



**PROPUESTA PARA LA ELABORACION DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON
BASE A CASCARILLA DE ARROZ EN LA CIUDAD DE IBAGUÉ**

DIEGO FERNANDO HERRAN TRIANA
Ingeniero Civil

GUILLERMO ALFREDO CRUZ SIERRA
Ingeniero Civil

LUIS FERNANDO DIAZ PRADA
Arquitecto

**UNIDAD DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS
IBAGUÉ, 2019**

**PROPUESTA PARA LA ELABORACION DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON
BASE A CASCARILLA DE ARROZ EN LA CIUDAD DE IBAGUÉ**

DIEGO FERNANDO HERRAN TRIANA
Ingeniero Civil

GUILLERMO ALFREDO CRUZ SIERRA
Ingeniero Civil

LUIS FERNANDO DIAZ PRADA
Arquitecto

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS**

Director:
Ing. Msc. LUIS FELIPE LOZADA VALENCIA

**UNIDAD DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS
IBAGUÉ, 2019**

Nota de aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Ibagué, 16 de Enero de 2019

AGRADECIMIENTOS

Durante el transcurso de mis estudios de especialización y en el desarrollo de la presente investigación, he tenido el acompañamiento incondicional de mis familiares y en especial el de mis padres, quienes han sido el sustento moral y anímico, que han permitido llevar a buen término mi formación profesional y pos gradual, a ellos les retribuyo con afecto, admiración y con estas palabras cada una de las cosas que han hecho por mí.

De la misma manera a mi esposa e hijos, quienes son el pilar de mi vida, a ellas les agradezco por llenar mi existencia de bendiciones diarias, que fortalecen mi espíritu e inspiran mis actos.

Agradezco a mi suegro Mauricio Morales, por su apoyo, asesoría y acompañamiento. Un especial reconocimiento a todos y cada uno de los docentes, por brindarme la oportunidad y la confianza de llevar acabo esta investigación, por su acompañamiento, amistad y los valiosos aportes materiales e intelectuales.

Diego Fernando Herrán T

Al Docente Luis Felipe posada quien con sus aportes género un espíritu de investigación que tal vez no creía tener, guiándome hasta llegar a este punto de la Especialización, al igual estoy muy agradecido con los otros docentes que me inculcaron la importancia y el valor de la Gerencia de Proyectos en el diario transcurrir de la profesión.

A los colegas Diego y Luis F, que me apoyaron cuando decidí tomar de su valioso tiempo para solicitar explicaciones de temas que en su momento eran nuevos dentro de mis conocimientos, así mismo a los familiares en especial a mi madre que siempre me dio su apoyo incondicional y trato de formar con mucho esfuerzo y dedicación la persona que soy hoy en día, siempre con una palabra de aliento o apoyo, siempre estuvieron allí para brindarme su ayuda incondicional.

A DIOS ante todo que es el creador y sin la voluntad de él no estaría aquí presente, disfrutando de este nuevo logro en mi vida profesional.

Querida esposa, gracias por ayudarme y comprenderme, estar allí en las buenas y en las malas, siempre allí al lado de esos dos seres maravillosos que siempre estarán presentes en mí porque son el motor que le dan impulso a mi vida, todo es para ellos (Viviana, Juan Guillermo y Jacobo), mi Familia.

Guillermo Cruz S.

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser quien nos guía y nos da la fuerza para cumplir las metas trazadas a lo largo de la vida continuando en este proceso de formación académica, donde me ha permitido crecer en el ámbito profesional.

Agradezco infinitamente a mi esposa e hija quienes están siempre presentes en todos los momentos de mi vida, brindando todo su apoyo y comprensión siendo ellas el motor para seguir los objetivos planteados e impulsar el desarrollo de mi formación profesional, cumpliendo así cada uno de los proyectos planteados a lo largo de mi vida.

De igual manera un agradecimiento infinito a la Corporación Universitaria UNIMINUTO, al programa de posgrados, a cada uno de los docentes quienes con sus valiosos conocimientos, experiencia y dedicación aportaron al crecimiento profesional logrando de manera exitosa culminar esta etapa académica.

Agradezco también a mi equipo de trabajo porque cada uno o dedico su tiempo, conocimiento y experiencia para la ejecución de esta investigación

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Luis Fernando Díaz P.

FORMATO 04
**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
 VICERRECTORÍA TOLIMA MAGDALENA MEDIO**
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE PRODUCTO ACADÉMICO No. 1

En: Ibagué el día: 30 del mes de enero del año 2019

Se reunieron en la Corporación Universitaria Minuto de Dios Vicerrectoría Tolima Magdalena Medio; el coordinador(a) Académico, coordinador(a) de Investigación, coordinador(a) de Programa de Posgrados y Educación Continua, quienes presiden la sesión de sustentación junto con las personas que se relacionan a continuación:

ASISTENTE	NOMBRE DE ESTUDIANTE:	Diego Fernando Herrán Triana	
	CEDULA:	1110466917	

ASESOR	NOMBRES Y	Luis Felipe Lozada Valencia		
	NOMBRE/CEDULA	1110472779	EXPEDIDA EN	Ibagué
	NUMERO DE CELULAR	3174004104	NUMERO TELEFONO	

FUO.

