19
3.5.2.	ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA Y DENSIDAD	19
3.5.2.1.	Cálculo de la absorción de agua	20
3.5.2.2.	Cálculo de densidad	20
3.6.	COSTOS DEL LADRILLO ECOLÓGICO	21
3.7.	BLOQUE DE HORMIGÓN	21
3.7.1.	COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL BLOQUE DE HORMIGÓN	21
3.8.	MÁQUINA EMPLEADA EN LA FABRICACIÓN DE LOS LADRILLOS DEL PRESENTE ESTUDIO.	22
3.9.	CONSTRUCCIÓN DE UN CUARTO CON EL LADRILLO ECOLÓGICO PROPUESTO	22
4.	 RESULTADOS	23
4.1.	DISEÑO DEL LADRILLO ECOLÓGICO	23
4.2.	RESIDUOS DE LA COSECHA DEL MAÍZ	24

4.3.	ASERRÍN DE CARPINTERÍAS ALEDAÑAS	25
4.4.	ENCUESTA	26
4.4.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	26
4.4.2.	MUESTRA POBLACIONAL	28
4.4.3.	RESULTADO DE ENCUESTAS	29
4.5.	CLASIFICACIÓN DEL SUELO UTILIZADO	36
4.6.	CANTIDAD DE MATERIA PRIMA EMPLEADA Y PASOS PARA LA FABRICACIÓN DEL LADRILLO ECOLÓGICO	38
4.6.1.	CANTIDAD DE MATERIA PRIMA EMPLEADA	39
4.6.2.	PASOS PARA FABRICAR EL LADRILLO ECOLÓGICO	39
4.7.	RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO	44
4.7.1.	RESULTADO DEL LADRILLO ECOLÓGICO TIPO 1	44
4.7.2.	RESULTADO DEL LADRILLO ECOLÓGICO TIPO 2	44
4.7.3.	RESULTADO DEL LADRILLO ECOLÓGICO TIPO 3	46
4.8.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU) DEL LADRILLO ECOLÓGICO	48
4.8.1.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL LADRILLO ECOLÓGICO, TIPO 1	48
4.8.2.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL LADRILLO ECOLÓGICO, TIPO 2	49
4.8.3.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL LADRILLO ECOLÓGICO, TIPO 3	49
4.9.	BLOQUE DE HORMIGÓN	49
4.9.1.	CANTIDAD DE MATERIA PRIMA EMPLEADA EN LA FABRICACIÓN DEL BLOQUE DE HORMIGÓN	50
4.9.2.	FABRICACIÓN DEL BLOQUE CONVENCIONAL DE HORMIGÓN	50
4.9.3.	ENSAYOS DE LABORATORIO DEL BLOQUE DE HORMIGÓN	51

4.10. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL BLOQUE DE HORMIGÓN	52
4.10.1. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL BLOQUE DE HORMIGÓN PARA MAMPOSTERÍA	52
4.11. MÁQUINA EMPLEADA EN LA FABRICACIÓN DE LOS LADRILLOS DEL PRESENTE ESTUDIO.	53
4.11.1. FUERZA Y PRESIÓN EMPLEADOS DE LA MÁQUINA PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS	53
4.11.2. OPCIONES DE MÁQUINAS QUE PUEDEN UTILIZARSE PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS	54
4.12. CONSTRUCCIÓN DE UN CUARTO CON EL LADRILLO ECOLÓGICO PROPUESTO	55
4.13. VENTAJAS DEL USO DEL LADRILLO ECOLÓGICO EN LA CONSTRUCCIÓN VS EL BLOQUE DE HORMIGÓN	55
4.13.1. VENTAJA AMBIENTAL	56
4.13.2. VENTAJA ECONÓMICA	57
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
5.1. CONCLUSIONES	59
5.2. RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	63
ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

PÁGINA

Tabla 1. Fracciones recomendadas para elaborar ladrillos ecológicos	5
Tabla 2. Tipo de Material Predominante en las paredes de las edificaciones de la Provincia de Pichincha y del País según el censo del año 2010	12
Tabla 3. Permisos de Construcción por Tipo de Material Predominante en las paredes de las edificaciones de Pichincha y del País en el año 2013	13
Tabla 4. Tipos del Ladrillo Ecológico y cantidad de materia prima utilizada por mezcla	39
Tabla 5. Maquinaria existente en la actualidad para fabricar ladrillos ecológicos	54
Tabla 6. Materia prima que utiliza el ladrillo ecológico y bloque de hormigón	56
Tabla 7. Características principales del ladrillo ecológico y bloque de hormigón	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Zona recomendada del diagrama de plasticidad de las tierras	6
Figura 2. Estados de suelo, límites de Atterberg	7
Figura 3. Residuos sólidos de carpintería cercana	18
Figura 4. Ladrillo ecológico propuesto	23
Figura 5. Agujeros verticales, facilitan instalaciones: eléctricas, agua o gas	24
Figura 6. Residuos de maíz de la Parroquia de Calacalí	25
Figura 7. Aserrín de carpintería cercana	26
Figura 8. Fotografía de ubicación de la Parroquia de Calacalí	27
Figura 9. Porcentaje de respuestas sobre el conocimiento de los Ladrillos Ecológicos	29
Figura 10. Porcentaje de respuestas sobre el agrado de utilizar el ladrillo ecológico para la construcción	30
Figura 11. Porcentaje de respuestas: ¿Cree Ud. que los ladrillos ecológicos ayudarían al medio ambiente?	31
Figura 12. Porcentaje de respuestas: ¿Sabías que los ladrillos ecológicos reducen el calentamiento global?	32
Figura 13. Porcentaje de respuestas: Opinión sobre si es seguro construir con los ladrillos ecológicos	33
Figura 14. Porcentaje de respuestas: ¿Sabías que una construcción con ladrillos ecológicos disminuye el uso de aire acondicionado y calefacción?	34
Figura 15. Porcentaje de respuestas sobre la preferencia de construir con un ladrillo ecológico de residuos de cosecha de maíz en lugar del bloque de hormigón	35
Figura 16. Porcentaje de respuestas sobre la opinión de la gente acerca del proyecto	36

Figura 17. Prueba de determinación de la textura del suelo (Muestra 2)	38
Figura 18. Suelo tamizado	40
Figura 19. Mezcla de materia prima: suelo, cemento, residuos de maíz y aserrín	41
Figura 20. Llenado de moldes y compactación	42
Figura 21. Extracción del prefabricado	43
Figura 22. Curado y almacenamiento	43
Figura 23. Ladrillo Ecológico Tipo 2	45
Figura 24. Ladrillo ecológico Tipo 3	47

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO 1	
Formatos	66
ANEXO 2	
Resultados de laboratorio	69
ANEXO 3	
Análisis de precios unitarios	79
ANEXO 4	
Planos del cuarto construido con ladrillos ecológicos propuestos	84
ANEXO 5	
Fotografías	87

RESUMEN

Los residuos que se generan en la actividad industrial y agrícola han provocado un problema de almacenaje y eliminación, así como un problema medio ambiental y ecológico para los seres vivos, por esta razón en la actualidad se debe crear conciencia y prioridad el principio de sostenibilidad y de respeto por el medio ambiente, buscando un equilibrio entre las partes: económica, social y ambiental. El siguiente trabajo propone una alternativa de un nuevo material constructivo, llamado “ladrillo ecológico”, analizando las ventajas y desventajas respecto al bloque de hormigón que es el material de construcción más utilizado en nuestro país; el ladrillo ecológico se elaboró en una fábrica de bloques “SERVI-BLOCK”, en el sector industrial ubicado en la Parroquia de Calacalí, para ello se utiliza un suelo almacenado procedente de actividades constructivas de la empresa en combinación con residuos de la cosecha del maíz y aserrín de carpinterías cercanas al lugar de trabajo, residuos que muchas veces se incineran sin saber el daño que genera al medio ambiente, como aditivo se utiliza una pequeña cantidad de cemento para estabilizar la materia prima y obtener la resistencia deseada; se fabricó 3 tipos de ladrillo ecológico, quedando descartado el tipo 1; mientras que el tipo 2 y 3 arrojaron resultados competitivos respecto al bloque de hormigón, los cuales se encuentran dentro de los límites de la Norma Técnica Ecuatoriana (Resistencia mínima a la compresión y absorción de agua) que se utilizó como referencia, ya que no existe una normativa para un prefabricado de éste tipo. En otro tema, se analizaron los costos que genera la fabricación, tanto del ladrillo ecológico planteado como los del bloque de hormigón, así mismo se analizó el costo de metro cuadrado de mampostería y la trabajabilidad de ambos productos, teniendo cierta primacía en los resultados el ladrillo ecológico propuesto.

SUMMARY

The waste generated in the industrial and agricultural activity has caused a problem of storage and disposal as well as an environmental and ecological problem for living beings. For this reason, we have to raise awareness and set as a priority the principle of sustainability and respect for the environment, seeking a balance between the economic, social and environmental sides. The following paper proposes a new alternative construction material called "ecological brick", analyzing the advantages and disadvantages compared to concrete block which is the most widely used building material in our country. The ecological brick was produced in a block factory called "SERVI-BLOCK" in the industrial area located in the Parish of Calacalí. For this, we used stored soil from construction activities emitted by the factory, in combination with crop residues of corn and sawdust produced by carpentry near the workplace. This type of waste is often incinerated without knowing the damage that it generates to the environment. As an additive, a small amount of cement was used to stabilize the raw material and obtain the desired resistance. Three types of ecological bricks were manufactured, where type 1 was categorized as obsolete but type 2 and 3 yielded competitive results compared to concrete blocks, that were within the limits of the Ecuadorian Technical Standard (minimum compressive and water absorption resistance), used as reference since there is no normative for this type of prefabricated blocks. Furthermore, the costs of manufacturing both the ecological brick and the concrete block were analyzed; likewise the cost per square meter of masonry and workability of both products were determined, taking certain primacy in the results the proposed ecological brick.

1. INTRODUCCIÓN

En Latinoamérica el ladrillo ecológico es un nuevo tema de estudio, ya que solamente en pocos países se ha implementado el uso y la elaboración del mismo. Dentro de los países latinoamericanos que presentan un mayor desarrollo en el campo de la construcción y el uso de elementos ecológicos se encuentran Chile, Argentina, Uruguay y Colombia; así mismo en países europeos como España, Italia, Francia y Holanda, se observa un alto nivel de desarrollo en este tipo de materiales, con tecnología avanzada y sustentable para el medio ambiente, en los que se han aprovechado el uso de residuos agrícolas e industriales (Cabo, 2011).

En la parroquia de “Calacalí” ubicada al noroccidente de Quito, la construcción con ladrillos ecológicos es viable, debido a que en el sector es fácil encontrar los residuos de la cosecha de maíz y carpintería, los cuales pueden ser un aporte importante como insumos para la elaboración del ladrillo ecológico; en comparación con el uso de otros materiales de construcción que son más comunes como la madera, piedra triturada y “cascajo” (piedra pómez), mismos que son materiales escasos y que en la actualidad se obtienen de minas, que no siempre tienen los permisos correspondientes para realizar actividad minera (EL Comercio, 2014).

Con este proyecto, se estimará la factibilidad en el uso de un ladrillo ecológico para el área de la construcción en el Ecuador, detallando las ventajas y desventajas que posee respecto al bloque de hormigón, ya que es el más utilizado en nuestro medio, con la finalidad de aportar al cuidado ambiental y disminuir la huella de carbono.

1.1. PROBLEMA

En las construcciones, el material más utilizado es el bloque de hormigón, cuya elaboración conlleva el uso de varios materiales como son la piedra pómez, chispa (piedra triturada), polvo y cemento, con los consiguientes inconvenientes de contaminación para el suelo, agua y aire, que se generan durante los procesos de extracción, generando en el aire partículas suspendidas, en el agua, acumulación de desechos que son vertidos a los ríos y en el suelo, generación de un efecto de erosión y la acumulación de escombros, efectos que son evidentes en la actividad minera.

El uso del ladrillo ecológico busca disminuir el impacto ambiental y al mismo tiempo reutilizar los residuos generados en el cultivo del maíz, mismos que en la actualidad no se les da una correcta disposición final o simplemente se los acumula para posteriormente ser incinerados, constituyendo otro aporte significativo para el presente proyecto; además, de generar un beneficio directo para los habitantes de la zona, quienes pueden proveer éste tipo de recurso. De manera similar pueden servir como aglutinantes usados junto a una pequeña cantidad de cemento y complementados con los residuos de carpintería (aserrín), que al igual que los de maíz, no se les da una adecuada disposición final.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El proyecto busca servir en primer lugar a la población local, como una ayuda a la solución de la problemática ambiental que se vive en la actualidad, sobre la base de cumplir tres aspectos importantes: calidad, menor costo y beneficio del producto hacia el medio ambiente.

La principal ventaja del uso del ladrillo ecológico, es la disminución de la huella de carbono que se produce con la utilización de materiales de construcción tradicionales en nuestro medio, como es el bloque de hormigón.

1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar las ventajas generadas con el uso del ladrillo ecológico en la construcción frente al bloque de hormigón, utilizando residuos generados por el cultivo de maíz y el aserrín de carpinterías, en la parroquia de “Calacalí”, Noroccidente de Quito.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir el producto obtenido, utilizando como referencia la Norma Técnica Ecuatoriana del bloque de hormigón, ya que no existe una normativa para prefabricados de este tipo, realizar dos tipos de ensayos: resistencia mínima a la compresión y absorción de agua.
- Evaluar si el ladrillo ecológico cumple con el principio de desarrollo sustentable, es decir buscar un equilibrio entre tres aspectos: económico, social y ambiental.
- Determinar si el ladrillo ecológico es económicamente competitivo frente al bloque de hormigón, principal material de construcción en nuestro país.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. LADRILLO ECOLÓGICO

Los ladrillos ecológicos o también llamados bloques de tierra comprimida (BTC), son aquellos fabricados con diferentes tipos de residuos como, por ejemplo: residuos de la industria agrícola, residuos de la industria maderera, fibras vegetales, escombros producidos en la construcción, cenizas de carbón, plástico usado, entre otros, combinado con suelo, agua y una pequeña cantidad de estabilizante (cal, cemento), para luego ser prensado manual o mecánicamente (Ladrillos Ecomodulares C. A, 2013).

2.1.1. TIPOS DE LADRILLOS ECOLÓGICOS

- **Cenizas de carbón:** Esta fue una idea de un ingeniero civil, Henry Liu, en 1999, con un doble beneficio ecológico. Con este material los ladrillos se obtienen a 212 grados en 10 horas y se aprovechan los 45 millones de toneladas de residuos del mismo que generan las centrales térmicas de carbón.
- **Cáñamo y paja:** Este ladrillo ecológico ya ha sido usado por empresas españolas. Pese a la aparente fragilidad de los materiales su dureza es semejante a los convencionales. Cuentan con la desventaja de ser más caros pero aíslan muy bien de la temperatura exterior. Ello supone un ahorro del gasto de energía en calefacción y aire acondicionado, por lo que se amortiza pronto su precio.

- **Plástico usado y cáscaras de cacahuete:** Los ladrillos ecológicos de este material son una creación del Centro Experimental de la Vivienda Económica de Argentina quien asegura que son duros, aislantes ligeros y económicos. Además de producir un ahorro energético posibilitan un reciclaje de residuos para su producción.

2.1.2. SUELO APTO PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS

Para la elaboración de ladrillos ecológicos se necesita un suelo conformado por arena, limo y arcilla, éstos dos últimos en proporción tal que den suficiente cohesión a la mezcla y buena composición granulométrica, algunos investigadores e instituciones, aconsejan límites dentro de los cuales se encuentran los suelos más aptos: arena, entre 40 y 85% y la suma de limo y arcilla entre 15 y 60%; llegando a la conclusión, que la tolerancia es bastante amplia (Klees y Natalini, 1999) como se detalla en la tabla 1.

