

ECOBRIK LADRILLO ECOLÓGICO A BASE DE PAPEL RECICLADO PARA  
MUROS DIVISORIOS

ANDRY JULIETH VALERO LOZANO

NUBIA ROCIO VARGAS VARGAS

YULIANA ANDREA VARGAS



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

TECNOLOGIA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS

BOGOTÁ D.C, Junio de 2015

ECOBRIK LADRILLO ECOLÓGICO A BASE DE PAPEL RECICLADO PARA  
MUROS DIVISORIOS

Presentado para optar al título de  
Tecnólogo en Construcciones Arquitectónicas

Coordinador PTCA y Docente Proyecto de Grado  
ARQUITECTO NELSON RICARDO CIFUENTES VILLALOBOS



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
TECNOLOGIA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS  
BOGOTÁ D.C, Junio de 2015

## NOTAS DE ACEPTACIÓN

Observaciones

---

---

---

---

---

---

---

ARQ. NELSON R. CIFUENTES V.  
COORDINADOR PTCA

---

ARQ. STEVEN GONZÁLEZ ZABALA  
COORDINADOR NÚCLEO ÉNFASIS

---

JURADO 1

---

JURADO 2

Bogotá, Junio de 2015

## **DEDICATORIA**

En primer lugar a Dios por darnos la oportunidad de culminar nuestros estudios y por darnos la vida y la salud que hasta el momento hemos disfrutado, gracias a nuestra familia, padres, esposo e hijos, ya que nos han acompañado en cada uno de los pasos y procesos que hemos vivido en todo nuestro recorrido por nuestros estudios y nos han dado en apoyo necesario para continuar; de igual forma a nuestro director de tesis y a cada uno de nuestros profesores, quienes nos han guiado e instruido a lo largo de estos tres años y que con la ayuda de Dios nos han llevado a ser mejores personas y profesionales.

## Contenido

Contenido de Imágenes .....	5
Contenido de Tablas.....	5
Resumen.....	6
Abstract .....	7
Introducción .....	8
Marcos de Referencia.....	10
Marco Histórico .....	10
Marco Teórico o conceptual.....	11
definición y características del papel.....	11
definición y características de reciclar. ....	12
definición y características del p.v.a. ....	13
Marco Jurídico .....	16
Propuesta .....	20
Materiales.....	20
cubetas de cartón para huevo. ....	20
papel periódico. ....	21
el acetato de polivinilo (p.v.a.).....	21
Metodología .....	22
Dosificación de la mezcla .....	23
Uniones y Molde.....	24
Ensayos Experimentales Para la Elaboración de Prototipo del ladrillo .....	27
Ensayo No. 1 mezcla de papel periódico, cubetas de huevo y papel de archivo.....	27
Ensayo No. 2 mezcla de papel periódico .....	28
Ensayo No. 3 mezcla de papel de archivo.....	30
Pruebas y Ensayos de Laboratorio .....	34
Análisis Presupuestal del Ladrillo Ecológico Ecobrick .....	36
Resultados y Recomendaciones .....	37
Referencias Bibliográficas .....	38
Anexos.....	40

## Contenido de Imágenes

Imagen 1 Muro en Adobe sobre basamento en piedra .....	10
Imagen 2 Matriz DOFA ladrillo Ecobrick.....	20
Imagen 3 Cubetas de cartón para huevos con dimensiones de 29 cm x 32 cm .....	21
Imagen 4 Papel periódico material utilizado en la prueba No. 1 .....	21
Imagen 5 Diseño del ladrillo Ecológico .....	25
Imagen 6 proceso de transformación del papel picado.....	27
Imagen 7 Proceso de transformación del papel licuado .....	27
Imagen 8 Proceso de mezcla del papel el yeso y el PVA.....	28
Imagen 9 Proceso de vaciado de la mezcla dentro del molde .....	28
Imagen 10 Proceso de transformación del papel periódico.....	29
Imagen 11 Proceso de aplicación de sustancia desmoldante (vaselina).....	29
Imagen 12 Proceso de vaciado de la mezcla con papel periódico.....	29
Imagen 13 Ladrillo a base de papel periódico recién desencofrado.....	30
Imagen 14 Proceso de secado al horno del ladrillo .....	30
Imagen 15 Proceso de triturado mecánico del papel de archivo .....	31
Imagen 16 Molde metálico para elaboración del ladrillo ecológico .....	31
Imagen 17 Diseño del molde (plantas e isométrico) .....	32
Imagen 18 Proceso de vaciado de la mezcla en el molde metálico.....	32
Imagen 19 Proceso de vaciado de la mezcla dentro del molde .....	33
Imagen 20 Secado al aire libre de los ladrillos.....	33

## Contenido de Tablas

Tabla 1 NSR-10 Titulo J Clasificación de propagación del fuego .....	17
Tabla 2 NSR-10 Título J Clasificación de materiales índice de propagación del fuego .....	19
Tabla 3 Dosificación de la mezcla.....	23
Tabla 4 Informe de ensayo a la compresión .....	34
Tabla 5 Comparativo ensayo a la compresión.....	35
Tabla 6 Ensayo prueba de absorción de agua.....	35
Tabla 7 Ensayo resistencia al fuego .....	36
Tabla 8 Análisis de Precios Unitarios de ladrillo Ecobrick.....	36

### **Resumen**

Dentro de la construcción más tradicional y ancestral se ha usado el ladrillo o el mampuesto, que con el pasar de los tiempos ha sido modificado o transformado, de forma tal que pueda satisfacer las necesidades, tales como reducir el peso, dar mejores acabados, y hacer parte de la estructura volviendo los muros estructurales; de igual forma el ladrillo hecho a base de papel “ECOBRIK” planea dar su aporte a la construcción, ya que como se va a presentar por medio del siguiente documento, es un ladrillo que deja de usar un recurso natural como la arcilla e implementa materiales tradicionales tales como el papel reciclado, que junto con ayuda de aditivos le dan la consistencia al elemento final. Por medio del ladrillo ecológico ECOBRICK se pretende contribuir en la reducción de escombros, ya que este elemento puede ser reutilizado para la producción de más ladrillos ecológicos, y por otro lado, a diferencia de la mampostería tradicional, no se implementará mortero para la pega, ya que gracias a su diseño de ensamble la composición de un muro se hará rápido y limpio. Este elemento se usará para muros divisorios; gracias a su composición es resistente al fuego y de igual forma cumple funciones térmicas y acústicas.

Palabras Clave: Ecobrick, Ladrillos, Papel, Reciclado, Ecológico



### **Abstract**

Among the most traditional and ancient building it has been used brick or masonry, with the passing of time has been changed or transformed, so that can meet the needs such as reducing weight, giving best finishes, and be part of the structure becoming structural walls; likewise the brick made of paper "ECOBRIK" plans to give its contribution to the construction, since as will be presented by the following document is a brick that stop using a natural resource such as clay and implements materials traditional such as recycled paper, which along with the help of additives give consistency to the final element. Through ecologic brick ECOBRICK it is to contribute to the reduction of debris, since this element can be reused for the production of greener bricks, and secondly, unlike traditional masonry, no mortar is implemented to the paste, as thanks to its design assembly of a wall composition will be quick and clean. This element is used to partition walls; thanks to its composition is resistant to fire and likewise comply thermal and acoustic functions.

Keywords: Ecobrick, bricks, paper, recycled, Ecological

## Introducción

Desde el comienzo de la humanidad se han erigido edificaciones de diversas formas, comenzando desde rocas hasta el uso de fibras; de los métodos constructivos uno de los más tradicionales en todo el mundo es el uso del ladrillo en la mampostería, el cual ha sido usado desde el adobe hasta los ladrillo estructurales; pero infortunadamente, este elemento constructivo viene de un producto natural no renovable, como lo es la arcilla, y para su proceso de elaboración intervienen otros recursos como lo son el agua, el cemento y la arena, materiales que en el pasar de los años llegarán a su fin.

Por otro lado, cuando muchas de las construcciones antiguas cumplen su vida útil, son demolidas generando otro problema que afecta todo su entorno, y son los escombros, los cuales son desechados y producen contaminación, perjudicando nuestro planeta; debido al aumento que estos han tenido, se han desarrollado una serie de investigaciones y propuestas con el fin de reducir el daño ambiental y generar nuevos sistemas constructivos.

Como se menciona anteriormente, y después de analizar la problemática presentada, se propone la reutilización del papel, dándole un nuevo uso en el gremio de la construcción para la elaboración de un ladrillo, con la intervención de otros materiales, para uso en muros divisorios. De igual forma cada elemento posee un sistema de ensamble de unión, sin el uso de otro material para la pega, conocido como “ensamble de espiga redonda” comúnmente unión tipo “lego”.