JURADOS	PRIMER JURADO			
	NOMBRES Y	Daniel Felipe Orjuela Ramírez		
	NOMBRE/CEDULA	1110518335	EXPEDIDA EN	Ibagué
	NUMERO DE CELULAR	3132434196	NUMERO TELEFONO	2780603
	SEGUNDO JURADO			
	NOMBRES Y	Adrián González		
	NOMBRE/CEDULA	1110485220	EXPEDIDA EN	Ibagué
	NUMERO DE CELULAR	3152986195	NUMERO TELEFONO	
	TERCER JURADO			
	NOMBRES Y			
	NOMBRE/CEDULA		EXPEDIDA EN	
	NUMERO DE CELULAR		NUMERO TELEFONO	

FUO.

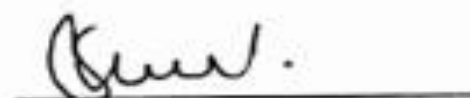
Para escuchar la sustentación del trabajo de grado del estudiante: Diego Fernando Herrán Triana

C.C. 1110466917 De: Ibagué

Quien presentó el trabajo académico titulado: Propuesta Para La Elaboración De Ladrillos Ecológicos Con Base A Cascarrilla De Arroz En La Ciudad De Ibagué

Realizada la sustentación, el docente asesor o jurado considera que el trabajo de grado si cumple con el rigor académico y merece una nota de (4.4), y, en consecuencia, manifiesta que su autor ha cumplido con este requisito para obtener el título de: Especialista en Gerencia de Proyectos

Para constancia firman:



Coordinador de Programa



Director Académico

FORMATO 04

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
 VICERRECTORIA TOLIMA MAGDALENA MEDIO**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE PRODUCTO ACADÉMICO No. 2

En: Ibagué el día: 30 del mes de enero del año 2019

Se reunieron en la Corporación Universitaria Minuto de Dios Vicerrectoría Tolima Magdalena Medio; el coordinador(a) Académico, coordinador(a) de Investigación, coordinador(a) de Programa de Posgrados y Educación Continua, quienes presiden la sesión de sustentación junto con las personas que se relacionan a continuación:

ASISTENTE	NOMBRE DE ESTUDIANTE:	Guillermo Cruz Sierra
	CEDULA:	93409707

ASESOR	NOMBRES Y	Luis Felipe Lozada Valencia		
	NUMERO CEDULA	1110472779	EXPEDIDA EN	Ibagué
	NUMERO DE CELULAR	3174004104	NUMERO TELEFONO	

JURADOS	PRIMER JURADO			
	NOMBRES Y	Daniel Felipe Orjuela Ramírez		
	NUMERO CEDULA	1110518335	EXPEDIDA EN	Ibagué
	NUMERO DE CELULAR	3132434196	NUMERO TELEFONO	2780603
	SEGUNDO JURADO			
	NOMBRES Y	Adrián González		
	NUMERO CEDULA	1110485220	EXPEDIDA EN	Ibagué
	NUMERO DE CELULAR	3152986195	NUMERO TELEFONO	
	TERCER JURADO			
	NOMBRES Y			
	NUMERO CEDULA		EXPEDIDA EN	
	NUMERO DE CELULAR		NUMERO TELEFONO	

Para escuchar la sustentación del trabajo de grado del estudiante: Guillermo Cruz Sierra

C.C. 93409707 De: Ibagué

Quien presentó el trabajo académico titulado: Propuesta Para La Elaboración De Ladrillos Ecológicos Con Base A Cascarilla De Arroz En La Ciudad De Ibagué

Realizada la sustentación, el docente asesor o jurado considera que el trabajo de grado si cumple con el rigor académico y merece una nota de (4.4), y, en consecuencia, manifiesta que su autor ha cumplido con este requisito para obtener el título de: Especialista en Gerencia de Proyectos

Para constancia firman:



 Coordinador de Programa



 Director Académico

FORMATO 04
**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
 VICERRECTORIA TOLIMA MAGDALENA MEDIO**
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE PRODUCTO ACADÉMICO No. 3

En: Ibagué el día: 30 del mes de enero del año 2019

Se reunieron en la Corporación Universitaria Minuto de Dios Vicerrectoría Tolima Magdalena Medio; el coordinador(a) Académico, coordinador(a) de Investigación, coordinador(a) de Programa de Posgrados y Educación Continua, quienes presiden la sesión de sustentación junto con las personas que se relacionan a continuación:

ASISTENTE	NOMBRE DE ESTUDIANTE:	Luis Fernando Díaz Prada	
	CEDULA:	93413865	

ASESOR	NOMBRES Y	Luis Felipe Lozada Valencia		
	NUMERO DE CEDULA	1110472779	EXPEDIDA EN	Ibagué
	NUMERO DE CELULAR	3174004104	NUMERO TELEFONO	

JURADOS	PRIMER JURADO			
	NOMBRES Y	Daniel Felipe Orjuela Ramírez		
	NUMERO DE CEDULA	1110518335	EXPEDIDA EN	Ibagué
	NUMERO DE CELULAR	3132434196	NUMERO TELEFONO	2780603
	SEGUNDO JURADO			
	NOMBRES Y	Adrián González		
	NUMERO DE CEDULA	1110485220	EXPEDIDA EN	Ibagué
	NUMERO DE CELULAR	3152986195	NUMERO TELEFONO	
	TERCER JURADO			
	NOMBRES Y			
	NUMERO DE CEDULA		EXPEDIDA EN	
	NUMERO DE CELULAR		NUMERO TELEFONO	

Para escuchar la sustentación del trabajo de grado del estudiante: Luis Fernando Díaz Prada
 C.C. 93413865 De: Ibagué

Quien presentó el trabajo académico titulado: Propuesta Para La Elaboración De Ladrillos Ecológicos Con Base A Cascarilla De Arroz En La Ciudad De Ibagué