Tabla 1. Fracciones recomendadas para elaborar ladrillos ecológicos

CRITERIO DE	ARENA %	LIMO %	ARCILLA%
ICPA (Instituto del Cemento Portland Argentino)	70 a 85	5 a 10	10 a 20
Houben (Autor de libros e investigaciones con tierra)	40 a 70	0 a 30	20 a 30
CINVA (Centro Interamericano de Vivienda)	45 a 80	Suma: 20 a 55	
Merrill (Libro: Casas de tierra apisonada y suelo-cemento)	Más de 50	Menor de 50	

(Klees y Natalini, 1999)

De acuerdo a la Norma Española UNE 41410:2008, los principales requisitos que debe cumplir la tierra apta para la fabricación del bloque de tierra comprimida, son los siguientes:

- Deben rechazarse las tierras que contengan materia orgánica en cantidad mayor o igual al 2%
- Para que el suelo tenga suficiente adherencia, no se admitirán aquellas tierras con un contenido de arcillas menor al 10%,
- Es recomendable que la plasticidad del suelo que se utilice esté comprendida preferentemente en la zona sombreada de la figura 1,
- En el caso del análisis granulométrico, se recomienda que el porcentaje de finos debe estar preferentemente entre 24 y 68%. (Olmos, Vera, Intriago y Mendoza, 2014)

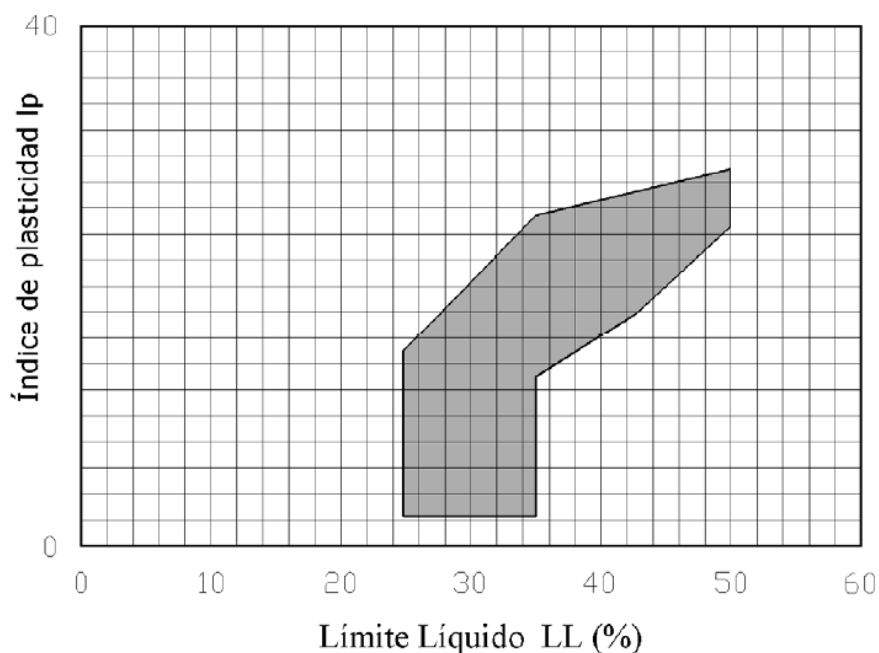


Figura 1. Zona recomendada del diagrama de plasticidad de las tierras
(Asociación Española de Estandarización y Normalización, 2008)

Los requisitos anteriormente mencionados, se pueden verificar mediante un ensayo de laboratorio llamado “Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería” (SUCS), cabe mencionar que al momento de fabricar, las

partículas de suelo para la mezcla no deben superar los 20mm y la cantidad de aditivos y/o estabilizantes, en éste caso el cemento utilizado debe ser menor o igual al 15% de la masa seca del prefabricado.

2.1.2.1. Límites de Atterberg

Atterberg definió límites que permiten establecer la transición de los distintos estados del suelo, partiendo de mayor a menor humedad: líquido o fluido, plástico, semisólido y sólido (Olmos, Vera, Intriago y Mendoza, 2014), como se observa en la figura 2

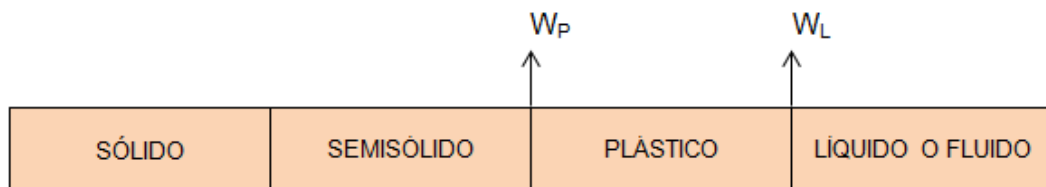


Figura 2. Estados de suelo, límites de Atterberg

(Muñoz, 2015)

- W_L : Límite líquido, se define como la humedad del suelo en su tránsito del estado fluido a plástico
- W_P : Límite plástico, se define como la humedad del suelo en su tránsito del estado plástico al semisólido
- Asociado a estos límites, se encuentra el índice de plasticidad, definido como la diferencia entre el límite líquido y límite plástico

2.2. LADRILLO TRADICIONAL

Los ladrillos tradicionales conocidos como material de construcción datan de hace más de 5.000 años (Colmenares, 2012), lo que ha permitido a la construcción desarrollar edificaciones duraderas y confortables; los ladrillos

en la antigüedad fueron utilizados de manera esporádica, debido a que se encontraban en una “faceta experimental” y como un complemento estructural, ya que en la arquitectura dominaban la tierra y adobe.

A lo largo de la historia los ladrillos fueron utilizados en la construcción de diferentes tipos de edificios, viviendas y construcción en general. Según fuentes Independientes (Oti, 2009), se mencionan que al fabricar una tonelada de ladrillo tradicional genera un gasto energético de 4.186,8 MJ, con temperaturas de cocción que varían entre los 900 y 1200 °C, liberando 202 kg de CO₂/tonelada.

2.3. CLASES DE LADRILLO TRADICIONAL

Existen varias clases de ladrillos, que se clasifican según su forma y composición, según se explica a continuación:

- **Adobe de tierra:** Es fabricado de barro crudo, utilizado desde la antigüedad en construcciones precarias, rústicas o en bioconstrucción, debido principalmente a su capacidad de aislante térmico (Parnisari, 2014).
- **Ladrillo cocido de tierra:** Fabricado de forma artesanal, es cocido de tierra o de arcilla, sus dimensiones no son siempre las mismas, ya que varían de acuerdo al lugar en donde se fabriquen, no tiene perforaciones, es rústico y es el más utilizado en nuestro país. En el Ecuador se denomina ladrillo tradicional, al ladrillo fabricado con arcilla (barro) que posteriormente, luego del secado natural es sometido a cocción en hornos de leña. En la actualidad los hornos utilizan principalmente madera de eucalipto en la Sierra y madera de bosques en la Costa.

- **Ladrillo perforado:** Tiene perforaciones de más del 10% de su superficie (en caso de ser menos, se lo considera ladrillo macizo), conocido también como ladrillo liviano, mismo que al ingresar, el mortero en sus perforaciones el ladrillo aumenta su resistencia.
- **Ladrillo refractario:** Es utilizado para calderas y chimeneas, ya que es resistente al fuego y altas temperaturas; para su fabricación se utilizan los mismos materiales que el ladrillo común, pero en proporciones diferentes.
- **Ladrillo hueco:** Tiene perforaciones en su estructura, esto reduce su peso y la cantidad de materiales empleados; es utilizado en la fabricación de tabiques que no necesitan soportar mucha carga.

2.4. MATERIA PRIMA QUE UTILIZA EL LADRILLO ECOLÓGICO PROPUESTO

El ladrillo ecológico propuesto utiliza suelo, residuos de maíz, aserrín y una pequeña cantidad de cemento, los cuales se describen a continuación de manera general:

2.4.1. SUELO PROPIO DEL LUGAR

El proyecto se llevó a cabo en el sector industrial del noroccidente de Quito, en la Vía a Calacalí kilómetro 20 de la Autopista Manuel Córdova Galarza, en la fábrica “Servi-Block”; donde se fabrican bloques y adoquines de hormigón. En este lugar se realizó un desbanque para la construcción de una cisterna para almacenamiento de agua, donde se extrajo gran cantidad de suelo propio del lugar, a partir de ese momento nació la idea de

implementar un producto innovador como es la fabricación de un ladrillo ecológico, para aprovechar los residuos generados de dicha actividad.

2.4.2. RESIDUOS DE MAÍZ

El cultivo del maíz produce una gran cantidad de biomasa, de la cual el hombre cosecha apenas cerca del 50% en forma de grano; el resto corresponde a diversas estructuras de la planta tales como la caña, hoja, limbos y mazorca entre otros. La producción de biomasa residual que genera un cultivo de maíz de grano fluctúa entre 20 a 35 toneladas por hectárea y en el maíz de choclo entre 16 a 25 toneladas por hectárea. La proporción entre los componentes del residuo depende principalmente de la variedad, nivel de fertilización y tipo de cultivo (Monterola, 1999).

Cabe recalcar que la utilización de fibras vegetales o animales en la fabricación del ladrillo, garantizan la disminución de las grietas, evitando la retracción posterior a la fabricación, brindando alivianamiento, mismo que disminuye de acuerdo al tiempo de curado y mejora los índices de aislamiento térmico (Galán, 2010) y (Bouchicha, 2005).

2.4.3. RESIDUOS DE CARPINTERÍA (ASERRÍN)

La industria de la madera tiene la característica de generar grandes volúmenes de residuos durante el proceso de explotación y elaboración de la misma. Esta generación ocurre antes de que la madera sea introducida en el proceso propiamente dicho, hasta la obtención del producto final. El aprovechamiento de estos residuos en los procesos industriales y de servicios, así como en la esfera residencial, es una necesidad social, con el

objetivo de disminuir el consumo de combustibles fósiles y el impacto ambiental que ellos producen (Ruíz, 2010).

Existen una serie de vías para el aprovechamiento de los residuos forestales y especialmente el aserrín, el cual es frecuentemente utilizado para la producción de pulpas, papel, tableros y fertilizantes, entre otros productos; pero en los países que no cuentan con estas tecnologías su utilización como combustible es lo más corriente (Kollmann, 2001). El aserrín es un producto que proviene de madera reciclada, esto hace que su uso sea respetuoso con el medio ambiente, por lo tanto, la energía incorporada al material es baja; además de ser un material de aislamiento térmico y acústico (Rodríguez, 2010).

2.4.4. CEMENTO PORTLAND

Según Adam Neville, en su libro Tecnología del Concreto, define al cemento como un material con propiedades cohesivas y adhesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto con resistencia y durabilidad adecuada. La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 152, define al cemento portland como un cemento hidráulico producido por la pulverización del Clinker, que consiste esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos, conteniendo usualmente en una o más formas de sulfato de calcio como adición de molienda.

2.5. BLOQUE DE HORMIGÓN

El material con el que se va a comparar al ladrillo ecológico, es el bloque de hormigón prefabricado que se utiliza en la mampostería de las

construcciones en nuestro país, el cual es rectangular con varias celdas de paredes delgadas, que los convierte en piezas fáciles de maniobrar. Estos son elaborados a partir de una mezcla de material pétreo (piedra pómez, piedra triturada, polvo triturado, arena) y cemento, que son comprimidos y posteriormente moldeados mediante la vibración, en moldes metálicos. Por tener mayores dimensiones que el ladrillo común, este permite la construcción de paredes en tiempos más reducidos a los que demanda una pared,; pero al mismo tiempo rechazan los revestimientos, si antes no se les aplica elementos constructivos especiales (Acosta, 2000).

2.6. TIPO DE MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES DE LAS CONSTRUCCIONES DE ECUADOR

Según el censo realizado en el año 2010 por el Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos (INEC), el tipo de material predominante en las paredes de las edificaciones del Ecuador es el bloque de hormigón, que se señala en la tabla 2:

Tabla 2. Tipo de Material Predominante en las paredes de las edificaciones de la Provincia de Pichincha y del País según el censo del año 2010

UBICACIÓN	HORMIGÓN	LADRILLO/ BLOQUE	TOTAL
Pichincha	100.619	564.311	664.930
Ecuador	360.061	2.502.795	2.862.856

(Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010)

De acuerdo a la información proporcionada por el Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos (INEC), en la tabla 3 se encuentran los permisos de construcción por material predominante en las paredes de las edificaciones de Pichincha y Ecuador:

Tabla 3. Permisos de Construcción por Tipo de Material Predominante en las paredes de las edificaciones de Pichincha y del País en el año 2013

UBICACIÓN	LADRILLO	BLOQUE	TOTAL
Pichincha	862	7.134	7.996
Ecuador	12.400	20.541	32.941

(Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2013)

2.7. DESARROLLO SOSTENIBLE

Según el informe realizado por la ex ministra de Noruega Gro Harlem Brundtland en 1987 para la ONU, en donde recalca el alcance social pero con un costo ambiental alto, en el que se utilizó por primera vez el término desarrollo sostenible o sustentable, definido como la “satisfacción de necesidades del presente sin comprometer las necesidades de generaciones futuras” (Fernández, 2012), para alcanzar este objetivo debe existir un equilibrio en tres aspectos importantes:

- Prosperidad económica,
- Equidad social, y
- Protección del medio ambiente.

2.8. AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO

El aislamiento térmico es la capacidad que tiene un material para evitar o disminuir el paso de calor por conducción de un cuerpo a otro; mientras que el aislamiento acústico consiste en impedir que los sonidos se propaguen de un lado a otro, o por lo menos, que al momento de transmitirse pierdan la mayor parte su intensidad, existen diferentes materiales absorbentes del sonido como, por ejemplo: la fibra de vidrio, poliestireno y el corcho entre otros (Payá, 2004).

2.8.1. TRANSMITANCIA TÉRMICA

En el tema de la bioconstrucción, se busca encontrar alternativas de construcción que reduzcan el valor de la transmitancia térmica para contribuir con el mantenimiento de la temperatura confortable dentro de una vivienda, ya sea en invierno o verano, con un ahorro considerable del sistema de calefacción y aire acondicionado, a la hora de determinar la eficiencia energética de una edificación se utiliza el coeficiente K (W/m^2C), cuanto menor sea el valor de K, las capacidades aislantes del prefabricado será mejor (Delacoste, 2015)

2.9. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)

La metodología más empleada en nuestro medio para definir el costo de un material o rubro de construcción es el análisis de precios unitarios (APU), mismo que se define como el costo de una actividad por unidad de medida escogida. Generalmente el APU, se compone por la valoración de los materiales, mano de obra, equipos y herramientas utilizados en un proyecto;

que corresponde a una de las etapas dentro del proceso constructivo, que se desarrolla como parte de la investigación o estudio de factibilidad para realizar una obra.

Existen los costos directos que incluyen: mano de obra, transporte, equipos, materia prima; y los costos indirectos que incluyen los: imprevistos, suministros administrativos, utilidad, supervisión, seguros, incentivos y tiempo ocioso (Colmenares, 2012), que para el presente proyecto no debe ser mayor del 15%.

2.10. ENCUESTA

La encuesta, es uno de los métodos más utilizados en la investigación de mercados, debido a que permite obtener una información amplia de fuentes primarias, para luego ser analizados e interpretados (Igúzquiza, 2002).

3. METODOLOGÍA

3.1. DISEÑO DEL LADRILLO ECOLÓGICO

Para el diseño del ladrillo ecológico se tomó en cuenta las características del convencional, donde se describió la forma y dimensiones del prefabricado

3.2. MATERIA PRIMA UTILIZADA

El proyecto se llevó a cabo en el sector industrial del noroccidente de Quito, en la Vía a Calacalí kilómetro 20 de la Autopista Manuel Córdova Galarza, en la fábrica “Servi-Block”; donde se fabrican bloques y adoquines de hormigón. En este lugar se realizó un desbanque para la construcción de una cisterna para almacenamiento de agua, donde se extrajo gran cantidad de un suelo propio del lugar, a partir de ese momento nació la idea de implementar un producto innovador como es la fabricación de un ladrillo ecológico, para aprovechar los residuos generados de dicha actividad.

La materia prima que se utilizó fue la siguiente:

- Suelo propio del lugar
- Cemento Portland
- Residuos de la cosecha de maíz
- Aserrín de carpinterías aledañas

3.2.1. CLASIFICACIÓN DEL SUELO UTILIZADO

El primer ensayo se realizó en los laboratorios de materiales de construcción certificados de la PUCE, donde se llevó dos muestras de suelo y se hizo una “Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería” (SUCS), se determinó los límites de Atterberg (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad), análisis Granulométrico del suelo extraído, para establecer el porcentaje de grava, arena y finos (limo y arcilla)

3.2.2. RESIDUOS DE LA COSECHA DEL MAÍZ

Para la obtención de los residuos, se visitó a los habitantes de la parroquia de Calacalí que se dedican a la cosecha del maíz, para informarles sobre el proyecto, así como los daños que genera al medio ambiente el proceso de incineración de los residuos; también se dialogó con estos grupos, con el fin de obtener sus residuos agrícolas para darles una mejor disposición final, como materia prima para la fabricación del prefabricado propuesto.