Para esta investigación se plantea una hipótesis considerando que el ladrillo hecho a base de papel reciclable trae beneficios tales como la reducción del impacto ambiental que ha generado los escombros, y contribuyendo en la economía, ya que se reutilizarán materiales naturales que muy pocas veces se pueden reciclar; que al final de esta investigación se tendrán unas conclusiones al respecto.

El objetivo de esta investigación es hacer un ladrillo para uso en muros divisorios elaborado a base de papel reciclable, para realizarlo se desarrollaran algunas muestras de prototipo utilizando diferentes tipos de papel, para así definir el tipo de papel reciclado apropiado que se requiere para la elaboración del ladrillo ecológico; también mediante pruebas sencillas y de laboratorio se definirá cuál mezcla será la ideal para este ladrillo y finalmente se propondrá una unión de fácil ensamble que no requiera de material de pega.

## ECOBRIK PARA MUROS DIVISORIOS

Dada la necesidad de cuidar el medio ambiente, la tendencia mundial actual está ligada al uso de materiales ecológicos y autosustentables, es así como el uso de materias primas reciclables será una prioridad durante el desarrollo del prototipo. Por medio de las pruebas y ensayos que se van a ejecutar, se pretende establecer la composición indicada para la fabricación del ladrillo ecológico, de igual manera gracias a los resultados que se obtengan de dichas pruebas, se desea conocer los beneficios y ventajas que ofrece el ladrillo ecológico para uso en muros divisorios, frente con otros productos que actualmente se usan en la construcción y que contengan características muy similares al producto que se está planteando.

## Marcos de Referencia

### Marco Histórico

Desde el origen de la humanidad, se ha generado la necesidad por el resguardo y la búsqueda de refugio a los riesgos o peligros que puedan amenazar la integridad del ser. Por tal motivo de manera innata y poco convencional, el hombre se dio a la tarea de crear con los materiales que tenía a la mano, tales como barro o arcilla, heno o paja secos, crin de caballo y agua, para moldear con sus propias manos una pieza, la cual secada al sol dio como resultado el primer ladrillo o bloque conocido más comúnmente como el “adobe”, que según como lo menciona la historia se dio su primera aparición conocida en la antigua ciudad de Catal huyuk en Anatolia, puesto que en su gran mayoría las construcciones o viviendas están elaboradas con adobes. Este tipo de edificaciones data del siglo VII antes de Cristo.(Wikipedia, s.f)

Imagen 1 Muro en Adobe sobre basamento en piedra



Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Adobe#/media/File:Pared\\_adobes.png](https://es.wikipedia.org/wiki/Adobe#/media/File:Pared_adobes.png)

Muro de adobe sobre basamento de piedra en una antigua casa de la provincia de Burgos (España).

Si se hace un recorrido alrededor del mundo y verificamos que en la gran mayoría de las construcciones antiguas, fue utilizado el adobe o ladrillo de tierra para levantar diversos tipos de construcciones, tales como viviendas, tiendas, escuelas y hasta iglesias o templos religiosos, teniendo en cuenta que esto se presentó en diversas culturas sin ningún tipo de relación entre ellas. En lugares en donde no se utilizó el adobe se trabajó o se tallo la piedra de forma rectangular o ladrillo, como lo es por ejemplo en Egipto para levantar grandes pirámides, templos o tumbas. El uso del adobe lo que hizo fue reemplazar en cierta forma no definitiva el uso de la madera y la piedra.

## ECOBRIK PARA MUROS DIVISORIOS

Se puede mencionar que estas costumbres o hábitos constructivos se han venido practicando de generación en generación; gracias al constante aprendizaje y descubrimiento de nuevos materiales y elementos como lo fue el fuego y el descubrimiento de herramientas hechas en piedras comenzaron a cambiar las características de las construcciones.

Posterior a esto viene la invención del ladrillo de arcilla, el cual a diferencia del adobe es introducido en un horno a altas temperaturas, logra muchísima mayor resistencia a la humedad a diferencia del adobe, el cual es más susceptible a la humedad. El ladrillo tuvo aparición hace aproximadamente 7.500 años, ya que al igual que en Egipto, en la India también se presenta el uso de los mismos y de la misma forma en la antigua Mesopotamia y en China; también los romanos y quizás más evidentes sus construcciones tiene implícito el uso del ladrillo en sus edificaciones como lo son los acueductos, arcos, termas y anfiteatros.

A lo largo de la edad media en Europa y de manera más clara en España se da el uso constante del ladrillo, gracias a la influencia musulmana, la cual luego gracias al descubrimiento de América fue traída a nuestro continente y cambio por completo la forma de la construcción que anteriormente la hacían los aborígenes con palos, ramas y barro, ahora se hacen con el ladrillo. Más adelante, la inmigración europea de los siglos XIX y XX consolidó su uso a través de italianos y españoles. Tradición que perdura hasta la actualidad.

Hoy en día la implementación que ha tenido el ladrillo ha sido muy importante, ya que en la gran mayoría de nuestras edificaciones se requiere de estas piezas las cuales en muchas situaciones cumple papeles importantes, no solo como el de un muro divisorio, sino que hace parte de la estructura de la edificación y vienen diseñados de tal manera que puede cumplir papeles importantes tales como el de las columnas, gracias al uso de otros materiales que junto con los ladrillos o bloques se vuelven un conjunto muy resistente a las cargas de la edificación y las externas a la misma. (Wikipedia, s.f)

### **Marco Teórico o conceptual**

Para dar un alcance completo al marco teórico a continuación se describirán las definiciones de papel, reciclar y del PVA,

#### **definición y características del papel.**

El papel de reciclaje es la materia prima principal para la elaboración de los ladrillos, donde tomamos el papel de reciclaje de resma 75 gr y mediante un proceso sencillo se

## ECOBICK PARA MUROS DIVISORIOS

convierte en un nuevo material que será usado en muros divisorios para la construcción de vivienda.

Según el documento de internet Fabricación del Papel, de los autores Aplazaba, Sandoval, Inostroza y Fernández :

El papel está elaborado a partir de una masa, pasta, aditivos y agua, los cuales se combinan dependiendo el tipo de papel que se desee obtener. Su principal componente son las fibras de celulosa, las cuales son tomadas de los árboles, los más utilizados para la obtención de este material son las maderas nobles o de hoja caduca, como el álamo, el eucalipto y el abedul, y las maderas blanda o de árboles de hoja perenne como el pino y el abeto. Estas maderas se llevan a una planta la cual se encarga de tomar los diferentes troncos para ser picados en pequeñas astillas, éstas son pasadas por unas máquinas, las cuales se sumergen a altas temperaturas entre 130° y 179° (grados Celsius) en un producto a base de agua y químicos como sulfitos y soda caustica, para separar las fibras de la madera y obtener la pasta de celulosa; de igual forma se obtienen la lignina y hemicelulosa, sustancias que al igual que la celulosa son usada en el papel. Después de esto la celulosa es pasada por otros químicos para blanquearla, tales como dióxido de cloro, oxígeno, peróxido, talco, caolín, hidróxido de calcio, carbonato y soda caustica; la pasta de celulosa es pasada por otra máquina, la cual la transporta por una cinta, esta comienza a formar hojas por entrecruzamiento de las fibras, dicha cinta es una tela, la cual actúa como filtro eliminando el exceso de agua de la pasta, luego esta hoja es exprimida a presión eliminando casi al 100% el contenido de agua, seguida por un proceso de segado con calor de cilindros y aire caliente, por último el papel es sumergido en un baño de almidón, el cual sella la superficie de la hoja dando un acabado más liso, y para concluir es pasada nuevamente por unos rodillos, estos se encargan de dejar la masa homogénea y pareja para la destinación final.(Aplazaba, 2011)

### **definición y características de reciclar.**

Según la Real Academia Española reciclar es someter un material usado a un proceso para que se pueda volver a utilizar.(Real Academia Española , 2015)

## ECOBRIK PARA MUROS DIVISORIOS

El reciclaje en Bogotá está liderado por un programa llamado Basura Cero, uno de los ejes principales de este es concientizar a la ciudadanía en cuanto a la separación de residuos, lo cual en el año 2013 logró reducir en cerca de 55.000 toneladas el volumen de desechos que van a parar al Relleno Sanitario de Doña Juana logrando un aprovechamiento de ciertos residuos. A continuación se mencionan las cifras: Según el censo y Registro Único, Bogotá cuenta con cerca de 20.000 recicladores, de estos, unos 7.000 están afiliados a 180 cooperativas y asociaciones, los demás son independientes. Bogotá genera diariamente 6.400 toneladas de desechos que equivalen a 2.000.000 toneladas al año. En el año 2013, se recuperaron 54.086 toneladas de material reciclable. (Cortes, 2014). Dado lo anterior concluimos que la tendencia actual es reutilizar desechos y residuos creando nuevos materiales llamados ecológicos.