Realizada la sustentación, el docente asesor o jurado considera que el trabajo de grado si cumple con el rigor académico y merece una nota de (4.4), y, en consecuencia, manifiesta que su autor ha cumplido con este requisito para obtener el título de: Especialista en Gerencia de Proyectos

Para constancia firman:



Coordinador de Programa



Director Académico

CONTENIDO

RESUMEN DEL PROYECTO	13
INTRODUCCION	16
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	17
1.1 Planteamiento del problema de investigación y su justificación	17
1.2 Antecedentes y delimitación del problema	19
2. JUSTIFICACIÓN	30
3. ESTADO DEL ARTE	32
4. OBJETIVOS	37
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	37
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	37
5. MARCO DE REFERENCIA	38
5.1 MARCO HISTÓRICO	41
5.2 MARCO TEÓRICO	43
5.3 MARCO CONCEPTUAL.....	48
5.4 MARCO LEGAL.....	51
6. ASPECTOS METODOLOGICOS.....	54
6.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	54
6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	54
6.3 FASES METODOLOGICAS	55
7. RESULTADOS	60
7.1 APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA POR FASES.....	60
7.1.1 FASE 1: Caracterizar los materiales a utilizar para la elaboración de ladrillos ecológicos a base de cisco de arroz en la ciudad de Ibagué.....	60
7.1.2 FASE 2: Establecer el diseño de mezcla adecuado que presente las mejores condiciones de materiales.....	72
7.1.3 FASE 3: Determinar el proceso de elaboración de los Bloques y/o Ladrillos ecológicos y ejecutar labores de producción en las instalaciones apropiadas.	76
7.1.4 FASE 4: Consolidación y análisis de resultados	93
8. CONCLUSIONES.....	96
9. RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFIA	99

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Generación de emisiones y consumo de energía en diversas partes del ciclo de vida de la producción de Concreto.....	366
Tabla 2. Dosificaciones para la producción de diferentes materiales de construcción.....	43
Tabla 3. Clasificación según la característica del cemento.....	46
Tabla 4. Tabla de composición química de cascarilla de arroz.....	47
Tabla 5. Densidad de los Bloques de concreto.....	51
Tabla 6. Ensayo de Granulometría Muestra 1.....	66
Tabla 7. Ensayo de Granulometría Muestra 2.....	67
Tabla 8. Ensayo de Granulometría Muestra 1.....	68
Tabla 9. Ensayo de Equivalente de Arena Muestra 1.....	69
Tabla 10. Ensayo de Equivalente de Arena Muestra 2.....	70
Tabla 11. Ensayo de Equivalente de Arena Muestra 3.....	70
Tabla 12. Ensayo Azul de Metileno.....	71
Tabla 13. Dimensiones y Resistencia de Ladrillos.....	73
Tabla 14. Dimensiones y Resistencia de Bloques.....	73
Tabla 15. Requisitos de resistencia a la compresión, absorción de agua y clasificación de peso.....	75
Tabla 16. Flujograma de actividades.....	87
Tabla 17. Resistencia de bloque y/o ladrillos comunes en Ibagué.....	95
Tabla 18. Pruebas de Compresión a Ladrillos Ecológicos.....	95
Tabla 19. Pruebas de Compresión a Bloques Ecológicos.....	95

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Prensa Hidráulica de Ladrillos Ecológicos.....	14
Ilustración 2. El imparable aumento de la población mundial.....	19
Ilustración 3. Contaminación Industrial.....	20
Ilustración 4. Todo lo que tienes que saber sobre edificios sustentables.....	21
Ilustración 5. Ladrillos ecológicos y al estilo lego se construye una casa.....	22
Ilustración 6. Ladrillos a base de plásticos reciclados.....	23
Ilustración 7. Las casas de ladrillos de plástico tipo LEGO que podrás construir tú mismo....	24
Ilustración 8. Ladrillo ecológico basado en residuos de construcciones.....	25
Ilustración 9. Ladrillos hechos con pasta de papel reciclado.....	26
Ilustración 10. Ladrillos y adoquines hechos con cenizas de termoeléctricas.....	27
Ilustración 11. Cascarilla de arroz molida y procesada para formar parte del concreto utilizado en construcción de viviendas.....	28
Ilustración 12. Cascarillas de arroz: restos del trillado	46
Ilustración 13. Ladrillos que contienen ceniza de carbón, escoria siderúrgica y escoria de cobre.....	48
Ilustración 14. Apariencia de la cascara del arroz.....	50
Ilustración 15. Prefabricados de cemento Prodelcag Ubicado en la Cra 5ª con calle 103 esquina.....	61
Ilustración 16. Bloques El Sol - Cl 20 sur # 21-08 Llano Largo.....	62
Ilustración 17. Bloques El Sol - Cl 20 sur # 21-08 Llano Largo.....	63
Ilustración 18. Mezclado y transporte de material.....	63
Ilustración 19. Vibrado y moldeado.....	64
Ilustración 20. Almacenamiento y Curado.....	64
Ilustración 21. Curva Granulométrica Muestra 1.....	66
Ilustración 22. Curva Granulométrica Muestra 2.....	67
Ilustración 23. Curva Granulométrica Muestra 3.....	68
Ilustración 24. Clasificación según peso de mampostería Estructural	74