3.2.3. ASERRÍN DE CARPINTERÍAS ALEDAÑAS

Para la obtención del aserrín, se visitó las carpinterías del sector, con quienes se entabló un diálogo, informándolos sobre el proyecto, también se les dio a conocer sobre los daños que genera incinerar los residuos sólidos de carpintería como se observa en la figura 3, quienes demostraron su interés y apoyo.



Figura 3. Residuos sólidos de carpintería cercana

3.3. ENCUESTAS

La encuesta está compuesta por un conjunto de preguntas, que se realizó a cierta parte de la población para saber la opinión y medir la aceptación de los habitantes de la parroquia de Calacalí, sobre la fabricación de un ladrillo ecológico, cuyo formato se encuentra en el Anexo 1.

3.4. CANTIDAD DE MATERIA PRIMA EMPLEADA Y SÍNTESIS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

El cuadro de materiales se encuentra en el capítulo IV, en donde se detalla la cantidad de materia prima empleada en la fabricación del bloque de tierra comprimida como: suelo, cemento, residuos de maíz y aserrín.

3.5. ENSAYOS APLICADOS AL LADRILLO ECOLÓGICO

En esta etapa, se describe todas las pruebas técnicas realizadas, se utiliza como referencia la norma NTE INEN 643 (Bloques huecos de hormigón, requisitos), NTE INEN 639 (muestreo y ensayos), debido a que en la actualidad no existe una normativa para los ladrillos ecológicos propuestos.

3.5.1. ENSAYO DE RESISTENCIA MÍNIMA A LA COMPRESIÓN

Este ensayo, se realiza de acuerdo a la Norma NTE INEN 639, donde se seleccionan muestras y se somete al prefabricado a una carga progresiva de compresión, hasta determinar su resistencia máxima. La resistencia a la compresión se calcula con la siguiente fórmula:

$$C = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dónde:

C = Resistencia a la Compresión en Megapascuales.

P = Carga de rotura en Newtones .

S = Área neta del espécimen en milímetros cuadrados.

3.5.2. ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA Y DENSIDAD

El ensayo de absorción de agua se realiza de acuerdo al procedimiento que indica la Norma NTE INEN 639:

- Saturación: las muestras se sumergen en agua a temperatura ambiente en un lapso de 24 horas, determinar la masas de los ejemplares mientras están suspendidas en un alambre de metal y totalmente sumergidos en el agua y registrar este valor como M_i (masa del espécimen sumergido). Luego retirarlos del agua y escurrirlos durante aproximadamente un minuto, retirar el agua visible con un húmedo, determinar su masa y registrar como M_s (masa del espécimen saturado).
- Secado: Luego de realizar el procedimiento anterior, secar todos los ejemplares en un horno ventilado entre 100 °C y 115°C durante 24 horas y registrar la masa de los mismos como M_d (masa del espécimen seco al horno)

3.5.2.1. Cálculo de la absorción de agua

El cálculo de absorción de agua se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Absorción \%} = \frac{M_s - M_d}{M_d} \times 100 \quad (2)$$

Dónde:

M_s = Masa del espécimen saturado

M_d = Masa del espécimen seco al horno

3.5.2.2. Cálculo de densidad

$$\text{Densidad (D), (kg/m}^3\text{)} = \frac{M_d}{M_s - M_i} \times 1.000 \quad (3)$$

Dónde:

M_d = Masa del espécimen seco al horno

M_s = Masa del espécimen saturado

M_i = Masa del espécimen sumergido

3.6. COSTOS DEL LADRILLO ECOLÓGICO

Para determinar los costos que conlleva la fabricación del ladrillo ecológico, se aplicó el análisis de precios unitarios (Ver Anexo 1), y para el cálculo de los costos de los insumos se realizó el desglose de mano de obra real, horas de maquinaria empleada y uso de los materiales.

3.7. BLOQUE DE HORMIGÓN

Con la finalidad de establecer una comparación se tomó el bloque de hormigón que se fabrica en la empresa Servi-Block, de tal manera que se puedan establecer las ventajas y desventajas respecto al ladrillo ecológico. Como se mencionó anteriormente es una empresa dedicada a la elaboración de bloque de hormigón desde hace más de una década, se pudo evidenciar todo los procesos que conlleva su fabricación, así como las pruebas técnicas realizadas y costos de producción.

3.7.1. COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL BLOQUE DE HORMIGÓN

Al igual que el ladrillo ecológico, se realizó el cálculo de precios unitarios, en donde se incluye los gastos de mano de obra, materia prima, maquinaria

empleada, como se observa en el Anexo 1, que se indica formato de Análisis de precios unitarios utilizado.

3.8. MÁQUINA EMPLEADA EN LA FABRICACIÓN DE LOS LADRILLOS DEL PRESENTE ESTUDIO.

Para la fabricación de los 3 tipos de ladrillo ecológico o bloque de tierra comprimida se utilizó una máquina de origen estadounidense, modelo Vibrapac V2H, serie N° 157, hidráulica, año de fabricación 1975. Para lo cual se realizó un análisis de los parámetros de fuerza y presión, que ejerce la máquina al momento del prensado.

En Ecuador no existen fabricantes de máquinas para éste tipo de productos, por ésta razón, se investigó a las empresas más importantes de Sudamérica que se dedican a la fabricación de máquinas para la fabricación de ladrillo ecológico, tanto manuales que no consumen energía eléctrica pero con baja producción, así como hidráulicas para una producción a gran escala pero que consumen energía eléctrica.

3.9. CONSTRUCCIÓN DE UN CUARTO CON EL LADRILLO ECOLÓGICO PROPUESTO

Se construyó un cuarto pequeño, para comprobar la trabajabilidad y el manejo del ladrillo ecológico en la construcción, se contó con la ayuda de dos albañiles, en donde se utilizó material reciclado propio de las instalaciones de la fábrica "SERVI BLOCK".

4. RESULTADOS

4.1. DISEÑO DEL LADRILLO ECOLÓGICO

El ladrillo ecológico que se fabricó, tiene una forma rectangular con uniones hembra y macho, para que al momento de su utilización no exista ningún inconveniente y se pueda llevar a cabo una construcción uniforme, además posee dos cavidades (ver figura 4), facilitando las instalaciones de tuberías de agua, energía eléctrica y gas natural, sin necesidad de romper y debilitar la pared para pasar los caños, con ahorro de tiempo y disminución en la generación de escombros.



Figura 4. Ladrillo ecológico propuesto

(Muñoz, 2015)

Las dimensiones y masa del ladrillo se describen a continuación:

- Largo: 30cm

- Ancho: 15cm
- Diámetro hueco: 6,8cm
- Masa: 4,30 kg

Las dimensiones del prefabricado son modulares, el largo es el doble que el ancho, esto es para que al momento de construir con el producto propuesto, los huecos que posee el ladrillo coincidan uno con otro, para poder realizar las instalaciones, sean estas eléctricas, de agua o de gas, como se observa en la figura 5:



Figura 5. Agujeros verticales, facilitan instalaciones: eléctricas, agua o gas

(Muñoz, 2015)

4.2. RESIDUOS DE LA COSECHA DEL MAÍZ

Los residuos de maíz fueron fácil acceso, sin inconvenientes al momento de ser recolectados, debido a que la mayoría de habitantes se dedican al cultivo y cosecha de maíz, mencionaron que “el cutul” (hojas del maíz), como se lo

llama en esta zona, era dirigido al consumo de los animales y el pastoreo, otros comentaron que simplemente se los deja a la intemperie sin ninguna disposición final, sin embargo hubo habitantes que manifestaron que almacenan e incineran estos residuos, emitiendo gases de efecto invernadero a la atmósfera, por lo cual, se concientizó a los pobladores de la zona, explicándoles los problemas que existe al incinerar sus residuos, los cuales mostraron su interés y compromiso de no realizar dicha actividad. “El cutul”, luego de ser secado al ambiente, se procedió a cortar y a convertir las hojas en pequeñas fibras con la ayuda de un molino simple y un machete para poder realizar la mezcla con el suelo, el material estabilizante y posteriormente fabricar el ladrillo ecológico.



Figura 6. Residuos de maíz de la Parroquia de Calacalí
(Muñoz, 2015)

4.3. ASERRÍN DE CARPINTERÍAS ALEDAÑAS

El aserrín es el producto generado por las actividades de pequeñas carpinterías cercanas a la parroquia de Calacalí, para lo cual vale la pena

recalcar que la carpintería no da una correcta disposición final de los residuos, ya que los agrupan e incineran, emitiendo gases de efecto invernadero a la atmósfera, debido a ésta razón se realizó una charla con el propietario y los empleados de las carpinterías, para que no se repitan lo evidenciado en el lugar, los cuales presentaron interés, comprometiéndose a dejar dicha actividad como mecanismo para eliminar los residuos, en la figura 7 se puede visualizar el aserrín utilizado para la fabricación del prefabricado propuesto.



Figura 7. Aserrín de carpintería cercana
(Muñoz, 2015)

4.4. ENCUESTA

4.4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La parroquia de Calacalí se encuentra al noroccidente de la Provincia de Pichincha, 17 km del norte de Quito cerca de la Ciudad Mitad del Mundo, en

las coordenadas geográficas de 0°00'00"N 78°30'53"O, con una población de 3895 habitantes según el censo realizado por el INEC en el año 2010. Los límites son: Norte: Parroquia San José de Minas, Sur: Parroquia Nono, Este: Parroquia San Antonio de Pichincha, Oeste: Parroquia Nanegalito y Nanegal. Altitud: 2.839 m.s.n.m.



Figura 8. Fotografía de ubicación de la Parroquia de Calacalí
(Google earth, 2015)

Los orígenes del nombre de Calacalí son varios: los pobladores al ascender a las lomas, observaron un manto blanco que cubría su territorio cierta horas del día, que corresponde a la “neblina”, por ésta razón la llamaron Calacalí, que quiere decir “manto” en quechua; otro origen del nombre de la Parroquia, es porque en la época hispánica se extrajo gran cantidad de cal en un punto llamado “Chaupizacha”, lo cual sirvió para las edificaciones que se realizaron en la ciudad de Quito en esa época; otra explicación del nombre de Calacalí se debe a la existencia de las tribus calas-calas.

4.4.2. MUESTRA POBLACIONAL

Según el censo realizado por INEC en el año 2010, en la Parroquia de Calacalí existen 3895 habitantes, para lo cual se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{E^2(N-1)+1} \quad (4)$$

Dónde:

n = Cantidad de la muestra

N = Cantidad de Población (3895 habitantes)

E = Valor que varía entre el 1% y 10%, valor que queda a criterio del encuestador (Suarez, 2011).

$$n = \frac{3.895}{0,1^2(3.895 - 1) + 1}$$

$$n = 98$$

El cálculo de la formula pudo definir que la muestra es de 98 personas, los cuales fueron encuestados para medir la aceptación del producto a la población de Calacalí, a continuación se presentan los resultados obtenidos.

4.4.3. RESULTADO DE ENCUESTAS

Pregunta N°1. ¿Sabe Usted que es un ladrillo ecológico?

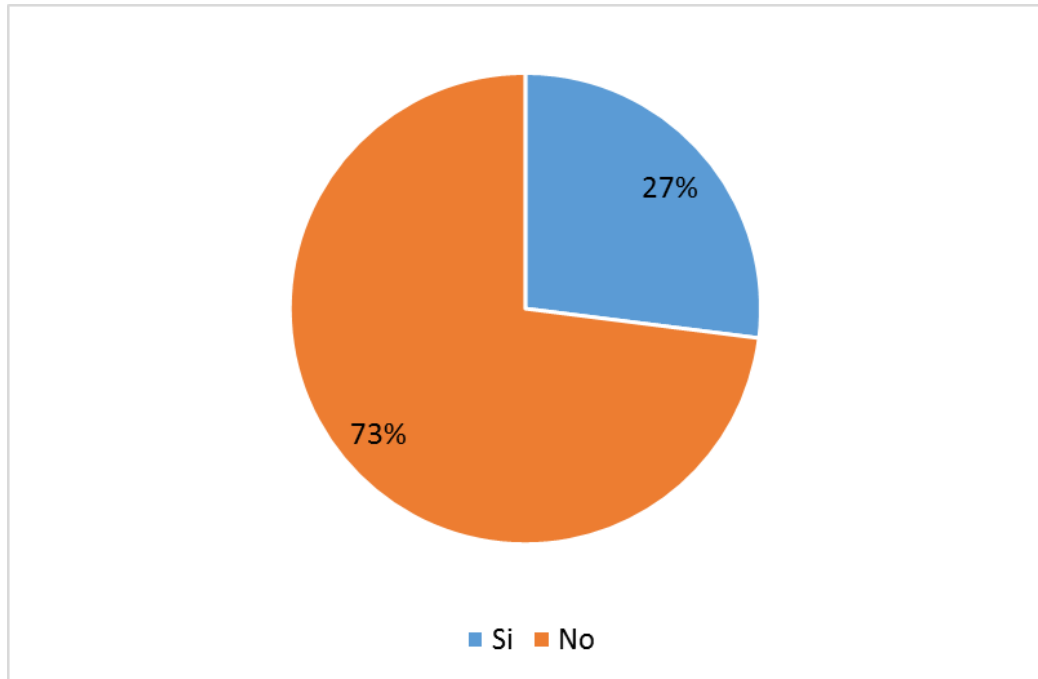


Figura 9. Porcentaje de respuestas sobre el conocimiento de los Ladrillos Ecológicos
(Muñoz, 2015)

De las 98 personas encuestadas, 72 personas que corresponden al 73% desconocen sobre el tema de ladrillos ecológicos, ya que el proyecto es totalmente nuevo en la parroquia, mientras que 26 personas correspondiente al 27% conocen lo que es un ladrillo ecológico; lo que demuestra, que es una oportunidad para poder comercializar y aportar a la disminución de la huella de Carbono producida por otros materiales de construcción.

Pregunta N°2. ¿Le gustaría construir con ladrillos ecológicos?

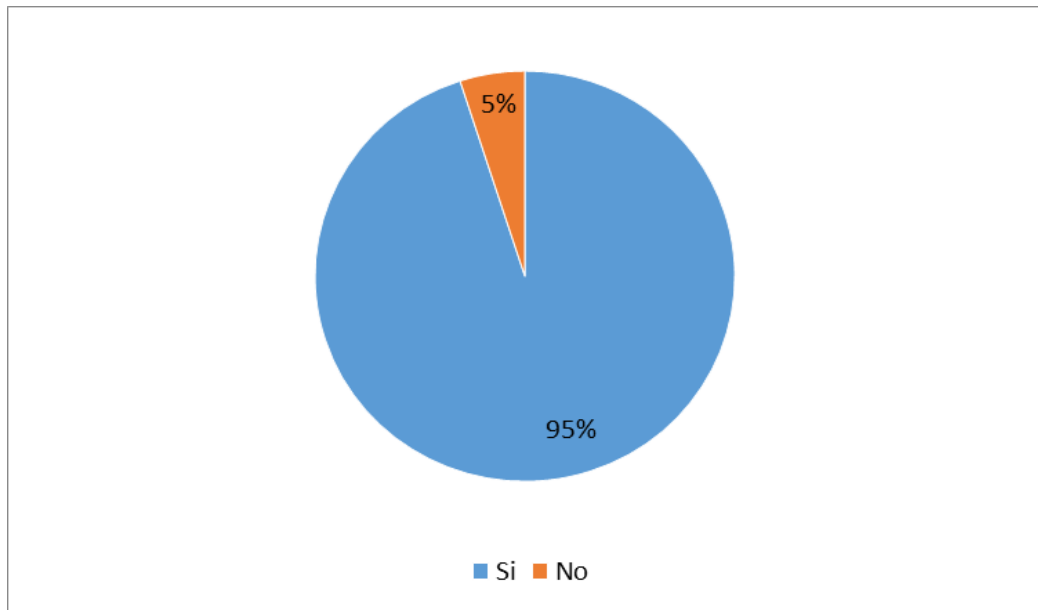


Figura 10. Porcentaje de respuestas sobre el agrado de utilizar el ladrillo ecológico para la construcción
(Muñoz, 2015)

De las 98 personas encuestadas, 93 personas que corresponden al 95% de la muestra respondieron que, si les gustaría construir con el ladrillo ecológico, donde algunos mencionaron que sería un aporte para el cuidado del medio ambiente, mientras las 5 personas restantes encuestadas que corresponden al 5% de la muestra, definieron que no les gustaría utilizar el ladrillo prefabricado debido al desconocimiento del mismo.