### **definición y características del p.v.a.**

Es el Acetato de Polivinilo o más comúnmente conocido como “cola o adhesivo vinílico” es un polímero, obtenido mediante la polimerización del acetato de vinilo, descubierto en 1912, el cual tiene un costo actual en el mercado Colombiano de \$11.000 el galón. (Artículo Acetado de Polivinilo, 2014)

En el artículo de internet Tecnología de los plásticos, blog dedicado a los materiales plásticos, características, usos, fabricación procesos de transformación y reciclado del miércoles 01 de febrero de 2012 dice:

El poliacetato de vinilo, acetato de polivinilo, PVA, PVAc o poli (etenil etonoato), es un polímero sintético gomoso con fórmula abreviada (C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>)<sub>n</sub>. Pertenece a la familia de los polímeros polivinil éster más fácilmente obtenible y de más amplio uso, con fórmula general -(RCOOCHCH<sub>2</sub>)-. Se trata de un tipo de termoplástico.

El acetato de polivinilo es un componente de un tipo ampliamente usado de adhesivo, a que se refiere indistintamente como cola para madera, cola blanca, cola de carpintero, cola escolar, cola PVA o cola vinílica. El acetato de polivinilo es preparado por polimerización vinílica por radicales libres del monómero acetato de vinilo; el monómero de acetato de vinilo, fue a escala industrial producido por primera vez por la adición de ácido acético al acetileno con una sal mercurio (I), pero ahora está compuesta principalmente por la

adición oxidativa catalizado con paladio de ácido acético al etileno. Para su proceso de fabricación en la industria de los adhesivos se obtiene el poliacetato de vinilo por los métodos convencionales de polimerización por adición o por emulsión.

Para iniciar la polimerización es común activar la doble ligadura del vinilo ya sea térmicamente, o fotoquímicamente por reacción con un radical libre iniciador o por reacción con un catalizador iónico. La polimerización de adición industrial para los adhesivos, se inician por lo general, por medio de un radical libre obtenido de la descomposición de agentes oxidantes tales como el peróxido de benceno. Simultáneamente la ligadura de vinilo es activada ya que ahora ella tiene un electrón sin unir en el otro átomo de carbono. Es así como se inicia una reacción en cadena de radicales libres. El vinil acetato monómero puede ser copolimerizado o terpolimerizado con otros compuestos no saturados y, de esta manera, obtener sustancias poliméricas con diferencias en sus propiedades físicas tales como los sólidos suspendidos, viscosidad, plasticidad y características adhesivas del producto resultante.

El acetato de vinilo puede ser copolimerizado con varios monómeros de vinilo. Son como números comercialmente importantes el cloruro de vinilo, cloruro de vinilideno, dibutilo y otros maleatos y fumaratos de dialquilo, los ácidos crotónicos, acrílico, metacrílico e itacónico y sus ésteres, pirrolidona y etileno de vinilo. Un monómero que no se combina sólo con el acetato de vinilo puede combinarse con el uso de un tercer monómero que se copolimeriza con ambos (terpolimerización). La inserción puede usarse con monómeros como el estireno, que no se copolimeriza con el acetato de vinilo. El homopolímero PVAc, pero sobre todo el copolímero, combinación de acetato de vinilo y etileno (etileno acetato de vinilo o VAE), se utiliza también en el recubrimiento de papel, pinturas y otros recubrimientos industriales, como aglutinante en telas no tejidas de fibra de vidrio, toallas sanitarias, papel de filtro y en acabado textil. También se utiliza como aditivo para el concreto. (Plásticos, 2012)

Una aplicación interesante es el uso de una emulsión de PVA para aumentar la adherencia entre el concreto viejo y el nuevo. Hay dos formas en que esto se puede hacer, ya



## ECOBRIK PARA MUROS DIVISORIOS

sea cubriendo el concreto viejo antes de aplicar la mezcla de cemento, o la mezcla una proporción de la emulsión de PVA con la nueva mezcla. (Plásticos, 2012)

Según las investigaciones realizadas en proyectos utilizados con materiales reciclados encontramos cuatro documentos que nos demuestran que la utilización de dichos materiales a base de papel o cartón como cubetas de huevos, son materiales que se permiten reciclar en grandes cantidades, económicas, eficientes, de fácil instalación y amigables con el medio ambiente.

En Guatemala la elaboración de ladrillos de papel se muestra como una tecnología ecológica que beneficiaría a miles de comunidades de bajos recursos, siendo un material eficiente, se realizaron casas ecológicas que reducirán un 70% de los costos de los materiales comúnmente comercializados en la industria de la construcción. (Juarez, s.f). En la actualidad se encuentran realizando pruebas a dichos ladrillos para implementarlos como un sistema de construcción en Guatemala y comprobar que si es una alternativa ideal para construir.

En el artículo de internet XI CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE PROYECTO (Espitia, 2007), donde realizan ensayos de resistencia a compresión y módulo de rotura a una unidad de mampostería fabricada con cubetas de huevos, aserrín y P.V.A., cuyas dimensiones son aproximadas a un tolete convencional, dieron como resultado que la unidad propuesta en resistencia a compresión es del 50%.y puede recomendarse para la implementación de muros divisorios no estructurales, de igual forma que en las pruebas de rotura y densidad (Espitia, 2007). Por lo anterior una de las desventajas encontradas en dicho artículo para la implementación de unidades de mampostería con cubetas de huevos es el costo del aglutinante (P.V.A.), siendo el material más costoso empleado para la elaboración de dicha unidad.

En el artículo de internet acerca de la empresa CONSTRUCCION EN CECO (Beltrán, s.f.), creada por la necesidad de la falta de un tipo de material como solución a elementos modulares con tecnología, esta empresa colombiana ubicada en Mosquera, realizan paneles de diferentes longitudes dándole un acabado final de imitación ladrillo, a base de algunos materiales reciclables como lo son el papel de desecho, cubetas de huevo, aserrín, bolsas de cemento y cartón, dándole al constructor la facilidad de transporte, manejabilidad y versatilidad, ya que no requiere de mano de obra especializada. (Beltrán, s.f.). Dichos paneles son resistentes al impacto, al fuego, intemperie, termo acústico, sismo resistente, enmarcando

## ECOBICK PARA MUROS DIVISORIOS

la construcción liviana, rápida, económica y ecológica, haciendo de este sistema reciclable o reutilizable.

En el artículo online de la REVISTA INGENIERIA DE CONTRUCCION(Chanchi, 2008, pág. 145), nos describen el proceso de investigación, desarrollo e implementación de una unidad de mampostería a base de papel periódico reciclado, cubetas de huevo, almidón de yuca y vinagre, hecho para muros divisorios, concluyendo que estas unidades de mampostería tienen un 15% de densidad, esto quiere decir que es un material liviano dándole reducción a las cargas muertas de la edificación. (Chanchi, 2008, pág. 145)

Con base a las cuatro investigaciones anteriormente mencionadas, podemos tomar como guía y referencia la utilización de materiales reciclables principalmente el papel, el cual es la materia prima con la que se utiliza en la elaboración del ladrillo ecológico contribuye a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, ayudando así al medio ambiente, a la elaboración de más viviendas para familias de bajos recursos, a la reducción de presupuestos de obra y a la fácil instalación que nos ofrece este material no requiriendo mano de obra certificada ni especializada a la hora de la construcción de muros divisorios.

Estos ladrillos que se elaboran a base de papel, como lo mencionan las investigaciones anteriormente citadas en cada uno de estos proyectos, el objetivo es crear un elemento constructivo responsable y amigable con el medio ambiente, se planea seguir con este objetivo ya que en el proceso que se desarrolla en la elaboración de los ladrillos Ecobrick o ladrillos reciclados de papel, se invierte la menor cantidad de materiales, ya que como se ha evidenciado a lo largo de este proyecto se utiliza papel que se encuentra desechado y ha sido usado, y que con la ayuda de los demás agregados dan la mezcla para la producción de los ladrillos.

### **Marco Jurídico**

Para este caso el marco legal en Bogotá Colombia, da inicio con la Ley 23 de 1973, mediante la cual se faculta al gobierno nacional para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y mediante el cual se habla por primera vez del medio ambiente, de prevenir y de controlar la contaminación.(Ley 23, 1973)

El Decreto Nacional 2811 de 1974, es el código de Recursos Naturales y de Protección del Medio Ambiente, luego de concedidas las facultadas al gobierno nacional en la ley 23 de 1973, dicho código tiene por objeto lograr la preservación y restauración del ambiente y la

## ECOBRIK PARA MUROS DIVISORIOS

conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, donde incluye elementos como los residuos, basuras, desechos y desperdicios.

Se observa que esta investigación está enfocada en este decreto, ya que incluye la conservación del medio ambiente, y al aprovechamiento de los residuos y desechos como material en la construcción.(Ley 23, 1973)

Artículo 80 Constitución Política de Colombia 1991, el cual establece como deber del estado, planificación del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, garantizando así un desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución(Constitucion Política de Colombia, Artículo 80, 1991).