Ilustración 25. Comparación de curvas de Resistencia de cada una de las mezclas de los Bloques.....	75
Ilustración 26. Comparación de curvas de Resistencia de cada una de las mezclas de los Ladrillos.....	76
Ilustración 27. Prensa Hidráulica.....	81
Ilustración 28. Mezcladora Horizontal.....	83
Ilustración 29. Plano general de la Planta.....	86
Ilustración 30. Mezcladora de cilindro.....	88
Ilustración 31. Banda transportadora.....	88
Ilustración 32. Maquina vibro moldeadora.....	89
Ilustración 33. Elementos utilizados en la fabricación de los ladrillos ecológicos.....	89
Ilustración 34. Análisis de peso y volumen de los elementos a utilizar en la mezcla.....	90
Ilustración 35. Mezclado de materiales de acuerdo a las dosificaciones establecidas para ladrillos.....	90
Ilustración 36. Mezclado de materiales de acuerdo a las dosificaciones establecidas para ladrillos.....	91
Ilustración 37. Moldeado y compactación del material para fabricación de ladrillos.....	91
Ilustración 38. Vibro moldeado para la fabricación de Bloques.....	91
Ilustración 39. Moldeado y compactación para la fabricación de Ladrillos.....	92
Ilustración 40. Toma de medidas y resultados.....	93
Ilustración 41. Toma de ensayos de compresión.....	94
Ilustración 42. Rotura y ensayos de compresión.....	94

RESUMEN DEL PROYECTO

En esta investigación se realiza un análisis acerca de las alternativas para reemplazar el ladrillo y/o bloque que comúnmente se ven en el mercado de la construcción, una de estas opciones es la no utilización de cocción en la elaboración de los mismos, donde encontramos que las emisiones de CO₂ aportadas en este proceso a la atmosfera son demasiadas teniendo en cuenta los combustibles fósiles utilizados, dentro de este aspecto llegamos a la conclusión de buscar un elemento que sea útil, económico y fácil de conseguir en nuestro territorio, para lograr llegar a él, se investiga entonces los posibles sustitutos que ayuden a aligerar y ser utilizados en la mezcla a realizar para la elaboración de bloques o ladrillos sustitutos de los convencionales.

Por lo tanto se referencian cuatro opciones que pueden ayudar en este proyecto, dentro de los cuales encontraron el Cisco o cascarilla de Arroz, Cábamo, Cascara de cacahuete (maní) y PVC o Material Plástico Reciclado.

En lo referente al cáñamo, se sabe que su materia prima es la planta del cannabis (marihuana) la cual en muchos países de Europa es muy utilizada en la elaboración de textiles, pero en Colombia por problemas legales su cultivo es resistido y por ende difícil para su consecución.

Respecto a la cascara de Cacahuete (maní), se tiene como una segunda opción la planta originaria de este continente pero de poca difusión en Colombia, siendo el departamento de Antioquia uno de los únicos en sembrar este producto y como cosecha transitoria.

Por último se encuentra Material Plástico proveniente de desechos del mismo (reciclado), el cual se consigue a mucho menor precio que el material virgen de la misma calidad, lo que nos frenó para este proyecto a pesar que el material sería muy bueno, es que ya en Colombia habían desarrollado y patentado el mismo años atrás.

Sobre las bases de las ideas expuestas, se llega a la conclusión que la cascarilla de arroz al ser una materia prima de fácil consecución en la región, debe ser la escogida para este proyecto.

Aparte que la Cascarilla de Arroz sirve como material de conformación para los Bloques o Ladrillos Ecológicos, también se ayuda al Medio Ambiente, esto debido a que las arroceras de la región para deshacerse del mismo, producen enormes quemas, emitiendo igualmente cenizas que son contaminantes del aire que se respira.

La finalidad del presente proyecto se basa en la elaboración de un Ladrillo y/o Bloque Ecológico, que se realiza a partir del cemento, que es el material de uso principal en la construcción, la segunda es la arena, que como el cemento es ampliamente conocida en el sector de la construcción, por último el cisco o cascarilla de arroz, materia prima que es desechada y tomada como residuo industrial en algunos países y poco aprovechada en otros, de donde se tendrá que realizar varias pruebas piloto o experimentales, todo esto para ser mezclado con el agua que es el material que ayuda al cemento a cumplir su función de conglomerante hidráulico mediante un proceso químico y llegar a una mezcla óptima que garantice la resistencia adecuada, sin excederse en la utilización de materiales que resulten desproporcionados, originando gastos innecesarios en la elaboración, sin poder utilizar su medida exacta y aprovechar la cascarilla de arroz como elemento innovador.



Ilustración 1. Prensa Hidráulica de Ladrillos Ecológicos
Fuente: (Li, 2018)

Este Documento se compone de nueve Capítulos, el primer capítulo es el planteamiento, los antecedentes y la delimitación del problema. El segundo capítulo proporciona la justificación de la cual va tomando fundamento la presente investigación. El tercer capítulo

muestra el estado del arte. El cuarto capítulo son los objetivos de la presente investigación. El quinto capítulo es el marco de referencia, el cual otorga las teorías, antecedentes históricos y las regulaciones que puede delimitar esta investigación. El sexto es el aspecto metodológico que es el que expresa el desarrollo de la metodología para el presente estudio, el séptimo capítulo es el de los resultados, el cual evidencia todos los resultados obtenidos, por ultimo encontramos las conclusiones y recomendaciones que son el resultado final de toda esta investigación, encontrando las limitaciones adecuadas a la obtención de los resultados.

INTRODUCCION

La concepción de implementar una alternativa a la fabricación de ladrillos y/o bloques Ecológicos, surge del afán de ayudar al medio ambiente con la utilización de un material que en cualquier país es de desecho y que en Colombia es un material de fácil consecución, lo que ayudara a solucionar la consecución de uno de los materiales con mayor demanda en las construcciones civiles convencional de nuestro país, circunstancia que motiva brindar un producto que además de ecológico puede aliviar la carga económica brindando un producto de similar calidad.