Pregunta N°3. ¿Cree Usted que los ladrillos ecológicos ayudarían al medio ambiente?

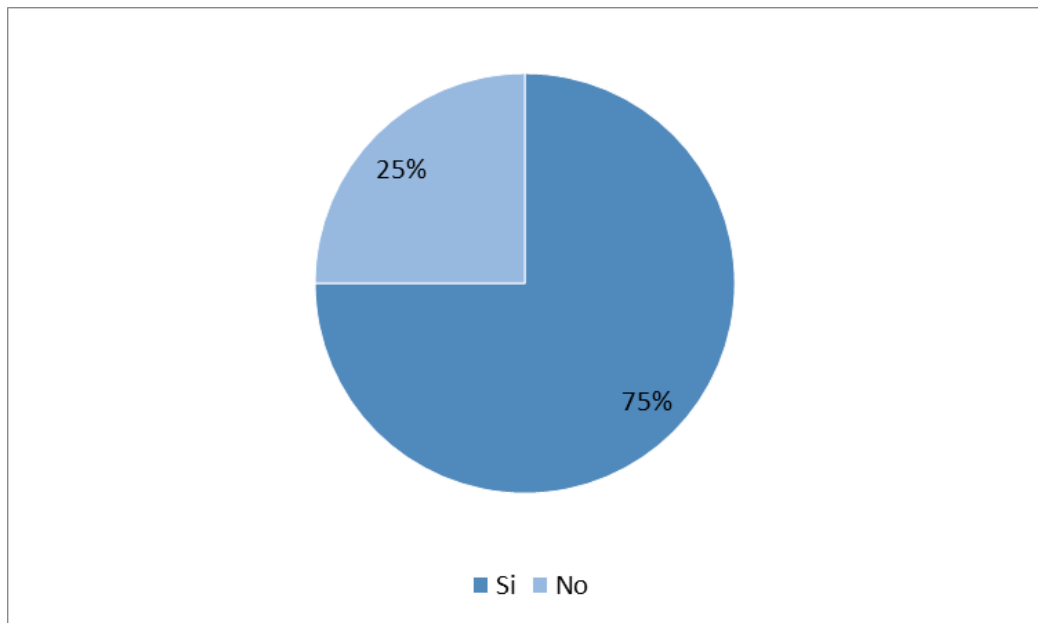


Figura 11. Porcentaje de respuestas: ¿Cree Ud. que los ladrillos ecológicos ayudarían al medio ambiente?

(Muñoz, 2015)

De las 98 personas encuestados, 74 personas que corresponden al 75%, respondieron que, creen que el ladrillo ecológico ayudaría al medio ambiente, debido a la utilización que se va a dar a los residuos; lo que es un aliento para proseguir con el proyecto, mientras que 24 personas encuestadas correspondiente al 25% de la muestra, creen que no ayudarían esto debido al desconocimiento del ladrillo prefabricado.

Pregunta N°4. ¿Sabías que los ladrillos ecológicos reducen el calentamiento global?

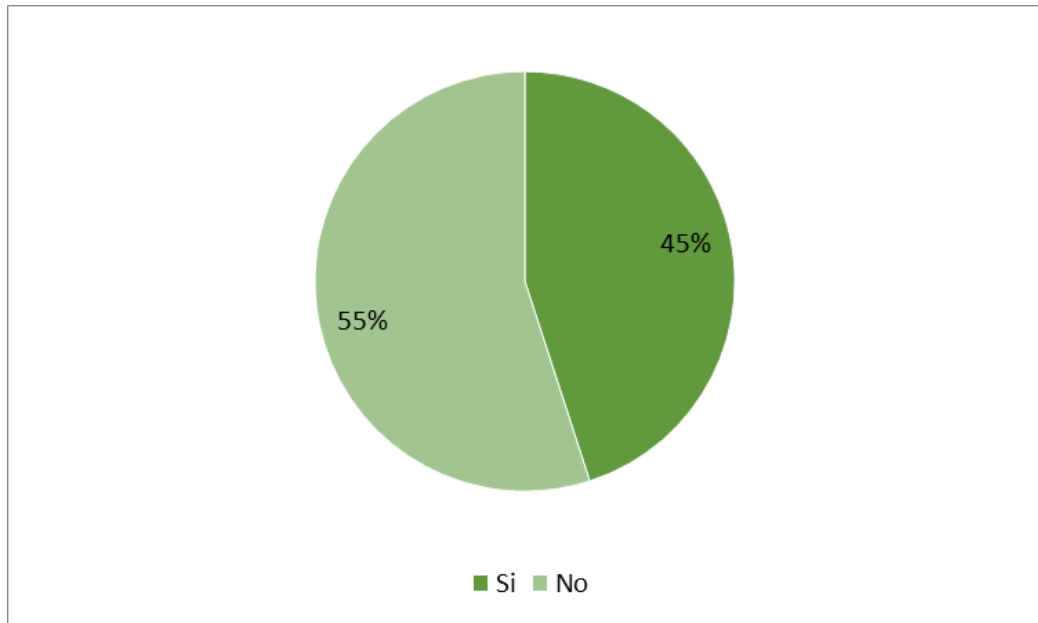


Figura 12. Porcentaje de respuestas: ¿Sabías que los ladrillos ecológicos reducen el calentamiento global?

(Muñoz, 2015)

De las 98 personas encuestadas, 44 personas que corresponden al 45% respondieron que, creen que el ladrillo ecológico reduciría el calentamiento global, mientras que 54 correspondiente al 55% de los encuestados creen que no ayudarían, debido al desconocimiento del producto.

Pregunta N°5. ¿Te parece seguro construir con un ladrillo ecológico?

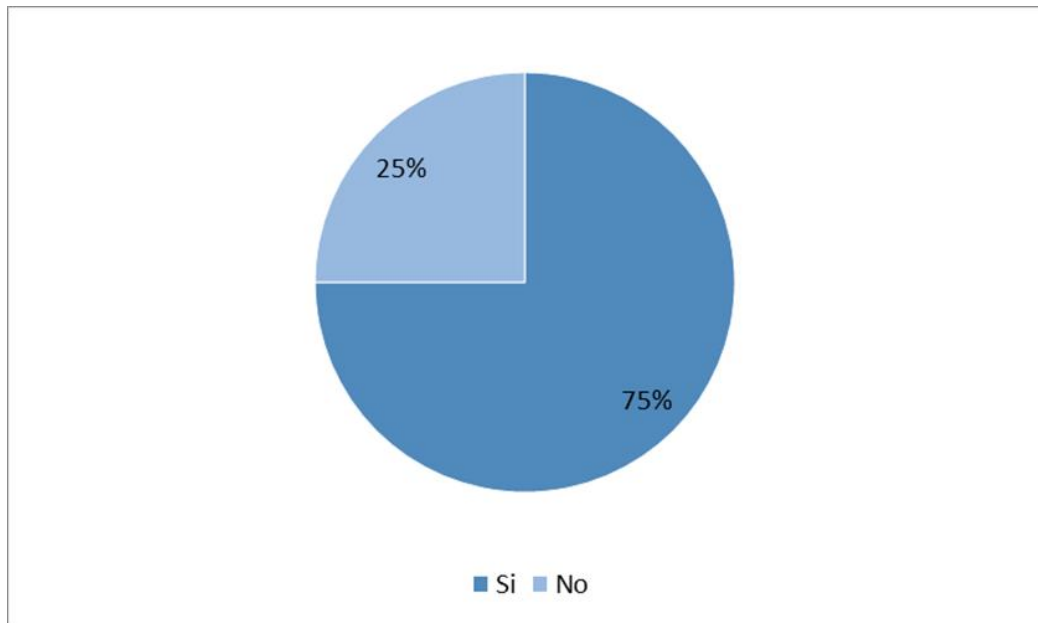


Figura 13. Porcentaje de respuestas: Opinión sobre si es seguro construir con los ladrillos ecológicos

(Muñoz, 2015)

De las 98 personas encuestados, 74 personas que corresponde al 75% respondieron que, creen que el ladrillo ecológico reduciría el calentamiento global, esto nos sirve como impulso para seguir con el proyecto, mientras que 24 personas encuestadas que corresponde al 25% creen que no ayudarían, esto es debido a la falta de conocimiento de lo que es un ladrillo ecológico.

Pregunta N°6. ¿Sabías que una construcción con ladrillos ecológicos disminuye el uso de aire acondicionado y calefacción?

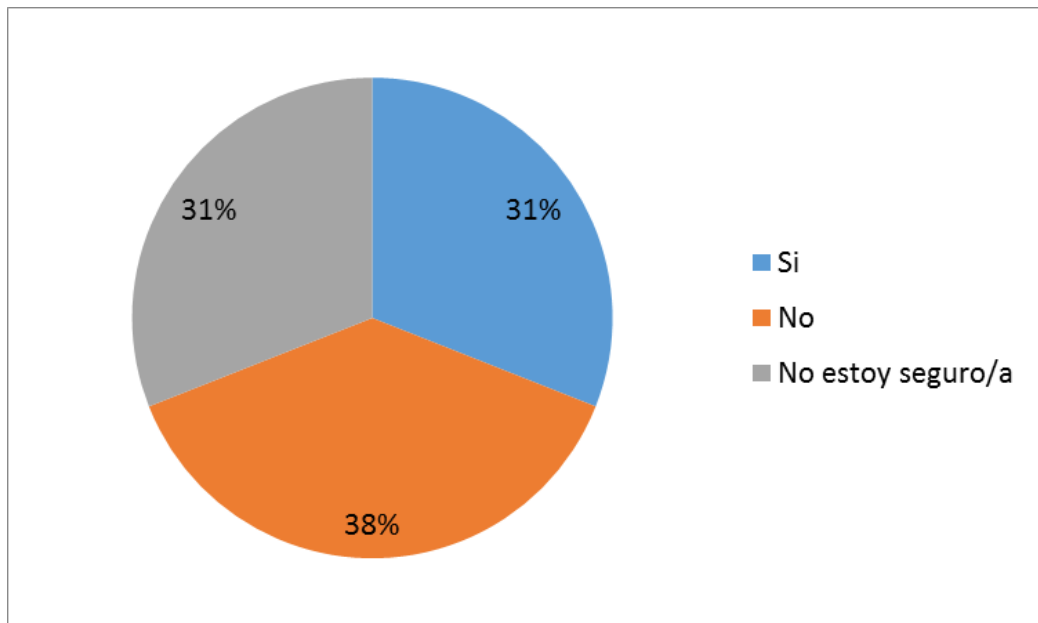


Figura 14. Porcentaje de respuestas: ¿Sabías que una construcción con ladrillos ecológicos disminuye el uso de aire acondicionado y calefacción?
(Muñoz, 2015)

De las 98 personas encuestadas, 38 contestaron que corresponden al 38% no lo sabían, 30 personas correspondiente al 31% manifestaron que, si lo sabían, mientras que 30 personas correspondiente al 31% de los encuestados no están seguros si el ladrillo ecológico disminuye la utilización de aire acondicionado y calefacción.

Pregunta N°7. Preferencia de construir con un ladrillo ecológico de residuos de cosecha de maíz en lugar del bloque de hormigón

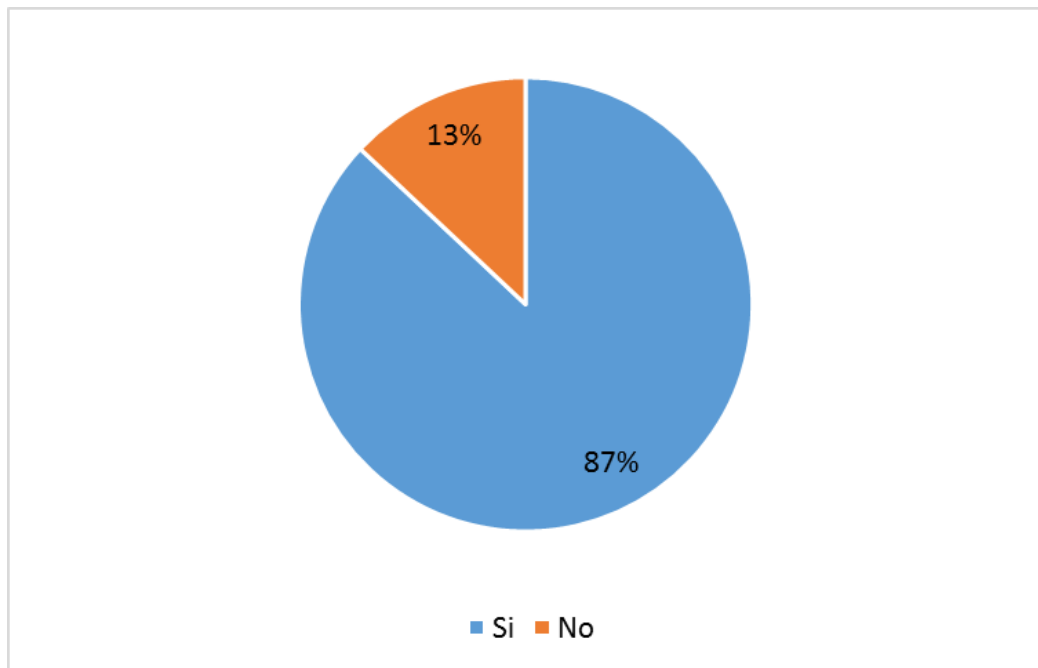


Figura 15. Porcentaje de respuestas sobre la preferencia de construir con un ladrillo ecológico en lugar del bloque de hormigón
(Muñoz, 2015)

De las 98 personas encuestadas, 85 personas que corresponde al 87% respondieron que si les gustaría construir con un ladrillo ecológico de residuos de cosecha de maíz en lugar del bloque de hormigón, sin embargo 13 personas encuestadas correspondiente al 13% respondieron que no les gustaría, a pesar de esto, la mayoría supo manifestar que con un mayor conocimiento del prefabricado estarían dispuestos a utilizarlo en lugar del bloque de hormigón.

Pregunta N°8. Opinión sobre el proyecto

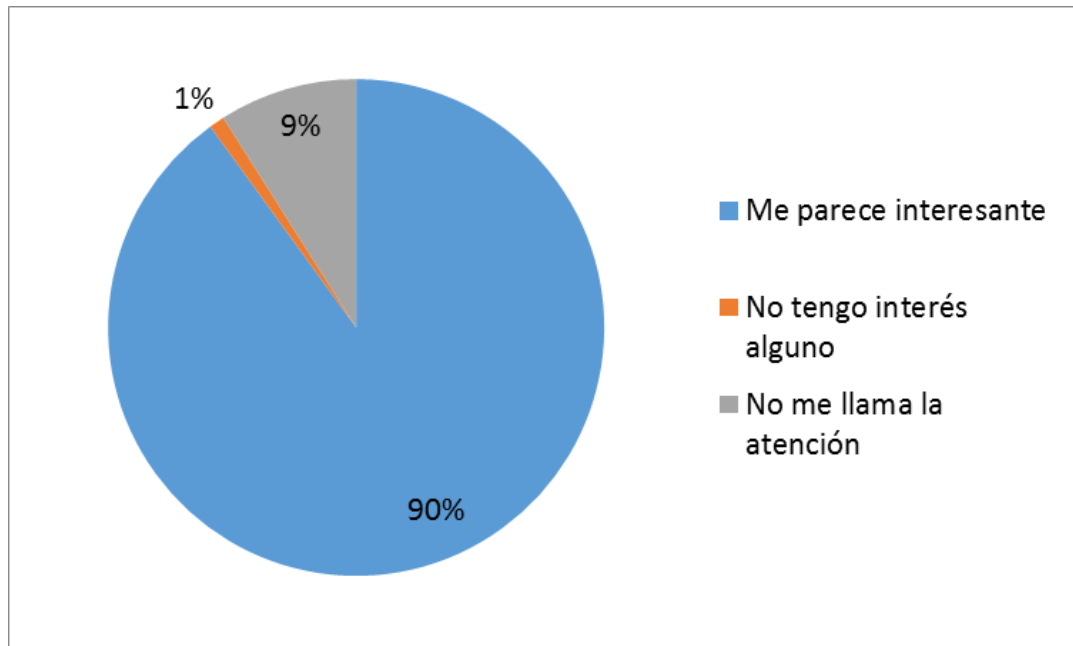


Figura 16. Porcentaje de respuestas sobre la opinión de la gente acerca del proyecto
(Muñoz, 2015)

De las 98 personas encuestados, a 88 personas correspondiente al 90% les parece interesante el proyecto, una persona que corresponde al 1% no tiene interés alguno, y a 9 personas encuestadas que corresponde al 9% no les llama mucho la atención, demostrando que el proyecto es de interesante para la población de la Parroquia de Calacalí, lo que impulsó a seguir trabajando en éste novedoso proyecto.