La ley 99 de 1993, donde el Ministerio del Medio Ambiente, reordena el sector público encargado de la conservación del medio ambiente, y se crea el Sistema Nacional Ambiental SINA. El cual trae normas, actividades y recursos orientados hacia el desarrollo sostenible.

Es evidente que la construcción sostenible está reglamentada por las leyes que actualmente nos rigen, en este caso la ley 99 de 1993 y como lo menciona también el artículo 80 de la Constitución Política de Colombia, las normas aquí estipuladas orientan hacia una construcción sostenible.(Ley 99, 1993)

Decreto 948 de 1995, este decreto reglamenta la protección y control de calidad del aire, esto significa que está incluye la protección de la atmósfera, prevención de contaminación del aire generada por fuentes contaminantes fijas y móviles. A este Decreto, debemos adicionarle el 979 de 2006, el cual modifica algunos de los artículos del Decreto 948 de 1993.(Decreto 948, 1995)

Según la NSR 10 Titulo J, la clasificación de algunos materiales utilizados para acabados interiores según índice de propagación de la llama, de acuerdo a la normativa los materiales que componen al ladrillo ecológico estaría ubicado en la clase 2, según lo muestra la siguiente tabla tomada del numeral J.2.5-2 (Ver tabla 1).

Tabla 1 NSR-10 Titulo J Clasificación de propagación del fuego

Clase	Índice de propagación de la llama
1	0 a 25
2	26 a 75
3	76 a 225
4	Más de 225

Fuente: <http://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/10titulo-j-nsr-100.pdf>

## ECOBRIK PARA MUROS DIVISORIOS

Clasificación del material según su característica de propagación de la llama

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, la tabla J.2.5-3 (Ver tabla 2), hace énfasis y menciona de manera específica los materiales que tienen cada una de las clases de los acabados de los muros divisorios; según la composición del ladrillo ecológico este se encuentra ubicado en la clase 2, ya que está compuesto a base en su mayoría de papel, adicional posee yeso, P.V.A. y agua. Para determinar esta clasificación, se mide el índice de la propagación de la llama de forma visual en el tiempo, como lo menciona la norma.

## ECOBRIK PARA MUROS DIVISORIOS

Tabla 2 NSR-10 Título J Clasificación de materiales índice de propagación del fuego

Clase	Materiales
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pañetes de cemento</li> <li>• Cartón de Fibro - cemento</li> <li>• Fibro – asfalto</li> <li>• Placas planas de fibrocemento</li> <li>• Placas planas de fibrosilicato</li> <li>• Ladrillo</li> <li>• Baldosas de cerámica</li> <li>• Lana de vidrio sin aglutinantes ni aditivos</li> <li>• Vidrio</li> <li>• Algunos azulejos antiacústicos</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoja de aluminio sobre respaldo apropiado.</li> <li>• Cartón de fibra o yeso con revestimiento de papel.</li> <li>• Madera tratada mediante impregnación.</li> <li>• Algunos pañetes antisonoros.</li> <li>• Algunos azulejos antiacústicos.</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Madera de espesor nominal de 2,5 cm o más.</li> <li>• Planchas de fibra con revestimiento a prueba de fuego.</li> <li>• Azulejo antiacústicos, combustible, con revestimiento a prueba de fuego.</li> <li>• Cartón endurecido.</li> <li>• Algunos plásticos.</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel asfáltico</li> <li>• Tela</li> <li>• Viruta</li> <li>• Superficies cubiertas con aceite o parafina.</li> <li>• Papel</li> <li>• Plásticos, sin grado que permita asignarlos a otras clases</li> <li>• Algodón</li> </ul>

Fuente: <http://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/10titulo-j-nsr-100.pdf>

Clasificación de algunos materiales utilizados para acabados interiores según índice de propagación de la llama

### Propuesta

Habiendo identificado la problemática de contaminación gracias a los residuos de construcción, se plantea la elaboración de un mampuesto a base de papel reciclado junto con unos aditivos y agregados, con el fin de contribuir con el impacto ambiental de manera óptima y reducir el desperdicio de recursos no renovables.

Dicho mampuesto contará con características tales como ser más liviano, que no requiera material de pago, ya que para esto se desarrollara un sistema de ensamble sencillo y fácil de manejar, con el fin de elaborar muros a requerimiento del constructor. (Ver imagen 2 Matriz DOFA)

Imagen 2 Matriz DOFA ladrillo Ecobrick



Análisis de debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas del prototipo propuesto

Fuente: Imagen elaborada por el Autor proyecto de grado 2015.

### Materiales

Papel periódico, cartones de huevo, papel de resma reciclado, PVA, yeso, agua y molde, para esto tenemos una dosificación del 90% de papel, 5% de yeso y 5% de P.V.A. **cubetas de cartón para huevo.**

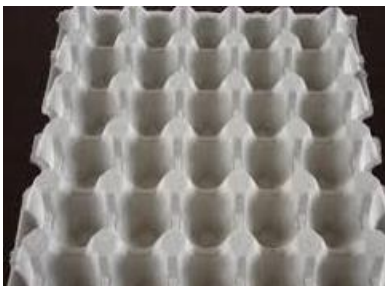
Son bandejas de papel reciclado (Imagen No. 3) no clasificado como el papel periódico, bordes de cartón y papel (provenientes del refilado de grandes láminas), entre otros,

## ECOBICK PARA MUROS DIVISORIOS

presentan forma de ovoide y se caracterizan por su flexibilidad, poco espesor y bajo peso.

Comercialmente son producidas en dimensiones de 29 x 32 cm.

Imagen 3 Cubetas de cartón para huevos con dimensiones de 29 cm x 32 cm



Materiales utilizados en la prueba No. 1, cubetas para huevos de 29cm x 32 cm

Fuente: Imagen tomada por autor de proyecto, 2015

### **papel periódico.**

Corresponde a hojas de periódico (Imagen No. 4) que se caracterizan por su bajo peso y economía, una vez son usadas como medio informativo se convierten en material de reciclaje. La función de las hojas de papel periódico en el proceso de conformación de la unidad es constituir el material matriz o el material aglutinar para constituir el cuerpo del módulo.

Imagen 4 Papel periódico material utilizado en la prueba No. 1



Materiales utilizados en la prueba No. 1, cubetas para huevos y papel periódico

Fuente: Imagen tomada por autor de proyecto, 2015

### **el acetato de polivinilo (p.v.a.)**

Es un material sintético termoplástico que se obtiene de la polimerización del plástico acetato de vinilo, su resistencia al calor llega a los 300° C, es elástico, resistente al envejecimiento y a los mohos.

### **Metodología**

Se conocen miles de campañas para reciclaje en muchos entornos, pero en el gremio de la construcción ha sido complejo desarrollar planes de reciclaje, para las actividades que en esta se realicen; se han implementado planes tales como la reutilización de escombros, los cuales tienen un proceso de molienda, para generar nuevos agregados para la construcción. Por otra parte en otros campos el papel se recicla para generar más papel o insumos derivados los mismos; pero lo referente al agua que se emplea para materiales de pega (mortero) o para la elaboración de los mismos es un recurso que no se recupera. Otra de las problemáticas que se evidencia, es el desperdicio de los materiales de pega en la mampostería, los cuales al final son desechados como basura. Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado se han implementado sistemas constructivos livianos y prácticos, como lo es el sistema Dry Wall, el cual gracias a su practicidad es fácil y rápido de ensamblar y dar acabados finales, pero al igual que los demás anteriormente mencionados genera un alto número de desechos, los cuales hasta el momento no han tenido un proceso de reutilización y finalmente es desechado como “basura”. Por otra parte toda la generación de estos desechos y residuos, afectan la economía de cada una de las compañías constructoras y el medio ambiente, ya que muchos de estos desechos en vez de tener una disposición adecuada, son arrojados en las calles, parques y vías de nuestra ciudad; es por tal motivo que se plantea la elaboración de un mampuesto a base de material de fácil obtención de naturaleza reciclable (papel), acompañado por un par de materiales como los son el yeso, el P.V.A. y agua, este último componente es reutilizado cuantas veces sea posible en la preparación de la mezcla para el ladrillo ecológico.

La metodología que llevaremos a cabo está basada en dos escenarios, el primero será la elaboración de pruebas con diferentes materiales y diferente dosificación, utilizando la metodología prueba y error, al igual que también se probará en el ladrillo la resistencia al agua y al fuego en determinado periodo de tiempo, y el segundo será la elaboración de pruebas científicas, para lo cual se tendrá un apoyo del Laboratorio Contecon Urbar S.A.S., donde se practicarán los estudios y de donde se obtendrán los resultados definitivos del ladrillo.