Cuando se genera el auge en la construcción a nivel local y rural, se pudo evidenciar que uno de los productos de mayor consumo son los ladrillos, una condición necesaria para la elaboración de vivienda digna en el país es la materia prima para la construcción, entre estos materiales encontramos los ladrillos, convirtiéndose en el material más usado en la construcción junto con el cemento y el acero. Frente a ello se identifica una circunstancia que afecta la economía de la mayor parte de la población, dado el alto costo de los materiales.

Por otro lado la construcción es uno de los principales causantes del deterioro del medio ambiente; sus actividades consumen una gran cantidad de recursos y han contribuido considerablemente a fenómenos como la deforestación o la contaminación atmosférica.

Al unir los dos panoramas es necesario encontrar alternativas sustentables para la implementación de construcción de viviendas con materiales amigables con el medio ambiente, siendo los ladrillos de construcción uno de los más representativos en el consumo para este tipo de obras.

En ese contexto se percibe que al crear una innovación en los ladrillos y/o bloques ecológicos para el área de la construcción, que al ser diferenciado de los demás por ser ecológico, será más llamativo para el consumidor final.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema de investigación y su justificación

En el sector de la construcción los ladrillos son elementos indispensable para los diferentes tipos y sistemas constructivos implementados en viviendas edificaciones y carreteras, siendo estos los de mayor consumo por unidad, representado un componente con atributos funcionales y estructurales para sus diversas aplicaciones. En Colombia cerca del 90% de los suelos superficiales son arcillas y arenas, que a su vez son la materia prima para la elaboración de ladrillos, condición ventajosa para la explotación de insumos y constituyen el sustento para la industria ladrillera. De acuerdo a la revista especializada en construcción (CONSTRUDATA, 2017) para el 2017 Colombia alcanzo una producción 376.947 toneladas mensuales de ladrillo, es decir 4.523.367 al año.

En los años recientes la sustentabilidad de la producción ladrillera se cimento en la puesta en marcha de los dos últimos planes de desarrollo en donde se enfatiza en una política gubernamental que pretende disminuir las brecha entre las posibilidades reales de los ciudadanos de acceder a vivienda propia equiparando con subsidios y derogaciones los costos de préstamos hipotecarios con el canon de arrendamiento, esta intervención tiene como fin impactar el modelo de financiación de vivienda y en el caso de poblaciones sin posibilidad de ahorro o en circunstancias de vulnerabilidad la adquisición gratuita de la misma, en este contexto y de acuerdo al comportamiento del sector y dado la aprobación de vigencias futuras que garantizan el fortalecimiento y continuismo de estas políticas en los próximos 16 años se tendrá una demanda sostenible de materiales de construcción.

Como lo plantea (Guzenski, 2012) la construcción contribuye hasta en un 30% en las emisiones anuales de gases de efecto invernadero, consume hasta un 40% de la energía, extrae un tercio de los materiales del medio natural, genera el 40% de los residuos sólidos urbanos, consume un 12% del agua potable y ocupa el 12% del territorio del planeta, además económicamente es responsable del 10% del PIB mundial. Para el caso específico de la producción y disposición de ladrillos el impacto ambiental se evidencia en la extracción de

suelos, la combustión producida en la cocción de ladrillos y las emisiones producidas en la fundición de morteros, todas estas actividades altamente contaminantes, por otro lado el departamento del Tolima es uno de los principales productores agrícolas de arroz del país cultivo que genera como residuo la cascarilla de arroz, este es un residuo que es considerado como un elemento contaminante.

La cáscara de arroz que se obtiene de esta producción es un residuo agroindustrial, que por su baja densidad ocupa grandes volúmenes y crea una considerable dificultad a la hora de encontrar dónde depositarlo. Estos desechos provocan afectaciones al medio ambiente, debido a que los mismos son expulsados por la tolva a un lugar descampado y el aire se encarga de esparcirlo; el resto es recolectado y quemado al aire libre, generando una ceniza con alto contenido de sílice (SiO_2), muy contaminante para el suelo y el manto freático.

De acuerdo a lo anterior se generan afectaciones medioambientales como nubes de polvo y de partículas que sobrevuelan por toda la ciudad y se deposita en diferentes lugares, lo cual trae malestar a la población, la contaminación del aire en el interior de las viviendas a nivel local y regional y a la comunidad circundante; todo esto ocasiona afectaciones oftalmológicas, como la erosión corneal, que puede llegar a convertirse en queratitis (Santos Hernandez, 2015).

El panorama ilustrado plantea la necesidad de armonizar la producción de materiales de construcción a bajo costo, siendo este factor economizador que contribuye con las políticas gubernamentales para la generación de escenarios propicios que disminuyan el déficit habitacional del país pero que a su vez se generen mecanismos que incorporen elementos sustentables que mitiguen los efectos adversos medioambientales del sector de la construcción y aporten a la sostenibilidad de las actividades de índole civil necesarias para el mejoramiento socioeconómico de la población.

La creciente preocupación por la degradación medioambiental, la búsqueda de fuentes renovables de energía que sustituyan a los combustibles fósiles y las mejoras en la eficiencia energética, así como la necesidad de usar materiales de menor intensidad energética, estimulan los esfuerzos por encontrar materiales puzolánicos (Errasti Cabrera, 2012) reemplazantes para el cemento.