4.5. CLASIFICACIÓN DEL SUELO UTILIZADO

Se llevó dos muestras de suelo a los laboratorios de materiales de construcción certificados de la PUCE, donde se hizo una “Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería” (SUCS), en donde se determinó los

límites de Atterberg (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad) y un análisis Granulométrico; la muestra 1, dio como resultado un suelo no plástico como se puede observar en el anexo 2, esto quiere decir que no tiene suficiente cantidad de finos en su composición, en especial de arcilla, que es un agregado que le otorga adherencia a las partículas del suelo debido a su finura; la muestra 2, arrojó resultados aptos para la fabricación del ladrillo ecológico como se evidencia en el anexo 2, los resultados obtenidos se describen a continuación:

- Límite líquido: 32%
- Límite plástico: 26%
- Índice de plasticidad: 6
- Arena: 49%
- Finos (limo y arcilla): 51%

Como se puede ver en la figura 1 (Zona recomendada del diagrama de plasticidad de las tierras) es recomendable que la plasticidad del suelo que se utilice esté comprendida preferentemente en la zona sombreada, es decir un límite líquido entre 24 y 50% y un índice de plasticidad entre 2 y 29; la muestra 2 resultó con un límite líquido de 32%, y un índice de plasticidad de 6, un 49% de arena y un 51% de finos, se llega a la conclusión que la muestra 2 cumple con los principales requisitos mencionados en el Capítulo 2 para que un suelo se considere apto para la fabricación del ladrillo ecológico o bloque de tierra comprimida.

A la muestra 2 también se realizó una prueba de campo simple que sirve para determinar la textura del suelo, se realiza utilizando un frasco de vidrio, se lo llena de tierra hasta la mitad, se añade una cucharada de sal (acelera la decantación de la arcilla), luego se completa el frasco con agua y se lo sacude durante dos minutos, finalmente se deja reposar por 24 horas, el resultado se puede apreciar en la figura 17:



Figura 17. Prueba de determinación de la textura del suelo (Muestra 2)
(Muñoz, 2015)

Se puede utilizar una cinta métrica, para obtener las proporciones de las partículas que conforman el suelo, realizando una simple regla de tres; como se observa en la anterior figura, existe un porcentaje considerable de finos, aproximadamente un 26% de arcilla, 25% de limo y un 49% de arena.

4.6. CANTIDAD DE MATERIA PRIMA EMPLEADA Y PASOS PARA LA FABRICACIÓN DEL LADRILLO ECOLÓGICO

A continuación se detalla el material utilizado para la fabricación del ladrillo, así como la cantidad de los mismos; posteriormente se describirá el proceso de fabricación.

4.6.1. CANTIDAD DE MATERIA PRIMA EMPLEADA

La cantidad de materia prima que se utilizó por mezcla se encuentra detallada en la tabla 4:

Tabla 4. Tipos del Ladrillo Ecológico y cantidad de materia prima utilizada por mezcla

Tipo	Cemento		Residuos de Maíz y aserrín		Suelo		Cantidad de ladrillos
1	-	-	3 kg	1 %	410 kg	99 %	96
2	50 kg	11 %	3 kg	1 %	410 kg	88 %	108
3	75 kg	15 %	3 kg	1 %	410 kg	84 %	114

(Muñoz, 2015)

Para el estudio se realizaron 3 mezclas, en un promedio de 106 unidades con diferente proporción o contenido de cemento. Definiendo que para el tipo 1 no se utilizó cemento, en el tipo 2 se colocó 50kg de cemento, y en el tipo 3 se utilizó 75kg de cemento, con el fin de mejorar las características del prefabricado, en los residuos de maíz y aserrín se implementó un total de 3 kg por mezcla; y con respecto al suelo se utilizó un promedio de 410 kg por mezcla.

4.6.2. PASOS PARA FABRICAR EL LADRILLO ECOLÓGICO

- 1. Tamizado del suelo (figura 18):** El suelo debe estar seco, esto ayuda a desarmar los terrones y evitará la presencia de grumos, se eliminará las partículas superiores a 10 mm, asegurando una eficiente

compactación y promueve el uso correcto y mantenimiento de los equipos mecánicos.



Figura 18. Suelo tamizado

(Muñoz, 2015)

- 2. Mezcla de materia prima (figura 19) y adición de agua:** La mezcla debe realizarse en seco, luego de tener listos los agregados se coloca: el suelo tamizado, residuos de la cosecha de maíz y aserrín y una pequeña cantidad de cemento.



Figura 19. Mezcla de materia prima: suelo, cemento, residuos de maíz y aserrín

(Muñoz, 2015)

El agua actúa como lubricante para mejorar la compresión y permite que se genere la reacción con el cemento, se agrega uniformemente en forma de agua lluvia o similar, se puede realizar la “prueba de la muñeca”: se toma un puñado de la mezcla húmeda y se presiona con la mano, se deja caer la mezcla humedecida desde 1 metro de altura:

- si la mezcla, al caer, no se desintegra y deja restos en la mano, hay un exceso de agua,
- si la mezcla, al caer, se desmorona sin conservar la forma de la mano, existe insuficiencia de agua,
- si la mezcla, al caer, se desintegra, en una cantidad considerable de terrones, semejante a la muestra original, la humedad es óptima.

3. Llenado de moldes y compactación (figura 20): Se rellenan todos los moldes con una cantidad equitativa de la mezcla, de ésta manera

los ladrillos tendrán el mismo tamaño, luego mediante la compactación, la mezcla se comprime hasta cierto límite, disminuyendo su volumen inicial y transformándose en una masa más compacte y casi sin vacíos.



Figura 20. Llenado de moldes y compactación

(Muñoz, 2015)

- 4. Extracción del prefabricado (figura 21):** Al momento de extraer el producto terminado se realiza un simple control de calidad, en donde se verifica que no existan grietas, irregularidades y que el prefabricado tenga las dimensiones correctas.



Figura 21. Extracción del prefabricado
(Muñoz, 2015)

- 5. Curado y almacenamiento (figura 22):** Se almacena en un cuarto con sombra para ser protegidos del sol y la lluvia, tratando de mantenerlos húmedos la primera semana, a los 21 alcanzaran una resistencia cercana a la máxima y estarán listos para ser utilizados.



Figura 22. Curado y almacenamiento
(Muñoz, 2015)

Para la fabricación del bloque de tierra comprimida, se necesitó 4 personas, de las cuales, 2 se encargaron de tamizar el suelo y mezclar la materia prima, las otras 2 se apoderaron de la extracción, control de calidad y almacenamiento del producto. En el transcurso de 8 horas se fabricó 1500 unidades, esto quiere decir, que por unidad se necesitó 19,2 segundos.

4.7. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Con el fin de mantener el mismo molde y sus características físicas, se elaboraron 3 tipos de ladrillo, con diferentes proporciones de materia prima, misma que es detallada en la tabla 4, para lo que se presentaron los resultados de laboratorio generados en las pruebas técnicas, de acuerdo a la norma NTE INEN 643 de bloques huecos de hormigón, debido a que no existe una normativa para ladrillo ecológicos en nuestro país:

4.7.1. RESULTADO DEL LADRILLO ECOLÓGICO TIPO 1

En el caso del Ladrillo Ecológico Tipo 1: las muestras presentaron características de baja resistencia al momento de ser desmoldados, con presencia de fisuras y en algunos casos se rompían durante el transporte, razón por la que se consideró no ser necesarios los ensayos de laboratorio.

4.7.2. RESULTADO DEL LADRILLO ECOLÓGICO TIPO 2

En el caso del Tipo 2, se fabricaron 105 unidades, los mismos que fueron elaborados con una mezcla de 50 kg de cemento, equivalente al 11% de la mezcla, para estabilizar al suelo y obtener una mejor resistencia (Ver Figura

23). Como ya se mencionó en el capítulo 3, se dejó secar durante 28 días a la sombra para permitir que el ladrillo obtenga su máxima resistencia, transcurrido dicho tiempo se procedió a realizar el ensayo de resistencia a la compresión y su posterior análisis.



Figura 23. Ladrillo Ecológico Tipo 2

(Muñoz, 2015)

4.7.2.1. Ensayo de Resistencia Mínima a la Compresión del Ladrillo Ecológico TIPO 2

El ensayo se realizó en el laboratorio de hormigones, suelos y pisos industriales de Hormisuelos Cia. Ltda, los ejemplares tuvieron una resistencia promedio de 3,15 MPa, (Ver anexo 2), que según la norma NTE INEN 643 es un prefabricado hueco tipo C, los cuales podrán emplearse en:

- losas alivianadas de hormigón armado,
- paredes divisorias interiores, con o sin revestimiento y en

- paredes divisorias exteriores, con o sin revestimiento

Debido a que los resultados del prefabricado ecológico Tipo 2 cumple con los requisitos de resistencia mínima a la compresión de la norma NTE INEN 643, y se asemeja mucho a los resultados de laboratorio del bloque de hormigón para mampostería, se procedió a realizar el ensayo de absorción de agua y densidad.

4.7.2.2. Ensayo de Absorción de Agua y Densidad del Ladrillo Ecológico tipo 2

El ensayo de absorción de agua y densidad se realizó en el Laboratorio de Materiales de Construcción de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Ver Anexo 2) de acuerdo a la Norma NTE INEN 639, las muestras obtuvieron una densidad promedio de $1,27 \text{ gr/cm}^3$; el ensayo de absorción de agua dio como resultado un promedio de 20,94%; la norma INEN 643, establece un límite máximo de un 15%, por lo que se recomienda utilizar el prefabricado en paredes interiores, debido a la absorción de agua obtenida, sin embargo se puede utilizar en paredes exteriores siempre y cuando se realice el proceso de enlucido o revestimiento para proteger a la pared de posibles daños que pueda ocasionar la humedad.

4.7.3. RESULTADO DEL LADRILLO ECOLÓGICO TIPO 3

En el caso del Ladrillo Ecológico tipo 3, se fabricaron 110 unidades, añadiendo 75 kg de cemento, que representa el 14% de la mezcla para estabilizar la materia prima utilizada (Ver Figura 24) e incrementar la

resistencia del ladrillo ecológico; luego de esperar los 28 días, se procedió a realizar el ensayo de resistencia mínima a la compresión y posterior análisis.



Figura 24. Ladrillo ecológico Tipo 3

(Muñoz, 2015)

4.7.3.1. Ensayo de Resistencia Mínima a la Compresión del Ladrillo Ecológico tipo 3

El ensayo se realizó en el laboratorio de materiales de construcción de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Ver Anexo 2), mediante la norma NTE INEN 639 del Ecuador, las muestras tuvieron una resistencia promedio de 6,01 MPa, que según la norma INEN 643 es un prefabricado hueco tipo A, el cual puede emplearse en:

- Paredes exteriores de carga, con o sin revestimiento,
- Paredes interiores de carga, con o sin revestimiento,
- Paredes divisorias exteriores, con o sin revestimiento,
- Paredes divisorias interiores, con o sin revestimiento y en

- Losas aliviadas de hormigón armado

4.8. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU) DEL LADRILLO ECOLÓGICO

Para determinar los costos que conlleva la fabricación del material de construcción, se tomó en cuenta varios aspectos como: mano de obra real de cada trabajador, costo hora de maquinaria empleada; mismo que se ve reflejado en el Análisis de Precios Unitarios (APU), realizado por cada tipo de ladrillo ecológico fabricado.

4.8.1. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL LADRILLO ECOLÓGICO, TIPO 1

La fabricación del ladrillo ecológico tipo 1 tiene un precio unitario menor a los demás ejemplares, debido a la no utilización de cemento para su fabricación, utilizando únicamente residuos de la cosecha de maíz, aserrín, suelo y agua en su mezcla; generando un precio de \$0,05 dólares por unidad incluido el 15% de utilidad para la venta (Ver Anexo 3) y de \$1,95 dólares por metro cuadrado de mampostería, pero no es apto para la construcción, ya que presentaron características de baja resistencia, presencia de fisuras, incumpliendo la Norma NTE INEN 643.

4.8.2. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL LADRILLO ECOLÓGICO, TIPO 2

En la fabricación del ladrillo ecológico tipo 2, se utilizó un total 0,46 kg de cemento por unidad, a un precio de \$0,07 dólares, conjuntamente con residuos de la cosecha de maíz, aserrín, suelo y agua en su mezcla, dando un precio total de \$0,13 dólares incluido un 15% de utilidad para la venta, (Ver Anexo 3) y de \$5,07 dólares por metro cuadrado de mampostería.

4.8.3. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL LADRILLO ECOLÓGICO, TIPO 3

La fabricación del ladrillo ecológico tipo 3 fue la más costosa, se utilizó 0.66 kg por Unidad fabricada, a un precio de \$0,10 dólares, dando, como resultado final un precio de \$0,17 dólares incluido el 15% de utilidad para la venta (Ver Anexo 3) y de \$6,63 dólares por metro cuadrado de mampostería.

4.9. BLOQUE DE HORMIGÓN

Como se ha dicho anteriormente el bloque de hormigón es el más utilizado en nuestro país, razón por la cual se lo escogió para poder desarrollar un análisis comparativo que permita establecer las ventajas y desventajas frente al ladrillo ecológico, que es el objetivo de éste proyecto.

A continuación, se describe la cantidad de materia prima que utiliza en el bloque, el proceso de fabricación según la Empresa Servi Block, así como los costos de producción del prefabricado.

4.9.1. CANTIDAD DE MATERIA PRIMA EMPLEADA EN LA FABRICACIÓN DEL BLOQUE DE HORMIGÓN

Según la Empresa Servi Block, la cantidad de materia prima para producir 30 unidades de bloque de hormigón para mampostería es 370 kg, distribuidos de la siguiente manera:

- 50 kg de cemento que corresponde al 14%
- 320 kg de material pétreo (piedra triturada, piedra pómez, polvo de piedra) correspondiente al 86%

Las dimensiones del bloque de hormigón para mampostería son las siguientes:

- Largo: 40 cm
- Ancho: 15 cm
- Alto: 20 cm

4.9.2. FABRICACIÓN DEL BLOQUE CONVENCIONAL DE HORMIGÓN

La maquinaria que se utilizó para la fabricación del bloque de hormigón fue la misma que se utiliza para fabricar el ladrillo ecológico, en donde el proceso de fabricación es similar, detallado a continuación:

1. Materia prima: piedra triturada, polvo de piedra, piedra pómez (cascajo) y cemento son los materiales que están a disposición y se almacenan para luego ser ocupados según las necesidades de la Empresa.
2. Selección de la Materia Prima para fabricar el bloque de hormigón de mampostería (piedra pómez, piedra triturada y cemento).

3. Mezcla del material seleccionado, colocando agua para homogenizar la mezcla, para enviarlo a la prensa y moldearlo.
4. Los moldes de la máquina bloquera son llenados automáticamente por la mezcla seleccionada, para luego ser vibrados y prensados.
5. Por último, el producto terminado es extraído, realizando un breve control de calidad para luego ser almacenados, secados y posteriormente transportados a su destino final al cabo de una semana.