### Dosificación de la mezcla

A continuación encontraremos la dosificación (ver tabla 4), la cual se utiliza para la elaboración del ladrillo ecológico, teniendo en cuenta las etapas por las que pasa cada uno de los materiales que se requieren para dicho proceso, de igual forma se hace énfasis en el peso que posee el papel en estado seco, mojado y picado; esta dosificación corresponde a un ladrillo con dimensiones de 0.10 m x 0,10 m x 0, 20 largo.

Tabla 3 Dosificación de la mezcla

DESCRIPCIÓN	UNID	UN LADRILLO
AGUA	LITRO	2,65
PAPEL PICADO (SECO)	GRAMO	530
PAPEL PICADO (MOJADO)	GRAMO	3657
RECUPERADA	LITRO	1,325
PAPEL PICADO (SECO)	GRAMO	530
AGUA	LITRO	1,325
YESO	GRAMO	325
P.V.A.	GRAMO	400
		1255
<b>OBSERVACIONES:</b>		
- Para la fabricación de un ladrillo con dimensiones de 10 cm x 10 cm x 20 cm, se requiere; Papel de resma picado 530 gr, Agua 1,325 litros, Yeso 325 gr y P.V.A. 400 gr		

Fuente: tabla elaborada por autor de proyecto, 2015

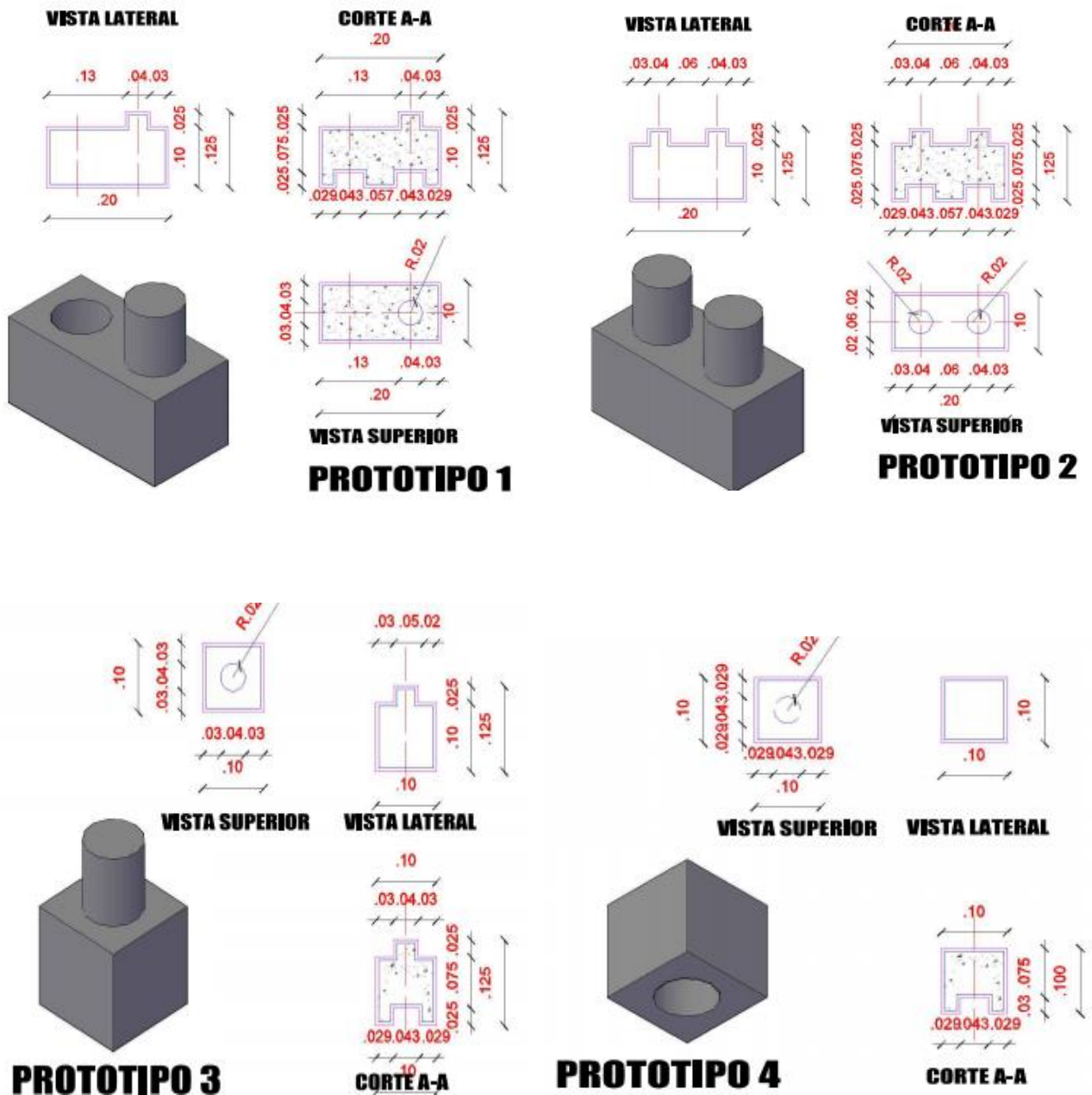
Dosificación mezcla para la elaboración de los ladrillos

### **Uniones Tipo Lego Para El Ensamble del Ladrillo**

Teniendo en cuenta que las dimensiones que de nuestro primer prototipo con de 10 cm de ancho, por 20 cm de largo por 10 cm de altura, se propone realizar unas uniones que en cada uno de los ladrillos en la parte superior tenga un par de secciones de manera cilíndrica de 2.5 cm de altura, las cuales vas encajadas en la parte inferior del siguiente ladrillo, el cual tendrá unas perforaciones de la misma profundidad que el de las protuberancias, es decir de 2.5 cm, algo muy similar a las piezas de juego infantil conocidas como las fichas de “lego”, como lo muestra la imagen No.5. El objetivo de este tipo de unión, se establece para que no sea necesaria ninguna mezcla o material para la pega, ya que como se ve en la mampostería común el mortero que de pega se desperdicia en cantidades considerables.