Una vez analizado todo lo anterior, el objetivo es la elaboración de morteros ligeros con cáscara de arroz para la elaboración de ladrillos o bloques, que presenten unos tiempos de

fraguado y resistencias mecánicas aceptables. De estos materiales se estudiarán algunas de sus propiedades físicas principales (densidad, resistencia a compresión).

Pregunta de investigación

Cuál sería la mezcla óptima estableciendo los porcentajes de los materiales a utilizar para la elaboración de ladrillos ecológicos a base de cisco de arroz en la ciudad de Ibagué.

1.2 Antecedentes y delimitación del problema



Ilustración 2: El imparable aumento de la población mundial

Fuente: (Alvarez B. C., 2013)

La población mundial está creciendo a un ritmo acelerado y con ello la contaminación ambiental, en este punto el ser humano está preocupado por darles un mejor uso a estos residuos por medio del proceso del reciclaje, el cual consiste en aplicarle un proceso al material para que así este pueda ser reutilizado y disminuir el uso de los recursos naturales (Castels, 2000). Una de las estrategias empleadas para reciclar, es la denominada tres erres (3R) ecológicas para reducir el volumen de residuos o basura generada, propuesta por Greenpeace (organización ecologista). Es decir, las 3R pretenden desarrollar hábitos de consumo responsable y te concientizan a tirar menos basura, ahorrar dinero y ser un consumidor más responsable (Seisdedos, 2014). Como

consecuenc
planeta, ya
estos gener
usa mucho



minantes del
esechos que
rillo, la cual
tinez, 2014).

Ilustración 3: Contaminación Industrial

Fuente: (Schatan, s.f.)

“En España y en otros países con recursos, muchos de los edificios de nueva construcción están diseñados bajo la conciencia del cambio climático, con sistemas de ahorro de energía y por lo tanto bajas emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. Esta situación comienza a ser indispensable en cualquier modelo productivo. En los países económicamente más desfavorecidos esta problemática pasa a un segundo plano por la carencia de recursos. La autoconstrucción con arcilla ha demostrado ser la respuesta más apropiada en varios países de Asia, África y América Latina, y quizás la solución que mejor aúna ambos dilemas” (Laguna, 2011).



Ilustración 4: Todo lo que tienes que saber sobre edificios sustentables
Fuente: (Neuman, 2016)

Según (Casanova, 2010) en Brasil, la primera obra con ladrillos ecológicos data de 1942, esto en las favelas donde predominaba la autoconstrucción, utilizado por las comunidades más pobres no buscando cuidar el medio ambiente, si no como respuesta a una necesidad, de igual manera afirma que “A diferencia de los ladrillos tradicionales, éstos no pasan por la quema en hornos de leña o gas durante su producción. Por ello, disminuyen hasta 90 por ciento la emisión de gases contaminantes, que provocan el calentamiento planetario”.

En Colombia, solo hasta el año 2012 en el departamento del Casanare, dos personas emprendedoras conscientes de la problemática ambiental y de la crisis de vivienda en nuestro país, se decidieron a trabajar en una empresa que aportara a la solución de las dos situaciones (Rivera, 2018), por lo que realizan ladrillos ecológicos tomando como ejemplo a países como Brasil y México que están aplicando este sistema desde varios años atrás.



Ilustración 5: ladrillos ecológicos y al estilo Lego se construye en Casanare
Fuente: (Rivera, 2018)

En el Departamento del Tolima actualmente no existe ninguna empresa dedicada a la fabricación de ladrillos ecológicos. Por esta razón, nace la idea de crear una fábrica destinada a la producción y comercialización de ladrillos ecológicos en la ciudad de Ibagué, orientada a disminuir los costos de construcción generando un beneficio directo a los grandes y pequeños constructores y mitigando a su vez, los impactos generados al medio medioambiente.

En la actualidad podemos encontrar diferentes TIPOS DE LADRILLOS ECOLOGICOS como resultado de los diferentes tipos de investigaciones.

LADRILLOS O BLOQUES FABRICADOS CON PLÁSTICOS RECICLADOS:

Se trata de un elemento constructivo portante para muros interiores y exteriores, prefabricados de tipo liviano. El producto se fabrica con plástico triturado, a partir de botellas de plástico (envases, tapas, etiquetas), cemento y agua. "Es más fácil de trabajar y no son tan frágiles como un ladrillo tradicional; es más limpio, dado que no necesita de un horno para su cocción, sino que le basta sólo con ponerlo al sol y a temperatura ambiente y se pueden añadir aditivos para mejorar sus características técnicas (Gaggino, 2008).



Ilustración 6: Ladrillos a base de plásticos reciclados

Fuente: (Construyored, 2017)

A su vez son más livianos que los ladrillos convencionales, mientras un ladrillo convencional pesa algo más de 2 kilos el ladrillo PET pesa 1,4 kg. Aunque a esta escala no suponga una grandísima diferencia en el conjunto de un cerramiento y de un edificio puede suponer una reducción significativa en la carga estructural y la posibilidad de utilizar una estructura más ligera (Ciencia y Cemento, 2015).

Según señalan los investigadores, el ladrillo fabricado a partir de botellas de plástico descartables presenta una serie de ventajas respecto al ladrillo tradicional de barro cocido:

- Proveen una aislación térmica cinco veces mayor que los ladrillos convencionales.
- Pesan un kilo menos que un ladrillo convencional.
- Al tener mayor aislamiento térmico, se pueden construir muros de menor espesor.

- Tienen buena resistencia al fuego, ya que los resultados del Ensayo de Propagación de la Llama lo clasifican como material Clase RE 2: material combustible de muy baja propagación de llama (ECOPORTAL, 2017).