4.9.3. ENSAYOS DE LABORATORIO DEL BLOQUE DE HORMIGÓN

A continuación se presentan los resultados de ensayos de laboratorio sometidos al bloque de hormigón:

4.9.3.1. Ensayo de Resistencia a la Compresión del bloque de hormigón para mampostería

El Resultado del Laboratorio de Hormisuelos, de acuerdo a la Norma NTE INEN 639, en donde el bloque para mampostería, tuvo un Resistencia a la Compresión promedio de 3,10 MPa (Ver Anexo 2), de acuerdo a la norma INEN 643, el prefabricado es un bloque hueco de hormigón Tipo C, el cual se puede emplear para losas alivianadas de hormigón armado, paredes divisorias interiores con o sin revestimiento y paredes divisorias exteriores con o sin revestimiento.

4.9.3.2. Ensayo de absorción de agua y densidad del bloque de hormigón

El ensayo de absorción de agua y densidad se realizó en el Laboratorio de Materiales de Construcción de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Ver Anexo 2) de acuerdo a la Norma NTE INEN 639, las muestras obtuvieron una densidad promedio de 1,45 gr/cm³; mientras en el ensayo de absorción de agua los ejemplares tuvieron un promedio de 12,39%, la norma NTE INEN 643, establece un límite máximo de un 15%, por lo que se encuentra dentro del límite establecido.

4.10. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL BLOQUE DE HORMIGÓN

Para determinar los costos que conlleva la fabricación del material de construcción se tomó en cuenta varios aspectos como: mano de obra real de cada trabajador, costo hora de maquinaria empleada; reflejado en el Análisis de Precios Unitarios (APU).

4.10.1. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL BLOQUE DE HORMIGÓN PARA MAMPOSTERÍA

La fabricación del Bloque de hormigón para mampostería y muros soportantes tiene un precio de \$0,45 dólares incluido el 15% de utilidad (Ver Anexo 2), y de \$6,08 por metro cuadrado de mampostería.

4.11. MÁQUINA EMPLEADA EN LA FABRICACIÓN DE LOS LADRILLOS DEL PRESENTE ESTUDIO.

Para la fabricación de los 3 tipos de ladrillo se utilizó una máquina de origen Estadounidense, del Estado de Michigan, modelo Vibrapac V2H, Serie N° 157, hidráulica, con año de fabricación de 1975; evaluada en \$29.000, con una capacidad de producción aproximada de 1.500 ladrillos ecológicos en una jornada laboral de 8 horas diarias sin interrupciones.

4.11.1. FUERZA Y PRESIÓN EMPLEADOS DE LA MÁQUINA PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS

Tomando en cuenta las dimensiones del bloque de tierra comprimida, a continuación se realiza el cálculo respectivo para determinar la fuerza de presión que ejerce la Maquinaria al momento del desmolde, que según el fabricante necesita una fuerza de compresión de 36 toneladas (36.000kg), con un área hueca del ladrillo es de 42,72 cm²:

$$A = a \times l \tag{4}$$

$$A = 2(30 \times 15)cm^2$$

$$A = 900cm^2 - 42,72cm^2$$

$$A = 857,28cm^2$$

$$P = \frac{F}{A} \tag{5}$$

$$P = \frac{36000kg}{857cm^2}$$

$$P = 40kg/cm^2 = 3,92 \text{ MPa}$$

La presión ejercida al momento de la compresión es alta, por lo que se obtuvo una resistencia acorde a la establecida en la Norma NTE INEN 643; generando un producto de calidad.

4.11.2. OPCIONES DE MÁQUINAS QUE PUEDEN UTILIZARSE PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS

En el Ecuador no existe maquinaria específica para la fabricación de éste producto, sin embargo, en la Tabla 5 se describen algunas referencias de máquinas en países de la región.

Tabla 5. Maquinaria existente en la actualidad para fabricar ladrillos ecológicos

MODELO	FABRICANTE/ ORIGEN	PRODUCCIÓN 8 HORAS (UN)	COSTO MÁQUINA	CEMENTO
Mecánica	Forza/Perú	1.500	\$6.000	10-15
Hidráulica	Forza/Perú	2.000	\$12.000	10-15
Eco Premium	Eco Máquinas/Brasil	3.500	\$19.760	10-15
Eco Master	Eco Máquinas/Brasil	5.000	\$54.426	10-15

(Muñoz, 2015)

Como se puede apreciar, existe una gama de maquinaria para fabricar ladrillos ecológicos, con una inversión de \$6.000 dólares, misma que no

utiliza energía eléctrica lo que favorece a la disminución de la contaminación ambiental, los fabricantes coinciden en utilizar del 10% al 15% de cemento, dependiendo el tipo de suelo que se desea estabilizar.

4.12. CONSTRUCCIÓN DE UN CUARTO CON EL LADRILLO ECOLÓGICO PROPUESTO

El cuarto fue construido en una losa ya existente en las instalaciones de la fábrica "SERVI-BLOCK", el cual va a servir como comedor para los colaboradores de la organización; comparando con el bloque de hormigón, el ladrillo demostró ser un material de fácil manejo, ya que su diseño así lo permite, los 2 albañiles que colaboraron con la construcción supieron manifestar su confort y su comodidad al momento de manipularlo debido a las dos cavidades que tiene el producto, lo cual facilita las instalaciones eléctricas y tuberías de agua, cabe destacar la disminución de escombros generados en comparación con el bloque de hormigón; en el Anexo 4 se puede visualizar los planos del cuarto construido.

4.13. VENTAJAS DEL USO DEL LADRILLO ECOLÓGICO EN LA CONSTRUCCIÓN VS EL BLOQUE DE HORMIGÓN

Luego de analizar los resultados obtenidos de ensayos de laboratorio y los precios de ambos productos, el ladrillo ecológico tipo 2 demuestra ventajas económicas y ambientales respecto al bloque de hormigón.

4.13.1. VENTAJA AMBIENTAL

El bloque de tierra comprimida o ladrillo ecológico posee una ventaja ambiental considerable, ya que utiliza el suelo propio del lugar, residuos de maíz y aserrín, lo que también le convierte en una ventaja social, suprimiendo el problema de almacenaje y eliminación que conlleva los residuos para los agricultores y carpinteros; en la tabla 6 se encuentra detallada la materia prima que se utilizó en la fabricación del prefabricado ecológico y del bloque de hormigón en porcentaje:

Tabla 6. Materia prima que utiliza el ladrillo ecológico y bloque de hormigón

MATERIA PRIMA	BLOQUE DE HORMIGÓN	LADRILLO ECOLÓGICO
Material pétreo/Suelo	86% de material pétreo	88% de suelo
Residuos de maíz y aserrín	0%	1%
Cemento	14%	11%

(Muñoz, 2015)

Si se fabrica 1500 unidades diarias del ladrillo ecológico propuesto, utilizando residuos de la cosecha de maíz junto con el aserrín que es el 1% del contenido total del producto se evitará quemar 40,9 kg de biomasa al día, 818 kg de biomasa al mes y 9,8 toneladas de biomasa al año; siendo un aporte para disminuir los efectos del calentamiento global que se vive en la actualidad, así como evitar el problema de almacenaje y eliminación que ocasionan estos residuos para los agricultores y carpinteros. Si se compara con la materia prima que utiliza el bloque de hormigón, se puede evidenciar que no contiene ningún porcentaje de biomasa y no existe un aporte ambiental respecto al ladrillo ecológico propuesto.

Debido a la naturaleza del material terroso y la mezcla con elementos vegetales permiten mejorar los índices de aislamiento térmico, según “NORMABLOC” (Asociación de fabricantes de bloques y mampostería de hormigón en España), la transmitancia térmica del bloque de hormigón de tiene un valor de: $2,94 \text{ W/m}^2\text{°C}$; mientras que la transmitancia térmica del ladrillo ecológico es de $1,37 \text{ W/m}^2\text{°C}$ (Delacoste, 2015) , lo que demuestra que el prefabricado tiene una mayor capacidad de aislación térmica respecto al bloque de hormigón, aproximadamente un 50%, por ésta razón el uso de aire acondicionado y calefacción en los hogares se verá disminuido notablemente.

En nuestro país la electricidad que consumimos proviene en gran parte de combustibles fósiles, lo que implica emisión de contaminantes de aire y gases de efecto invernadero. Según un artículo de revisión publicado en nuestro país, se estima que 1kWh genera en promedio 305,75 g de CO₂ a la atmósfera (Parra, 2013); si en una casa promedio de 80 m², se consume 32,89 kWh/mes, utilizando el ladrillo ecológico, este valor disminuirá al 50% (16,45 kWh/mes), por lo tanto se evitará emitir 5,03 kg de CO₂ a la atmósfera al mes y 60,35 kg de CO₂ al año.

4.13.2. VENTAJA ECONÓMICA

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), los aparatos electrónicos de aire acondicionado y calefacción en una casa promedio de 80 m², consumen 32,89 kWh/mes, (\$2,63 dólares al mes), al utilizar el ladrillo ecológico existe un ahorro de aproximadamente 50% (\$1,32 dólares al mes), mientras que anualmente existiría un ahorro de \$15,84 dólares

Por otra parte, en la tabla 7 se encuentra detallado las principales características de ambos prefabricados: resistencia a la compresión, masa por metro cuadrado de mampostería, precio unitario, precio por metro cuadrado de mampostería, tanto del ladrillo ecológico propuesto como del bloque de hormigón:

Tabla 7. Características principales del ladrillo ecológico y bloque de hormigón

DESCRIPCIÓN	BLOQUE DE HORMIGÓN	LADRILLO ECOLÓGICO TIPO 2
Resistencia a la compresión	3,10 MPa	3,15 MPa
Masa por unidad	12,5 kg	4.30 kg
Unidades por m ² de mampostería	12,5	39
Masa por m ² de mampostería	168,75 kg	167,70 kg
Precio final unitario	\$0,45	\$0,13
Precio por m ² de mampostería	\$5,63	\$5,07

(Muñoz, 2015)

Como se señaló anteriormente, el ladrillo ecológico tipo 2 es aquel que demostró competitividad respecto al bloque de hormigón, en la tabla anterior se puede apreciar que por metro cuadrado de mampostería se ahorraría \$0,56 dólares con el uso del prefabricado propuesto; respecto a la masa de ambos prefabricados, el ladrillo ecológico es 8,2 kg más liviano, esto brinda una mejor trabajabilidad y confort para el obrero debido al tamaño y masa del ladrillo ecológico.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Al analizar los resultados obtenidos del trabajo realizado, se puede concluir que el ladrillo ecológico tipo 2 presenta algunas ventajas y desventajas respecto al bloque de hormigón utilizado en la mampostería, mismas que se detallan a continuación:

- Para la fabricación del ladrillo ecológico se puede utilizar el suelo propio del lugar donde se desee construir, siempre y cuando exista un porcentaje de finos (limo y arcilla) entre el 15 y 60% y arena entre 40 y 85%, llegando a la conclusión que la tolerancia es bastante amplia, de ésta forma se suprime el gasto de transporte de materia prima y la contaminación ambiental que genera la extracción de material pétreo en las canteras.
- Los residuos de maíz y aserrín son obtenidos cerca del lugar de trabajo, de esta manera los agricultores y carpinteros tienen la posibilidad de dar una correcta disposición final a sus residuos, eliminando el problema de almacenaje y eliminación, evitando procesos de incineración.
- Si se fabrica 1.500 unidades diarias, se evitará quemar 9,8 toneladas de biomasa al año, disminuyendo los efectos del calentamiento global que se vive en la actualidad, además el porcentaje de estabilizante (cemento) que utiliza el ladrillo ecológico es del 11%, mientras que el bloque de hormigón utiliza un 14%.
- La encuesta realizada a los habitantes de la Parroquia de Calacalí arrojó resultados positivos respecto a la aceptación del prefabricado,

los encuestados supieron manifestar su apoyo e interés, demostrando que es un proyecto innovador.

- En una casa promedio de 80 m², se consume 32,89 kWh/mes, utilizando el ladrillo ecológico, este valor disminuirá aproximadamente al 50% (16,45 kWh/mes), por lo tanto se evitará emitir alrededor de 5,03 kg de CO₂ a la atmósfera al mes y 60,35 kg de CO₂ al año, al mismo tiempo existe un ahorro económico, tomando en cuenta que el kWh tiene un precio promedio de \$0,08 dólares, se ahorraría alrededor de \$1,32 dólares mensuales y \$15,84 dólares al año.
- Debido a que el ladrillo ecológico posee agujeros verticales en su estructura, facilita el proceso de las instalaciones eléctricas y de tuberías de agua, así mismo, la generación de escombros es mucho menor respecto al bloque de hormigón, ya que éste último no es completamente hueco.
- El ladrillo ecológico tipo 2 cumple con los requisitos de resistencia a la compresión de la Norma INEN 643, que se utilizó como referencia, obtuvo un resultado de 3,15 MPa, pudiendo emplearse en: losas alivianadas de hormigón armado, paredes divisorias interiores (con o sin revestimiento) y en paredes divisorias exteriores (con o sin revestimiento), por lo cual es apto para la construcción en nuestro medio, pudiendo sustituir al bloque de hormigón en la mampostería.
- En cuanto al precio por metro cuadrado de mampostería, existe un ahorro de \$0,56 dólares, ya que el precio del ladrillo ecológico y bloque de hormigón es de \$5,07 dólares y de \$5,63 respectivamente.
- El ladrillo ecológico tiene una masa de 4,40 Kg, mientras que el bloque de hormigón 11,5 Kg, lo que disminuye el desgaste del

trabajador por transporte interno, convirtiéndolo en un producto manejable y confortable para el obrero.

- El ladrillo ecológico es más pequeño que el bloque de hormigón, por lo que es necesario una mayor cantidad de unidades, por ejemplo, por metro cuadrado de mampostería se requiere 39 unidades, mientras que, en el caso del bloque de hormigón se necesita solamente 12,5 unidades.
- Respecto a la absorción de agua, el ladrillo ecológico tipo 2 tuvo un resultado de 20,94%, la norma INEN 639 utilizada como referencia establece un límite máximo de 15%, por lo que se recomienda utilizar el prefabricado en paredes interiores, sin embargo se puede utilizar en paredes exteriores siempre y cuando se realice el proceso de enlucido o revestimiento para proteger a la pared de posibles daños que pueda ocasionar la humedad.
- El conocimiento del prefabricado en el sector de la construcción, es muy bajo o nulo en Ecuador, lo que implica un mayor esfuerzo para poder difundirlos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda difundir a la comunidad el cuidado del medio ambiente, mediante la utilización de residuos industriales y agrícolas, que son de utilidad para los empresarios, pero que pueden servir para otro tipo de procesos y de ésta manera reutilizar éstos productos.

- Investigar nuevos métodos de fabricación que aumente la producción y la calidad, sin dejar de lado la parte ambiental, con el fin de obtener un compromiso de sustentabilidad.
- Presentar el proyecto a entidades públicas y privadas que brinden apoyo y confiabilidad, para que aporten a investigaciones futuras con el objetivo de obtener mejores resultados.
- Investigar otro tipo de aglutinantes que sustituyan al cemento, que brinden calidad y reduzcan los costos de fabricación, manteniendo las características del ladrillo ecológico.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, D. (2000). La mampostería de bloques de suelo-cemento: ¿Tecnología apropiada para la producción masiva de viviendas de interés social?. Obtenido de http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_tc/article/viewFile/3796/3631

Arratibel, J. (2011). Filler de aluminio para la elaboración de ladrillos puzolánicos sin cocción. España: Universidad Pública de Navarra.

Badillo, J. (2005). Mecánica de suelos, Balderas. (Noriega, Ed.) México DF: Limusa S.A.

Barzola, R., Mosquera, G., & R., S. (2011). Proyecto de factibilidad para la fabricación de ladrillos, con polietileno de alta densidad 100% reciclable. Ecuador: Escuela Superior del Litoral.

Brick Development Association. (2008). Accesses on the building materials in the UK. *Journal of Engineering Sustainability*, 161, 211–218. doi:10.1680/ensu.2008.

Cabo, M. (2011). ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción. España: Universidad Pública de Navarra.

Colmenares, E. (2012). Análisis de Precios Unitarios en La Construcción. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/20604084/Analisis-de-Precios-Unitarios>

De la Torre, C., & Vinicio, A. (2009). Fabricación de ladrillos ecológicos de residuos a partir de la palma africana. Quito: Universidad de las Américas.

Delacoste, E. (2015). Ahorro energético en construcciones con cerramientos de mampuestos no convencionales. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.

EL COMERCIO. (19 de Agosto de 2014). Las Canteras de San Antonio dan trabajo a 7000 personas. pág. Actualidad.