ECOBRIK PARA MUROS DIVISORIOS

Imagen 5 Diseño del ladrillo Ecológico

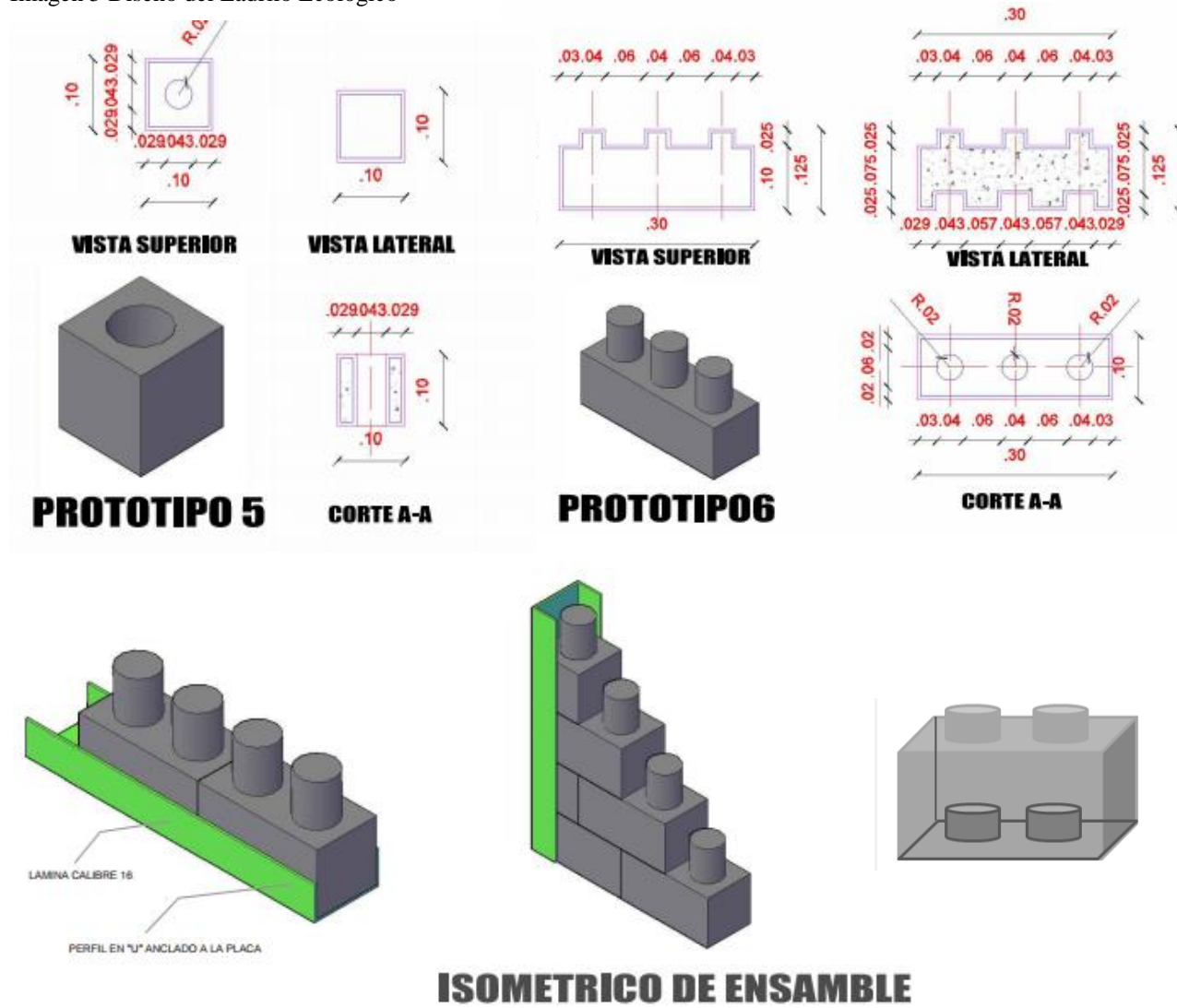


Prototipos de ladrillo y uniones de los ladrillos

Fuente: Diseño elaborado por el Autor, proyecto de grado 2015

## ECOBRIK PARA MUROS DIVISORIOS

Imagen 5 Diseño del Ladrilo Ecológico



Prototipos de ladrillo y uniones de los ladrillos

Fuente: Diseño elaborado por el Autor, proyecto de grado 2015

Se planea que para ensamblar los mampuestos a la estructura, se utilice un perfil o un soporte en material metálico, el cual va anclado directamente a la estructura, y dejaría un paso tipo riel para la colocación necesaria de los ladrillos.

### **Ensayos Experimentales Para la Elaboración de Prototipo del ladrillo**

A continuación se mostrará los ensayos y pruebas que se realizaron con cada uno de los materiales que se tuvieron en cuenta para la elaboración del ladrillo ecológico.

#### **Ensayo No. 1 mezcla de papel periódico, cubetas de huevo y papel de archivo**

Las hojas de papel periódico se pican manualmente, las cuales se dejan en agua por aproximadamente 8 (ocho) días con el fin de humedecer y ablandar el papel, para así garantizar una mezcla más fina y disminuir el tiempo en el proceso de picado de forma mecánica del mismo, ahorrando consumo energético durante su transformación. (Ver imagen No. 6)

Imagen 6 proceso de transformación del papel picado



Papel picado en proceso de transformación

Fuente: Imagen tomada por autor de proyecto, 2015

Luego de tener el papel totalmente licuado como lo muestra la imagen No. 7, se mezclaron los siguientes materiales: papel, yeso, polvo cerámico y P.V.A, utilizando la dosificación según tabla 4.

Imagen 7 Proceso de transformación del papel licuado



Papel licuado en proceso de transformación

Fuente: Imagen tomada por autor de proyecto, 2015

## ECOBICK PARA MUROS DIVISORIOS

La mezcla se realiza de forma manual a través de un proceso de amasado buscando la distribución uniforme de la mezcla, evitando la formación de grumos, éste tiene una duración de 10 minutos, transcurrido este tiempo se obtiene una masa de color grisáceo (ver imagen No. 8)

Imagen 8 Proceso de mezcla del papel el yeso y el PVA



Mezcla de los materiales y obtención de mezcla homogénea.

Fuente: Imagen tomada por autor de proyecto, 2015

Una vez la mezcla tenga una textura homogénea, se procede a vaciarla en un molde hecho en madera con dimensiones de 10cm x 10cm x 2 cm (Ver imagen No. 9).

Imagen 9 Proceso de vaciado de la mezcla dentro del molde



Llenado del molde con la mezcla

Fuente: Imagen tomada por autor de proyecto, 2015

De esta prueba se observa que el proceso de secado, a pesar de realizarse al aire libre fue demorado y aproximadamente a los 20 días de desencofrarse se obtuvo un secado completo y la resistencia aparentemente buscada. Se analizó que el gasto energético fue considerable teniendo en cuenta que para esta oportunidad luego de picar y mojar el papel fue molido de en licuadora casera. La apariencia final del modelo fue muy buena, de color gris parecido al color del concreto.

### **Ensayo No. 2 mezcla de papel periódico**

Para el ensayo No. 2 la mezcla tuvo algunas variaciones en sus características con respecto al ensayo No. 1, ya que el papel utilizado es un 100% de papel periódico y el tiempo



## ECOBICK PARA MUROS DIVISORIOS

de exposición al licuado es menor, dando a la mezcla una apariencia más gruesa. (Ver imagen No. 9)

Imagen 10 Proceso de transformación del papel periódico



Apariencia de la mezcla aplicando un menor tiempo de licuado del papel periódico

Fuente: Imagen tomada por autor de proyecto, 2015

Para esta prueba se elabora un molde en madera con dimensiones de 10cm x 10cm x 20 cm (Ver imagen No. 10), al cual se le ha aplicado previamente una sustancia desmoldante.

Imagen 11 Proceso de aplicación de sustancia desmoldante (vaselina)



Molde de dimensiones 10 cm x 10 cm x 20 cm con desmoldante

Fuente: Imagen tomada por autor de proyecto, 2015

Posteriormente se vierte la mezcla y se apisona de forma manual a medida que se va llenando hasta dejarlo a tope.

Imagen 12 Proceso de vaciado de la mezcla con papel periódico



Llenado de molde y desenocofrado del ladrillo ecológico

Fuente: Imagen tomada por autor de proyecto, 2015

## ECOBICK PARA MUROS DIVISORIOS

Inmediatamente se terminó el llenado del molde, se desencofró el ladrillo tal como muestra la imagen No. 12.

Imagen 13 Ladrillo a base de papel periódico recién desencofrado



Ladrillo a base de papel periodico

Fuente: Imagen tomada por autor de proyecto, 2015

Con ayuda de un horno a Gas, procedimos a poner la pieza en él a 250°C durante 3 horas. (Ver imagen No.14)

Imagen 14 Proceso de secado al horno del ladrillo



Secado en horno a gas a temperatura de 250°C

Fuente: Imagen tomada por el autor, proyecto de grado 2015

Durante esta prueba se evidencia que bajamos el consumo energético en el proceso de licuado, pero que el consumo energético para el secado del ladrillo se incrementó considerablemente, a pesar de permanecer durante 3 horas a esta temperatura, el secado no fue completo.

### **Ensayo No. 3 mezcla de papel de archivo**

La mezcla se elabora con papel de archivo reciclado con un espesor de 75 gmrs, el cual viene en tiras finas de 1 cm de anchas y de 30 cm de largas aproximadamente, se remoja en agua por unos minutos para posteriormente triturarlo de forma mecánica (Ver imagen No. 15).



## ECOBRIK PARA MUROS DIVISORIOS

Imagen 15 Proceso de triturado mecánico del papel de archivo



Proceso de triturado de papel de archivo

Fuente: Imagen tomada por el autor, proyecto de grado 2015

Como se observa en la imagen No. 16 se implementó un molde metálico el cual está elaborado con lámina calibre 1/8 con dimensiones libres internas de 0.10 m X 0,10 m X 0,20 largo, éste fue unido con soldadura eléctrica 6013 y en sus partes laterales tiene una unión con tornillo de 3/8 x 3" rosca corrida.

Imagen 16 Molde metálico para elaboración del ladrillo ecológico



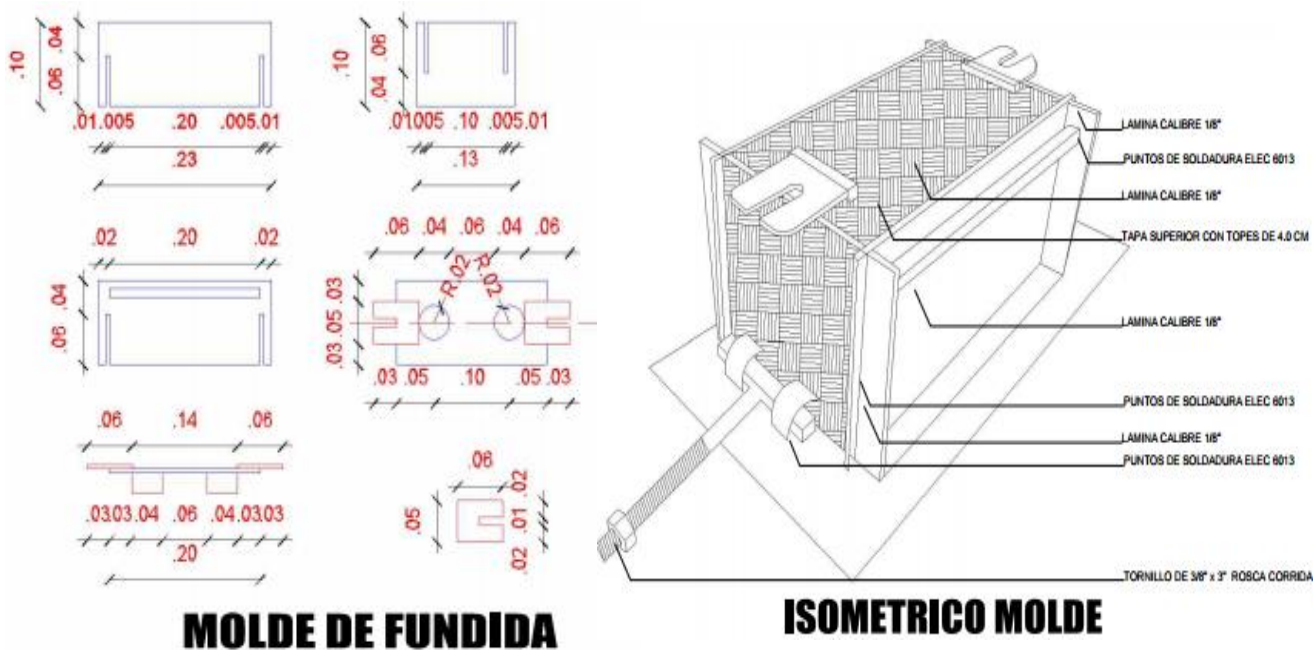
Molde elaborado en lamina calibre 1/8 con uniones en soldadura.