Existe otro sistema de fabricación de bloques para la construcción a base de solo plástico el cual, se hace al fundir y mezclar varios tipos de plástico; cada uno les da propiedades diferentes a los ladrillos. Luego, por un proceso innovador de inyección, se obtienen esos ladrillos con la forma de "bloques de Lego" (Construyored, 2017).



Ilustración 7: Las casas de ladrillos de plástico tipo LEGO que podrás construir tú mismo.
Fuente: (Construyored, 2017)

Este tipo de ladrillos no requiere materiales adicionales para ‘pegarlos’ unos a otros, solo hace falta ubicarlos en la posición final y unirlos con un martillo. Al hacerlo las piezas quedan fijas”, explicó el arquitecto (El Tiempo, Las casas tipo lego que construye un colombiano, 2016)

LADRILLOS ECOLOGICOS BASADOS EN RESIDUOS DE CONSTRUCCIONES

El Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) diseñó un ladrillo ecológico con residuos de construcción (20minutos, 2016), para su fabricación se utilizan residuos de construcción como materia prima y energía solar para el secado, en vez de la cocción tradicional en ladrilleras. De acuerdo a lo que dice (Gaceta Digital,

2016) su elaboración se apegó a dos normas: la ambiental NADF-007-RNAT-2013, que establece la clasificación y especificaciones de manejo de residuos de construcción y demolición para optimizar y fomentar su aprovechamiento y minimizar su disposición final inadecuada. Por otro lado, la otra regla NMX-AA-164-SCFI-2013 es la que se refiere a los criterios y requerimientos ambientales mínimos para las edificaciones sustentables y solicita la minimización y reciclaje desde la planeación de la obra.

Este material ayudaría a combatir la sobreexplotación de bancos de materiales vírgenes y la contaminación atmosférica, pues el secado del "ecoladrillo" no genera emisiones como sucede en el caso de la cocción de tabique en hornos (Informador Mx, 2016).

La desventaja de los ladrillos ecológicos es que están empezando a entrar en el mercado y en algunas zonas aún no se consiguen y hay que pedirlos. También tienen otra desventaja derivada de lo nuevo de este producto y es que, de momento, no existen variedades decorativas como los convencionales para decorar fachadas, muros, jardines, etc. (Armas, 2015).



Ilustración 8: Ladrillo ecológico basado en residuos de construcciones
Fuente: (Gaceta Digital, 2016)

LADRILLOS ECOLOGICOS HECHOS DE PAPEL COMPLETAMENTE RECICLABLES

Científicos de la *Universidad de Jaén*, han publicado en la revista *Fuel Processing Technology* un estudio en el que se explorando la posibilidad de reciclar el material de desecho de las fábricas de papel para la producción de ladrillos (El Español, 2013). Por su parte

el proceso se ha logrado con la recogida de residuos de celulosa que produce una fábrica de papel cercana a la Universidad, así como los lodos procedentes de la depuración de sus aguas residuales. A estos componentes les unieron arcilla que se emplea en la construcción, y mediante prensado y extrusión en máquinas, obtuvieron en laboratorio pequeños ladrillos de una gran resistencia (La Razón, 2013). De igual manera el ladrillo de papel reciclado posee características interesantes como su baja conductividad térmica (especial para climas cálidos), es un aislante económico y ecológico (Revista Arqhs, 2013).

Por otro lado el portal La Brújula Verde afirma que son ladrillos ligeros y fuertes al mismo tiempo, ideales por tanto para lugares de riesgo sísmico y aunque resultan resistentes al agua y por ello, podrían formar paredes exteriores, lo cierto es que están orientados más bien a tabiques internos y muros (Alvarez, 2013).



Ilustración 9: Ladrillos hechos con pasta de papel reciclados
Fuente: (Alvarez, 2013)

LADRILLOS ECOLÓGICOS A PARTIR DE CENIZAS - LADRILLO DE CENIZA DE CARBÓN

Una empresa de origen Americano llamada Calstar, la cual se dedica a la fabricación de materiales sostenibles para la construcción, ha desarrollado un método para producir ladrillos más ecológicos logrando importantes reducciones del consumo energético y el impacto

medioambiental. Para ello utilizan la ceniza generada en centrales termoeléctricas de carbón, un residuo con un elevado impacto medioambiental y un alto coste asociado a su eliminación. El método desarrollado por Calstar permite transformar dichas cenizas en ladrillos (Servimedia, 2009).

Alrededor de 25 millones de toneladas de ceniza fina procedente de las citadas plantas generadoras de energía que son alimentadas por carbón, se reciclan, por regla general transformándose en aditivos para materiales de construcción tales como el hormigón, pero 45 millones de toneladas pasan a formar parte de la basura. Los ladrillos de ceniza fina son un modo de aprovechar parte de esa ceniza fina que no se emplea para nada, y además mitigan el impacto medioambiental derivado de la fabricación de ladrillos convencionales (Henry Liu, 2012). Por otra parte entendemos que la ceniza se convierte en el elemento clave, que reemplaza a la arena original de un ladrillo y luego se agregan otros componentes en menor cantidad. La mezcla se comprime y se fragua a temperatura ambiente (Revista Ei, 2015).