Fernández, P. (Marzo de 2012). El informe Brundtland. Obtenido de <http://practicadeldesarrollo.blogspot.com.ar/2012/03/el-informebrundtland-1987-2012.html>

Holcim Ecuador S.A. (2012). Cemento Holcim Rocafuerte Tipo GU. Obtenido de http://www.holcim.com.ec/fileadmin/templates/EC/doc/Archivos_varios/Folleto_Cemento_Holcim_GU.pdf

Igúzquiza, V. (2002). Colección Ciencias Sociales: Tipos de encuestas y diseños de investigación. Pamplona: Universidad pública de Navarra.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). Información censal cantonal. Obtenido de Ecuador en Cifras: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-censal-cantonal/>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2013). Permisos de construcción año 2013. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-censal-cantonal/>

Kollmann, F. (2001). La promesa de la tecnología. VI Congreso Forestal Mundial. Munich: Universidad de Munich.

Miralles, J. (2010). La casa Ecológica ideas prácticas para un hogar ecológico y saludable. Barcelona: Loft Publications.

Monterola, O. (1999). Residuos del Cultivo de Maíz. Obtenido de Utilización de forraje: <http://www.pasturasdeamerica.com/utilizacion-forrajes/residuos-agricolas/maiz/>

Oti, J., K. J., & Bai, J. (2008). Developing unfired stabilised.

Parra, R. (2013). Factor de emisión de CO₂ debido a la generación de electricidad en el Ecuador durante el periodo 2001 – 2011. Quito: Universidad San Francisco de Quito.

Parnisari, O. (2014). Ladrillos Ecológicos. Obtenido de <http://www.ladrillosecolologico.com.ar/>

Picciotto, J. (2011). Las paginas verdes piensa sustentable. México: Arquitectura y Construcción.

Portland Cement Asociation. (2013). El Cemento. Obtenido de www.cement.org

Rodríguez, E. (2010). Eco arquitectura: la nueva construcción sostenible. Obtenido de <http://noticias.iberestudios.com/ecoarquitectura-la-nueva-construccion-sostenible/>

Servicio Ecuatoriano de Normalización. (1993). NTE INEN 643: Bloques huecos de hormigón. Obtenido de requisitos: <https://law.resource.org/pub/ec/br/ec.nte.0643.1993.pdf>

Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2012). NTE INEN 639: Bloques huecos de hormigón. Obtenido de muestreo y ensayos: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0639.2012.pdf>

Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2011). NTE INEN 2380 (2011). Cementos hidráulicos. Obtenido de Desempeño para cementos hidráulicos: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2380.2011.pdf>

Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2012). NTE INEN 152: Cemento Portland. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0152.2012.pdf>.

ANEXOS
ANEXO 1. FORMATOS

Formato de encuesta



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
INGENIERIA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIEGOS NATURALES
ENCUESTA: LADRILLO ECOLÓGICO**

Por favor, marque con una X las opciones de su elección


1. ¿Sabe usted que es un ladrillo ecológico? SI ___ NO ___
2. ¿Le gustaría construir con ladrillos ecológicos? SI ___ NO ___
3. ¿Cree Usted que los ladrillos ecológicos ayudarían al medio ambiente?
SI ___ NO ___
4. ¿Sabía Usted que los ladrillo ecológicos reducen el calentamiento global?
SI ___ NO ___
5. ¿Te parece seguro construir con un ladrillo ecológico? SI ___ NO ___
6. ¿Sabías que una construcción de ladrillos ecológicos disminuye el uso de aire acondicionado y calefacción? Si ___ No ___ No estoy seguro/a ___
7. ¿Preferiría construir con un ladrillo ecológico de residuos de siembra y cosecha de maíz en lugar del bloque de hormigón?
SI ___ NO ___
8. ¿Qué opina acerca del proyecto? Me parece interesante ___
No tengo interés alguno ___ No me llama mucho la atención ___

Formato utilizado para el Análisis de Precios Unitarios (APU)

<u>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</u>					
RUBRO:					
<u>EQUIPO Y MAQUINARIA</u>			Rendimiento día (un):		
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
					Subtotal M
<u>MANO DE OBRA</u>					
Descripción	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo
					Subtotal N
<u>MATERIALES</u>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
					Subtotal O
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O) INDIRECTOS Y UTILIDADES 25 % OTROS INDIRECTOS % COSTO TOTAL DEL RUBRO					
VALOR DE LA OFERTA					

ANEXO 2. RESULTADOS DE LABORATORIO

Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería (SUCS) Muestra 1



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Ventimilla y Av. 12 de Octubre
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624
Cel.: 09870 49430
Quito-Ecuador
LMC-PUCE@puce.edu.ec
www.puce.edu.ec

ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNICA
INFORME DE ENSAYO
CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

OBRA: Proyecto de Titulación
LOCALIZACIÓN: _____
MUESTRA: Muestra tomada por el Cliente
DESCRIPCIÓN: Muestra SAB - Material para fabricación de Ladrillo
NORMA: ASTM D2487

N° DE RECEPCIÓN: 5 2862
SOLICITADO POR: Rodrigo Muñoz
FISCALIZACIÓN: _____
CONTRATISTA: _____
FECHA INGRESO: 16/03/2015
FECHA ENTREGA: 12/03/2015

1- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
18,50	68,61	64,73	8,39	8,86
17,18	77,87	72,69	9,33	

2- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

SUELO NO PLÁSTICO **NP**

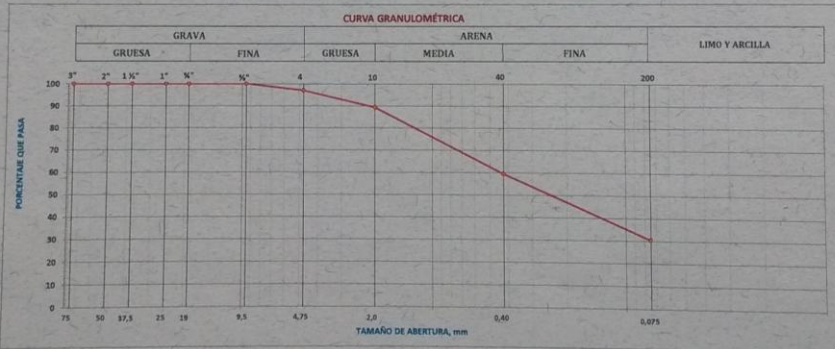
3- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

SUELO NO PLÁSTICO **NP**

4- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 422

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75,0	50,0	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,0	0,425	0,075
PORCENTAJE RETENIDO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,04	10,70	40,67	69,67
% QUE PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	97,0	89,3	59,3	30,3

CURVA GRANULOMÉTRICA



5- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)
% Humedad: 9

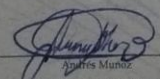
LÍMITES DE ATTERBERG
Limite Líquido, LL: NP
Limite Plástico, LP: NP
Índice de Plasticidad, IP: NP

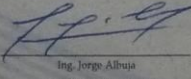
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
% Grava: 3
% Arena: 67
% Finos: 30

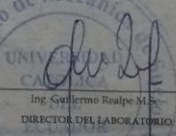
CONTENIDO ORGÁNICO: NO

CLASIFICACIÓN SUCS: **SM** NOMBRE TÍPICO: **Arena limosa**


NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente


 Andrés Muñoz
RESPONSABLE DE ENSAYOS


 Ing. Jorge Albuja
RESPONSABLE DEL ÁREA


 Ing. Guillermo Realpe M.S.
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería (SUCS) Muestra 2



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNICA

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPOSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

Veintimilla y Av. 12 de Octubre
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624
Cel.: 09870 49430
Quito-Ecuador
LMC-PUCE@puce.edu.ec
www.puce.edu.ec

OBRA: Proyecto de Titulación

LOCALIZACIÓN: _____

MUESTRA: Muestra tomada por el Cliente

DESCRIPCIÓN: Muestra SAR - Material para fabricación de Ladrillo

NORMA: ASTM D2487

N° DE RECEPCIÓN: 5 2862

SOLICITADO POR: Rodrigo Muñoz

FISCALIZACIÓN: _____

CONTRATISTA: _____

FECHA INGRESO: 16/03/2015

FECHA ENTREGA: 17/03/2015

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed.
18,25	35,81	49,83	18,94	18,77
18,33	65,97	58,50	18,60	

2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed.
10,54	16,76	15,43	26,13	26,02
6,89	12,22	11,02	25,92	

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318


A MÉTODO MULTIPUNTO

N° DE GOLPES	Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad
15	8,90	18,85	16,37	32,93
21	8,86	20,72	17,81	32,51
36	9,60	20,95	18,23	31,52

4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 422

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75,0	50,0	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,0	0,425	0,075
PORCENTAJE RETENIDO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,52	8,34	18,41	48,60
% QUE PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,48	91,66	81,59	51,40

CURVA GRANULOMÉTRICA



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)

% Humedad : 19

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido, LL : 32

Límite Plástico, LP : 26

Índice de Plasticidad, IP : 6

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

% Grava : 4

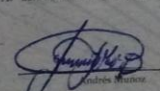
% Arena : 44

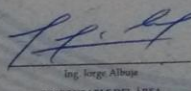
% Finos : 51

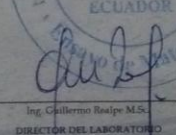
CONTENIDO ORGÁNICO : NO


CLASIFICACIÓN SUCS: ML NOMBRE TÍPICO: Limo arenoso


NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente


Andrés Muñoz
 RESPONSABLE DE ENSAYOS


Jorge Albuja
 RESPONSABLE DEL ÁREA


Ing. Guillermo Realpe M.S.
 DIRECTOR DEL LABORATORIO





Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...

Resistencia a la Compresión Ladrillo Ecológico tipo 2



- Fundición de pisos Industriales
- Alisada de pisos
- Perforaciones de suelos
- Densidades de campo
- Densímetro nuclear
- Impermeabilizaciones
- Corte y sellado de juntas
- Colocación de pintura epóxica
- Distribuidor Oficial de Aditec
- Escarificado de Pisos




LABORATORIO DE HORMIGONES Y SUELOS

CONTRATISTA
LOCALIZACION
PROCEDENCIA
PROVEEDOR
MATERIAL LADRILLO
MUESTREO POR: CLIENTE

OBRA : PROYECTO DE TITULACION
ENSAYADO POR JUNIOR COLORADO
CALCULADO POR ING. MARCELO CAÑAR
FECHA 06/04/2015
INFORME # 98604

ENSAYO DE LADRILLOS A LA COMPRESIÓN NORMA INEN 639

Nº	FECHA MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD DIAS	ALTURA cm	AREA	DIMENSION	PESO kg	CARGA	RESISTENCIA Klg/cm ²
1	16/03/2015	06/04/2015	21	7.5	450	30 X 15	7.22	11922	26
2	16/03/2015	06/04/2015	21	7.5	450		6.96	14286	32
3	16/03/2015	06/04/2015	21	7.5	450		6.86	16382	36
PROMEDIO							7.01	14197	32


ING. MARCELO CAÑAR
JEFE DE OPERACIÓN
HORMISUELOS CIA LTDA

Dirección: La Pulida Jorge Piedra No. 583 (Av. Occidental) Telefax.: 253 2546 Telfs.: 253 5498 / 341 0220
Cel: 099 561 1521 / 099 561 1523 / 099 249 0453

Absorción de agua Ladrillo Ecológico tipo 2



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624
Cel.: 09870 49430
Quito-Ecuador
LMC-PUCE@puce.edu.ec
www.puce.edu.ec

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
INFORME DE ENSAYO
DETERMINACIÓN DE ABSORCIÓN DE LADRILLOS

PROYECTO: Tesis - Ladrillos Ecológicos

LOCALIZACIÓN: Quito

MUESTRA: Tomada por el cliente

NORMA: NTE INEN 296:1977

RECEPCION N°: 27397

HOJA: 2 de 2

SOLICITA: Rodrigo Muñoz

FISCALIZADOR:

CONTRATISTA:

FECHA DE RECEPCIÓN: 27/04/2015

FECHA DE EMISIÓN: 04/05/2015

Muestra N°		1	2	3	4	5
Descripción		Ladrillos Ecológicos				
Masa natural (gr)		4710,00	4470,00	4620,00	4440,00	4720,00
Secado	TEMPERATURA (°C)	110	110	110	110	110
	TIEMPO (horas)	24	24	24	24	24
	MASA (gr)	4340,00	4290,00	4390,00	4280,00	4430,00
Saturación	TIEMPO QUE LAS MUESTRAS PERMANECEN SUMERGIDAS EN AGUA A TEMPERATURA AMBIENTE (horas)	24	24	24	24	24
	MASA (gr)	5270,00	5220,00	5320,00	5140,00	5330,00
	DIFERENCIA DE MASA (gr)	930,00	930,00	930,00	860,00	900,00
	ABSORCIÓN (%)	21%	22%	21%	20%	20%

$$\text{Absorción (\%)} = (\text{Masa saturada} - \text{Masa seca al horno}) / \text{Masa seca al horno} \cdot 100$$

OBSERVACIONES:

NOTA: Este Informe de Ensayo no debe ser reproducido parcialmente



Ing. Maria Ines Calvo
Responsable de Área



Ing. Guillermo Realpe M.Sc.
Director L.M.C.

Densidad del ladrillo ecológico Tipo2



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624
Cel.: 09870 49430
Quito-Ecuador
LMC-PUCE@puce.edu.ec
www.puce.edu.ec

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
INFORME DE ENSAYO
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD BULK
LADRILLOS ECOLOGICOS

PROYECTO : Control de Calidad
LOCALIZACIÓN: Calacali
MUESTRA: Tomada por el Cliente
NORMA DE REFERENCIA: INEN 639:2012

SOLICITA: Rodrigo Muñoz
FISCALIZACIÓN:
CONTRATISTA:

RECEPCIÓN N°: 29182
HOJA: 2 de 4
FÁBRICA: N/D
DESCRIPCIÓN: Ladrillos ecologicos 80x150x300

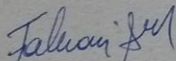
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016/03/21
FECHA DE IMPRESIÓN: 2016/03/24

Probeta N°	1	2	3
Fecha de fabricación
Fecha de ensayo	23/03/2016	23/03/2016	23/03/2016
Edad (días)	+ de 28 días	+ de 28 días	+ de 28 días
Altura (mm)	80,50	78,70	78,80
Largo (mm)	300,00	300,00	300,00
Ancho (mm)	149,10	149,10	149,20
Peso natural de la muestra (gr)	4920,00	4060,00	4110,00
Peso saturado con superficie seca (gr)	5220,00	4910,00	4910,00
Peso sumergido (gr)	1932,00	1831,00	1780,00
Peso seco (gr)	4200,00	3920,00	3940,00
Densidad (gr/cm ³)	1,28	1,27	1,26

OBSERVACIONES:


1MPa = 10,2 Kg/cm²

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

x 
Ing. María Inés Calvo
Responsable de Área.



Ing. Guillermo Realpe M.Sc.
Director LMC.




Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad

Resistencia a la Compresión Ladrillo Ecológico tipo 3



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEREN MIS TESTIGOS

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Ventimilla y Av. 12 de Octubre
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624
Cel.: 09870 49430
Quito-Ecuador
LMC-PUCE@puce.edu.ec
www.puce.edu.ec

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
INFORME DE ENSAYO
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LADRILLOS

PROYECTO : Tesis - Elaboración de Ladrillos Ecológicos utilizando residuos de maíz

LOCALIZACIÓN: Quito

MUESTRA: Tomada por el cliente

NORMA: NTE INEN 294

RECEPCIÓN N°: 27338

HOJA: 1 de 1

SOLICITA: Rodrigo Muñoz

FISCALIZADOR:

CONTRATISTA:

FECHA DE RECEPCIÓN: 2015/04/14

FECHA DE EMISIÓN: 2015/04/17

Muestra N°	1	2	3
Descripción	Ladrillos Ecológicos		
Fecha de rotura	16/04/2015	16/04/2015	16/04/2015
Altura (mm)	84,00	84,00	84,50
Largo (mm)	301,00	300,00	301,00
Ancho (mm)	150,00	149,80	149,60
Área hueca (mm ²)	6946,46	6946,46	6946,46
Área bruta (mm ²)	45150,00	44940,00	45029,60
Área neta (mm ²)	38.203,5	37.993,5	38.083,1
Volumen (mm ³)	3.209.097,5	3.191.457,5	3.218.025,5
Masa (gr)	5380,00	5560,00	5460,00
Peso Unitario (kg/mm ³)	1,68	1,74	1,70
Carga (kN)	247,90	208,30	230,90
Resistencia (MPa)	6,5	5,5	6,1

Representación gráfica de la muestra



OBSERVACIONES:

1MPa = N / mm² = 10,2 kg / cm²

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.