Fuente: Imagen tomada por el autor, proyecto de grado 2015

En las dos anteriores pruebas realizadas, el molde utilizado se elaboró en madera y dicho molde no tenía las protuberancias para dar la forma de la unión propuesta, a continuación encontraremos el diseño del molde en planos, tanto plantas como isométrico, este molde ya cuenta con la forma de las uniones, las cuales tienen dos topes de 2.5 cm de alto y dos perforaciones de la misma medida las cuales podrán encajar entre sí (Ver imagen No. 17).

## ECOBRIK PARA MUROS DIVISORIOS

Imagen 17 Diseño del molde (plantas e isométrico)



Molde en lamina clibre 1/8 con uniones en soldadura para la elaboración de los ladrillos

Fuente: Diseño elaborado por el Autor, proyecto de grado 2015

Se procedió a llenar el molde, aplicando un apisonado manual, tal como lo muestra la imagen No. 18. Luego de estar lleno el molde hasta el tope, se pone la cubierta superior del molde va asegurada con un par de pernos roscados, los cuales a medida que se van ajustando, hacen presión sobre la mezcla sacando gran cantidad de agua y dejando el ladrillo comprimido y maciso.

Imagen 18 Proceso de vaciado de la mezcla en el molde metálico



Llenado del molde con ayuda de un martillo plástico (chapulín) para su compactación

Fuente: Fotografía tomada por el autor, proyecto de grado 2015

## ECOBRIK PARA MUROS DIVISORIOS

Inmediatamente se terminó el llenado del molde, se desencofró el modelo tal como muestra la Imagen No. 19.

Imagen 19 Proceso de vaciado de la mezcla dentro del molde



Ladrillo definitivo luego de ser desencofrado

Fuente: Imagen tomada por el autor, proyecto de grado 2015

Para esta última prueba el secado de los ladrillos se realizó a modo natural tal como lo muestra la imagen No. 20.

Imagen 20 Secado al aire libre de los ladrillos



Ladrillos definitivos en proceso de secado

Fuente: Imagen tomada por el autor, proyecto de grado 2015

## ECOBRIK PARA MUROS DIVISORIOS

**Pruebas y Ensayos de Laboratorio**

Ensayo a la compresión: el objetivo de este ensayo es conocer las propiedades mecánicas del ladrillo en cuanto a la resistencia a la compresión simple la cual es medida en Mega Pascales (Mpa).

En el resultado obtenido del ensayo podemos evidenciar que el ladrillo ECOBRICK con un área de 200 cm<sup>2</sup> obtuvo una resistencia de 51 kg/cm<sup>2</sup> en el ensayo a la compresión, siendo este el equivalente a 2.255 kg/cm<sup>2</sup>, dicha resistencia es superior a la que soporta en un bloque tradicional, tal como se observa en la Tabla No.4. Dado lo anterior se concluye que es un elemento para muros divisorios cumple con la normativa actual exigida.

Tabla 4 Informe de ensayo a la compresión

FT-LB-410401 0896-15

INFORME DE ENSAYO											
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES Y LADRILLOS DE ARCILLA											
NTC - 4017 - 2005 NUMERAL 7											
Muestra No:	L-1			Cliente:			VARGAS YULIANA ANDREA				
Tipo de Mampostería:	No Estructural			Proyecto:			B-14193 PROYECTO DE INVESTIGACION- ECOBRICK				
Procedencia:	n.a			Fecha de Ensayo:			15-May-2015				
Fecha de Recibo:	13-May-2015			Dirección:			Calle 164 # 19- 39				
Localización:											
Número de Muestra	DIMENSIONES			AREAS			Carga (Tn)	RESULTADO			OBSERVACION
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Bruta (mm <sup>2</sup> )	Dovelas (mm <sup>2</sup> )	Neta (mm <sup>2</sup> )		Resistencia Neta			
L-1-1	202.0	98.0	90.0	19,796	0	19,796	9.99	psi	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	
								721	51	5.0	
								PROMEDIO	721.43	50.50	4.95
											DISPERSION (%)
											0.00

Codigo: FT-LB-410401 / Versión 4 / 2014-04-10

REQUISITOS DE ACUERDO CON LA NORMA DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE ARCILLA COCIDA. LADRILLOS Y BLOQUES CERAMICOS. MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL NTC 4205 - 2009 - 2 NUMERAL 6.1.2

TIPO	Resistencia mínima a la compresión Mpa (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Prom 5 Unidades	Unidad
Perforación Horizontal	3 (30)	2 (20)
Perforación Vertical	14 (140)	10 (100)
Macizos	14 (140)	10 (100)
Unidades livianas PH	2.0 (20)	1.5 (15)

En los resultados de los ensayos a resistencia se admite que una de las cinco muestras ensayadas no logre el límite individual, siempre y cuando se cumpla el promedio. Cuando las muestras seleccionadas no cumplen el parámetro, se debe hacer un nuevo muestreo del lote y se deben repetir los ensayos que en caso de resultar nuevamente no conforme la resistencia, se rechaza definitivamente el lote.

Ejecuto: Andres Garzon  
Auxiliar de Laboratorio

Revisó:

Jose Alfonso Monroy  
Ingeniero Auxiliar

\*El presente informe afecta únicamente a las muestras referenciadas en el mismo.  
\*Este informe no deberá reproducirse parcial o totalmente sin la aprobación por escrito de Laboratorios Contecon Urbar S.A.S.

Fuente: Ensayo realizado en Laboratorios Contecon Urbar S.A.S.

Resistencia a la compresión de bloques y ladrillos de arcilla NTC 4017-2005 Numeral 7

## ECOBRIK PARA MUROS DIVISORIOS

Tabla 5 Comparativo ensayo a la compresión

DESCRIPCION	AREAS /CM2	RESISTENCIA BRUTA		KG/CM2
		KG/CM2	%	
BLOQUE CON VERFORACION VERTICAL	233	44	19%	0,189
BLOQUE CON VERFORACION VERTICAL	233	30	13%	0,129
BLOQUE CON VERFORACION VERTICAL	233	51	22%	0,219
BLOQUE CON VERFORACION VERTICAL	233	47	20%	0,202
ECOBRIK	200	51	26%	0,255

Fuente: tabla elaborada por autor de proyecto, 2015

Análisis comparativo entre el bloque tradicional y el ladrillo ecológico ECOBRICK

### Ensayo de Absorción:

El objetivo de este ensayo es analizar e identificar el porcentaje de absorción de agua que tienen las muestras, la capacidad de absorción se mide en porcentaje y se define con el cociente entre el peso de agua que absorbe y el peso en seco de la muestra.

Prueba realizada a la muestra casera a la prueba No. 1. (dimensiones 6,5 cm x 10 cm x 2,5 cm) pero se concluye que es necesario tomar una nueva muestra para evidenciar resultados definitivos.

Tabla 6 Ensayo prueba de absorción de agua

MUESTRA No.	AREA m <sup>2</sup>	ABSORCIÓN DE AGUA			
		TIEMPO EXPOSICIÓN (min)	PESO SECO (gr)	PESO SATURADO (gr)	AREA FINAL m <sup>2</sup>
PRUEBA CASERA					
1	65	20,08	100	200	6,5x10x2,5
2	65	60	125	225	6,5x10x2,5

Fuente: tabla elaborada por autor de proyecto, 2015

Resultados prueba casera de absorcion aplicada a muestra No. 1 ECOBRICK.

### Resistencia al Fuego:

La muestra No. 3 (Ver tabla No. 7) con unas dimensiones de 8,5 cm x 6.30 cm fue sometida al fuego durante 60 minutos, obteniendo como resultado una apropiada resistencia al fuego teniendo en cuenta que su uso será para muros divisorios, no se propagó el incendio, no generó llama y durante los 60 minutos el fuego no consiguió atravesar la muestra.

## ECOBRIK PARA MUROS DIVISORIOS

Tabla 7 Ensayo resistencia al fuego

MUESTRA No.	AREA m <sup>2</sup>	RESISTENCIA AL FUEGO			
		TIEMPO EXPOSICIÓN (min)	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	AREA FINAL m <sup>2</sup>
PRUEBA 24 BR					
3	65	60	125	25	8,530

Fuente: tabla elaborada por autor de proyecto, 2015

Resultados prueba de Resistencia al Fuego.

### Análisis Presupuestal del Ladrillo Ecológico Ecobrick

Luego de realizar las pruebas experimentales, utilizando la metodología prueba y error, se define un precio de la materia prima por unidad de ladrillo, teniendo en cuenta la relación en peso que cada uno de los materiales interfieren en la elaboración; cabe recordar que cuando hay una producción en serie los costos llegarán a ser inferiores (tabla 3):

Tabla 8 Análisis de Precios Unitarios de ladrillo Ecobrick

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO LADRILLO ECOBRICK				UN
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VLR UNITARIO	VLR TOTAL
PAPEL PICADO (SECO)	GRAMO	530	\$ 0,60	\$ 318,00
AGUA	LITRO	1,325	\$ 2,59	\$ 3,43
YESO	GRAMO	325	\$ 0,64	\$ 208,00
P.V.A.	LITRO	0,32	\$ 2.860,50	\$ 915,36
TOTAL				\$ 1.444,79

**OBSERVACIONES:**  
La unidad del ladrillo tiene un valor de \$1,444,79 y tiene un rendimiento de 50 unidades por metro cuadrado (50un/m<sup>2</sup>)

Fuente: tabla elaborada por autor de proyecto, 2015

Precio por unidad de ladrillo de dimensiones 10cm x10cm x20cm.

### **Resultados y Recomendaciones**

Teniendo en cuenta la problemática ambiental encontrada en el análisis realizado al comienzo de esta investigación se propone la reutilización del papel en la construcción haciendo un ladrillo a base de papel reciclable para uso en muros divisorios, el cual tendría beneficios económicos y ambientales, reduciendo el impacto ambiental y generando economía e innovación en los materiales a utilizar. Luego de realizar algunas pruebas mediante la metodología prueba y error, utilizando diferentes técnicas y tipos de papel se hizo un ladrillo y se comprobó su funcionalidad y sus propiedades tanto físicas como mecánicas mediante pruebas de laboratorio.

Finalmente podemos concluir que se elaboró un prototipo de dimensiones 10 cm x 10 cm x 20 cm con una a base de papel reciclable de 75 gm de archivo obteniendo una resistencia a compresión de 51 Kg/cm<sup>2</sup>, resistencia que permite esta pieza sea usada en la construcción de muros divisorios. Se puede mencionar aquí que un bloque tradicional utilizado también para muros divisorios tiene una resistencia a la compresión entre 30 kg/cm<sup>2</sup> y 51 kg/cm<sup>2</sup>. (Ver tabla No. 6).

El material conseguido en esta investigación posee una propiedad que es la resistente al fuego, durante las pruebas se comprobó que no genera llama y que soporta más de una hora el fuego directo sin que la pieza falle a causa de éste.

En cuanto a los componentes de la mezcla se encuentra el PVA, el cual equivale a un 63% del costo total del ladrillo, siendo éste el componente más costoso. Sin embargo se recomienda buscar otro polímero más económico que sirva como ligante entre el papel y el aglutinante.

El ladrillo Ecobrick se recomienda únicamente para espacios interiores, teniendo en cuenta que posee vulnerabilidad a la humedad. Lo cual se deja abierto a propuestas que complementen esta falencia.

Por último se recomienda reciclar, siempre buscando un uso diferente al primario y crear conciencia de implementación de nuevos materiales ecológicos y sustentables.

### Referencias Bibliográficas

- Apablaza, S. I. (05 de 07 de 2011). *Slideshare*. Recuperado el 27 de 05 de 2015, de Slideshare: <http://es.slideshare.net/sanfranciscodeasis/fabricacion-del-papel-8516664>
- Articulo Acetado de Polivinilo*. (24 de Diciembre de 2014). Recuperado el 6 de Abril de 2015, de Sitio Web de Wikipedia la Enciclopedia libre: [http://es.wikipedia.org/wiki/Acetato\\_de\\_polivinilo](http://es.wikipedia.org/wiki/Acetato_de_polivinilo)
- Azorin, G. (11 de 12 de 2013). *Slideshare*. Recuperado el 27 de 05 de 2015, de Slideshare: <http://es.slideshare.net/GraficasAzorin/la-conposicin-del-papel>
- Beltrán, C. C. (s.f.). *Sistemas de Construcción en Ceco*. Recuperado el 22 de 04 de 2015, de Sistemas de Construcción en Ceco: [http://coprom-file.s3.amazonaws.com/253\\_presentacin\\_de\\_en\\_ceco.pdf](http://coprom-file.s3.amazonaws.com/253_presentacin_de_en_ceco.pdf)
- Chanchi, B. G. (05 de 06 de 2008). *Revista Online de Ingeniería de Construcción Vol. 23 No. 3*. Recuperado el 22 de 04 de 2015, de Ensayos a compresión y tensión diagonal sobre muretes hechos a base de papel periódico reciclado y engrudo de almidón de yuca: [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732008000300002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732008000300002&script=sci_arttext)
- Constitucion Politica de Colombia, Articulo 80*. (1991). Recuperado el 12 de 02 de 2015, de Constitucion Politica de Colombia, Articulo 80: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4125>
- Cortes, J. (3 de Marzo de 2014). *Alcaldía Mayor de Bogotá D.C*. Recuperado el 6 de Marzo de 2015, de sitio web de Alcaldía Mayor de Bogotá: <http://www.bogota.gov.co>
- Decreto 948*. (05 de 06 de 1995). Recuperado el 12 de 02 de 2015, de Decreto 948: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1479>
- Espitia, C. y. (26 de 09 de 2007). *XI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Lugo*. Recuperado el 22 de 04 de 2015, de XI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Lugo: [http://aeipro.com/files/congresos/2007lugo/ciip07\\_0392\\_0403.377.pdf](http://aeipro.com/files/congresos/2007lugo/ciip07_0392_0403.377.pdf)
- Juares, C. A. (s.f). *Reciclaje de Papel para fines de Construcción*. Recuperado el 12 de 04 de 2015, de Reciclaje de Papel para fines de Construcción: <http://murcia.isf.es/blog/wp-content/uploads/2013/06/4-Sistematizacion-de-papel-ISF-UMU.pdf>



## ECOBRIK PARA MUROS DIVISORIOS

*Ley 23.* (19 de 12 de 1973). Recuperado el 18 de 03 de 2015, de Ley 23:

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=9018>

*Ley 99.* (22 de 12 de 1993). Recuperado el 12 de 02 de 2015, de Ley 99:

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=297>

*Modul-ar.* (22 de Septiembre de 2011). *Modul-ar*. Recuperado el 19 de Abril de 2015, de

*Modul-ar*: <http://modul-ar.blogspot.com/?view=classic>

Museo del Ladrillo . (s.f.). *Museo del Ladrillo* . Recuperado el 19 de Abril de 2015, de Museo

del Ladrillo: [http://www.museodelladrillo.com.ar/historia\\_del\\_ladrillo.asp](http://www.museodelladrillo.com.ar/historia_del_ladrillo.asp)

Plasticos, T. d. (01 de 02 de 2012). *Acetato de polivinilo*. Recuperado el 18 de 04 de 2015, de

Acetato de polivinilo: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/02/el-poliacetato-de-vinilo-acetato-de.html>

Real Academia Española . (2015). *Real Academia Española* . Recuperado el 19 de Abril de

2015, de Real Academia Española : <http://lema.rae.es/drae/?val=modulacion>

Wikipedia. (9 de Abril de 2015). *Wikipedia* . Recuperado el 19 de Abril de 2015, de

Wikipedia : <http://es.wikipedia.org/wiki/Adobe>

Wikipedia. (s.f). *Adobe*. Recuperado el 20 de 04 de 2015, de Adobe:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Adobe>

**Anexos**

Anexo No. 1 Resultados ensayo Compresión Laboratorios Contecon Urbar S.A.S.

Anexo No. 2 Planos detalle de los prototipos uniones

Anexo No. 3 Planos Isométrico de ensamble de los ladrillos

Anexo No. 4 Planos Detalle molde para la elaboración de ladrillos

Anexo No. 5 Video Prueba Resistencia al Fuego