Ing. María Inés Calvo
Responsable de Área



Ing. Guillermo Reaipa M.Sc.
Director LMC.



Resistencia a la Compresión de Bloque de hormigón para mampostería



- Terminación de pisos industriales
- Alisado de pisos
- Perforaciones de suelos
- Densidades de campo
- Densímetro nuclear
- Impermeabilizaciones
- Corte y sellado de juntas
- Colocación de pintura epóxica
- Distribuidor Oficial de Aditec
- Escarificado de Pisos



LABORATORIO DE HORMIGONES Y SUELOS

SOLICITADO POR: ING. FABIAN PARRAGA
 LOCALIZACION:
 PROCEDENCIA:
 PROVEEDOR:
 MATERIAL: BLOQUE

OBRA: PARTICULAR
 ENSAYADO POR: JUNIOR COLORADO
 CALCULADO POR: ING. MARCELO CAÑAR
 FECHA: 13/08/2014
 INFORME #: 93217

ENSAYO DE BLOQUES A LA COMPRESIÓN NORMA INEN 639

Nº	FECHA MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD DIAS	ALTURA cm	AREA	DIMENSION	PESO kg	CARGA	RESISTENCIA Klg/cm ²
1	30/07/2014	13/08/2014	14	19	546	39x19x14	12.70	15591	29
2	30/07/2014	13/08/2014	14	19	546		12.74	16458	30
3	30/07/2014	13/08/2014	14	19	546		12.84	18732	34
4	30/07/2014	13/08/2014	14	19	546		12.78	16940	31
PROMEDIO							13	16930	31


 SR. LUIS PARRA
 REPRESENTANTE LEGAL
 HORMISUELOS CIA LTDA


 ING. MARCELO CAÑAR
 JEFE DE OPERACIONES
 HORMISUELOS CIA LTDA

Dirección: La Pulida Jorge Piedra No. 583 (Av. Occidental) Telefax.: 253 2546 Telfs.: 253 5498 / 341 0220
 Cel: 099 561 1521 / 099 561 1523 / 099 249 0453
 www.hormisuelos.com • E-mail: hormisuelos@hotmail.com • Quito - Ecuador

Absorción de agua del bloque de hormigón para mampostería



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Ventimilla y Av. 12 de Octubre
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624
Cel.: 09870 49430
Quito-Ecuador
LMC-PUCE@puce.edu.ec
www.puce.edu.ec

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO

DETERMINACION DE ABSORCION EN BLOQUES

PROYECTO : Control de Calidad
LOCALIZACION: Calacali
MUESTRA: Tomada por el Cliente
NORMA DE REFERENCIA: INEN 639:2012

RECEPCION N°: 29182
HOJA: 4 de 4
FABRICA: NID
DESCRIPCION: Bloque de 150x200x400 mm

SOLICITA: Rodrigo Munoz
FISCALIZACION:
CONTRATISTA:

FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA: 2016/03/21
FECHA DE IMPRESION: 2016/03/28

Muestra N°	1	2	3
Identificación	Bloque de 150x200x400 mm		
Masa natural (gr)	9400,00	9410,00	9170,00
Masa Saturada (gr)	10380,00	10320,00	10260,00
Masa Seca al Horno (gr)	9070,00	9270,00	9210,00
% Absorción	14,44	11,33	11,40

$$\text{Absorción (\%)} = ((\text{Masa saturada} - \text{Masa seca al horno}) / \text{Masa seca al horno}) * 100$$


OBSERVACIONES:
NOTA: Este Informe de Ensayo no debe ser reproducido excepto en su totalidad, sin la aprobación por escrito del laboratorio.


 Ing. María Inés Calvo
Responsable de Área.




 Ing. Guillermo Realpe M.Sc.
Director LMC.

Densidad del bloque de hormigón para mampostería



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624
Cel.: 09870 49430
Quito-Ecuador
LMC-PUCE@puce.edu.ec
www.puce.edu.ec

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
INFORME DE ENSAYO
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD BULK
EN BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN

PROYECTO : Control de Calidad
LOCALIZACIÓN: Calacali
MUESTRA: Tomada por el Cliente
NORMA DE REFERENCIA: INEN 639:2012

SOLICITA: Rodrigo Muñoz
FISCALIZACIÓN:
CONTRATISTA:

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2016/03/21
FECHA DE IMPRESIÓN: 2016/03/24

RECEPCIÓN N°: 29182
HOJA: 1 de 4
FÁBRICA: N/D
DESCRIPCIÓN: Bloque de 150x 200x400 mm


Probeta N°	1	2	3
Fecha de fabricación
Fecha de ensayo	23/03/2016	23/03/2016	23/03/2016
Edad (días)	+ de 28 días	+ de 28 días	+ de 28 días
Altura (mm)	189,90	190,20	189,80
Largo (mm)	400,00	400,00	400,00
Ancho (mm)	140,80	140,30	140,30
Peso natural de la muestra (gr)	9400,00	9410,00	9170,00
Peso saturado con superficie seca (gr)	10380,00	10320,00	10260,00
Peso sumergido (gr)	3810,00	4320,00	3780,00
Peso seco (gr)	9070,00	9270,00	9210,00
Densidad (gr/cm ³)	1,38	1,55	1,42

OBSERVACIONES:

1MPa = 10,2 Kg/cm²

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

x Eduarda Grande
Ing. María Inés Calvo
Responsable de Área



Ing. Guillermo Realpe M.Sc.
Director LMC.

ANEXO 3. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Ladrillo Ecológico tipo 1

<u>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</u>					
RUBRO: LADRILLO ECOLÓGICO, TIPO 1					
<u>EQUIPO Y MAQUINARIA</u>			Rendimiento día (un): 1.500,00		
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Bloquera automática	1,00	25,00	25,00	0,00067	0,0167
Retroexcavadora	1,00	25,00	25,00	0,00067	0,0167
Herramientas	6,00	0,15	0,90	0,00067	0,0006
Subtotal M					0,0339
<u>MANO DE OBRA</u>					
Descripción	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Jornaleros	4,00	3,70	14,80	0,001	0,0099
Subtotal N					0,0099
<u>MATERIALES</u>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
Cemento	kg	0,00	0,1542	0,0000	
Suelo	kg	4,2700	0,0000	0,0000	
Agua	m3	0,0008	1,7200	0,0014	
Residuos de maíz y aserrín	g	31,2500	0,00001	0,0003	
Subtotal O					0,0018
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)					0,046
INDIRECTOS Y UTILIDADES 15 %					0,007
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0,052
VALOR DE LA OFERTA					0,05

Ladrillo Ecológico tipo 2

<u>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</u>					
RUBRO: LADRILLO ECOLÓGICO, TIPO 2					
<u>EQUIPO Y MAQUINARIA</u>			Rendimiento día (un): 1.500,00		
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Bloquera automática	1,00	25,00	25,00	0,00067	0,0167
Retroexcavadora	1,00	25,00	25,00	0,00067	0,0167
Herramientas	6,00	0,15	0,90	0,00067	0,0006
Subtotal M					0,0339
<u>MANO DE OBRA</u>					
Descripción	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Jornaleros	4,00	3,70	14,80	0,001	0,0099
Subtotal N					0,0099
<u>MATERIALES</u>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
Cemento	kg	0,4630	0,1542	0,0714	
Suelo	kg	3,7963	0,0000	0,0000	
Agua	m3	0,0008	1,7200	0,0014	
Residuos de maíz y aserrín	g	27,7778	0,00001	0,0003	
Subtotal O					0,0731
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)				0,117	
INDIRECTOS Y UTILIDADES 15 %				0,018	
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO				0,134	
VALOR DE LA OFERTA				0,13	

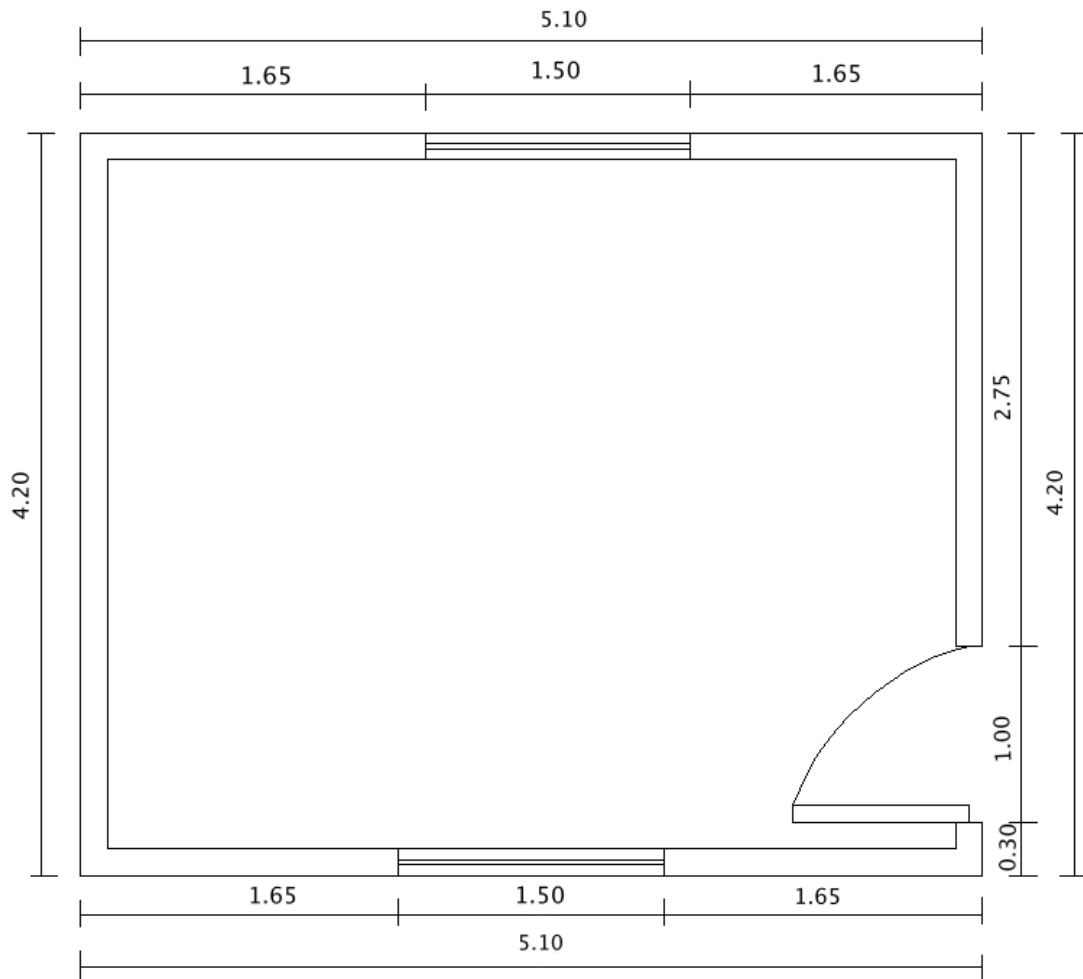
Ladrillo Ecológico tipo 3

<u>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</u>					
RUBRO: LADRILLO ECOLÓGICO, TIPO 3					
<u>EQUIPO Y MAQUINARIA</u>			Rendimiento día (un): 1.500,00		
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Bloquera automática	1,00	25,00	25,00	0,00067	0,0167
Retroexcavadora	1,00	25,00	25,00	0,00067	0,0167
Herramientas	6,00	0,15	0,90	0,00067	0,0006
Subtotal M					0,0339
<u>MANO DE OBRA</u>					
Descripción	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Jornaleros	4,00	3,70	14,80	0,001	0,0099
Subtotal N					0,0099
<u>MATERIALES</u>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
Cemento	kg	0,6579	0,1542	0,1014	
Suelo	kg	3,5965	0,0000	0,0000	
Agua	m3	0,0008	1,7200	0,0014	
Residuos de maíz y aserrín	g	26,3158	0,00001	0,0003	
Subtotal O					0,1032
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)					0,147
INDIRECTOS Y UTILIDADES 15 %					0,022
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0,169
VALOR DE LA OFERTA					0,17

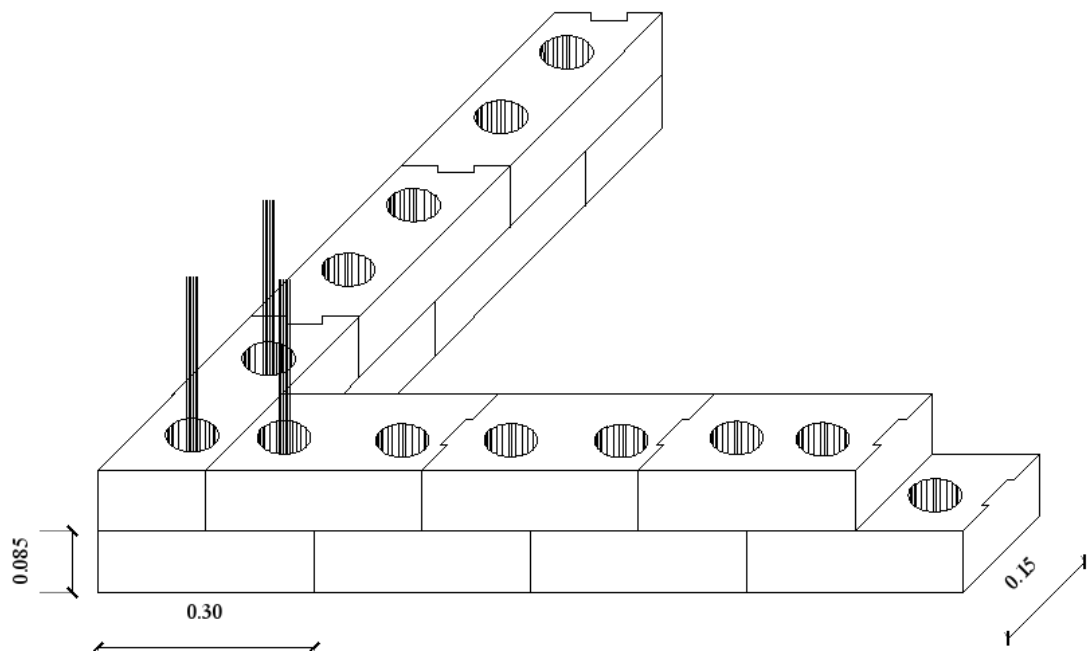
Bloque de hormigón para mampostería

<u>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</u>					
RUBRO: BLOQUE DE HORMIGÓN PARA MAMPOSTERÍA					
<u>EQUIPO Y MAQUINARIA</u>			Rendimiento día (un): 2.000,00		
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Bloquera automática	1,00	25,00	25,00	0,00050	0,0125
Cargadora	1,00	25,00	25,00	0,00050	0,0125
Herramientas	6,00	0,15	0,90	0,00050	0,0005
Subtotal M					0,0255
<u>MANO DE OBRA</u>					
Descripción	Cantidad	Jornal/Hora	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Jornaleros	4,00	3,70	14,80	0,001	0,0074
Subtotal N					0,0074
<u>MATERIALES</u>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo	
Cemento	kg	1,6700	0,1542	0,2575	
Suelo	kg	10,7000	0,0094	0,1006	
Agua	m3	0,0014	1,7200	0,0024	
Subtotal O					0,3605
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)					0,393
INDIRECTOS Y UTILIDADES 15 %					0,059
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0,452
VALOR DE LA OFERTA					0,45

**ANEXO 4. PLANOS DEL CUARTO COSTRUIDO CON
LADRILLOS ECOLÓGICOS PROPUESTOS**



Plano del cuarto construido (expresado en metros)



Detalle de la trama (expresado en metros)

ANEXO 5. FOTOGRAFÍAS



Colocación del primer ladrillo ecológico



Refuerzo en las esquinas del cuarto



Mampostería de ladrillos ecológicos propuestos



Cuarto construido con ladrillos ecológicos propuestos