Ilustración 10: Ladrillos y adoquines hechos de las cenizas de termoeléctricas
Fuente: (Mena, 2017)

LADRILLO DE CENIZA VEGETAL COMPRIMIDA

Estos ladrillos ecológicos cuya base fundamental es la ceniza vegetal comprimida (VCP) tienen propiedades similares al ladrillo común, pero su resistencia térmica es superior y son

mejores aislantes (El Federal, 2015). También son muy conocidos los ladrillos de cáñamo y paja o de cáscara de cacahuete. En ambos casos obtenemos ladrillos muy resistentes con grandes propiedades aislantes, que nos ayudan a ahorrar en la factura de la calefacción y del aire acondicionado mientras cuidamos el planeta (Ana Isan, 2016).

El ingeniero John Forth, ha creado un ladrillo llamado Bitublock que es seis veces más resistente que el concreto, y está hecho de basura en un 100%. El Bitublock está compuesto de partículas de vidrio, escoria metalúrgica, lodo del alcantarillado, ceniza producida por los incineradores industriales y ceniza de combustible pulverizado de las centrales eléctricas que funcionan en el Reino Unido, todo esto conglomerado con un pegajoso betún (Edgar González, 2007), según su creador, es más resistente que el cemento. El nombre de este nuevo material es **Bitublock**, y el amalgama sobre el que se unen sus componentes es llamado **“bitumen”**, un betún de fórmula desconocida, secreto comercial celosamente guardado por sus inventores. Para tal efecto, el paso a seguir es, triturar los materiales que se van a utilizar en la construcción del bloque en cuestión y se introducen en un molde de cemento, seguidamente el pegamento. Después bastará con una cocción para que el bitublock se endurezca. Gracias al nuevo sistema se podrían recuperar y aprovechar miles de toneladas de desechos que en muchas ocasiones acaban en los lugares menos deseados contaminando nuestro medio ambiente (Xataka ciencia, 2007).



Ilustración 11: Cascarilla de arroz molida y procesada para formar parte del concreto utilizado en la construcción de viviendas

Fuente: (Andina, 2010)

De igual manera se encuentra el **LADRILLO DE CASCARA DE ARROZ**: es el resultado de un proceso de investigación de Alumnos de las carreras de Ingeniería Ambiental, Gestión Empresarial e industrial, los cuales han conformado un grupo para la creación del proyecto de producción de tabiques o ladrillos hechos a base de un desecho natural, la cáscara del arroz que es desaprovechado en la región tamaulipeca cercana a la Huasteca Potosina (Emsavalles, 2016). En cuanto a la utilización de este producto desecho, una de las muchas maneras de realizar un ladrillo de concreto fabricado a base de la cascarilla de arroz es: primero se incinera este insumo natural y luego es molido. Posteriormente, la ceniza resultante es mezclada en seco con cemento, arena gruesa y confitillo o piedra chancada pequeña. En esta primera mezcla, realizada en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNI, no se utilizan aditivos químicos, pero sí agua en proporción a los demás materiales empleados. La húmeda masa obtenida se vierte en moldes para luego al secarse lograr el producto final (Andina, 2010).

2. JUSTIFICACIÓN

Hoy en día, el gobierno nacional cuenta con un proyecto de subsidios de vivienda, los cuales son una “lotería” dados los escasos recursos asignados por familia, para la adquisición de vivienda propia y la creciente lista de postulantes que día a día aumenta más y más, haciendo que la asignación de subsidios sea cada día más difícil, debido a que postulantes antiguos y nuevos deban enfrentar una carrera para la asignación de recursos que dura entre 2 a 5 años.

Cuando las personas logran obtener dicho subsidio, se encuentra con un nuevo panorama frente a la adquisición de la vivienda, ya que los propietarios de las viviendas (constructores) les aumentan su valor, de tal manera que absorben completamente el subsidio otorgado y entregado por el gobierno, lo que significa que una vivienda que en el año 2010 podría costar alrededor de 40 millones, hoy en día cueste 90 millones, convirtiéndose esto en un beneficio para los constructores y obligando a las familias a adquirir costosos créditos

hipotecarios y quedando con una deuda a largo plazo. Es por esta razón que el mercado requiere de un producto más barato, sin que esto signifique pérdida de calidad, que sea asequible a cualquier hogar, ofreciendo las garantías que exigen las normas vigentes de construcción y amigable con el medio natural, minimizando los impactos causados al ecosistema, ya que la construcción es uno de los principales causantes del deterioro del medio ambiente y que permita tener un techo digno a las familias de más bajos recursos. (Laguna, 2011).

Sin duda uno de los negocios más importantes son los negocios de material de construcción, pues la demanda es siempre alta. No sólo son requeridos para la realización de nuevas obras, sino para procesos de arreglo, mejora y reconstrucción. Es así como el negocio de la fábrica de ladrillos ecológicos tiene un alto potencial de negocio con rendimiento, debido principalmente al estilo de un negocio futurista. (NEGOCIOS RENTABLES, 2017)

Comparado con otros materiales de construcción, la elaboración de estos ladrillos se sigue realizando de una manera prácticamente artesanal teniendo como único material extraño para su elaboración, una sencilla máquina que se encargara de prensar el material que compone este ladrillo.

Por lo tanto, aprovechando el bajo costo que se podría ofrecer por unidad que puede salir y la implementación de mano de obra de la zona, se lograra disminuir el costo final de la construcción, garantizando la calidad de la obra.

3. ESTADO DEL ARTE

La fabricación de ladrillos de arcilla requiere hornos que funcionen a altas temperaturas", dijo Henry Liu, adjudicatario de NationalScienceFoundation (NSF) y presidente de Freight Pipeline Company (FPC), que desarrolló los ladrillos. "Eso desperdicia energía, contamina el aire y genera gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global. En contraste, los ladrillos de ceniza volante se fabrican a temperatura ambiente. Conservan energía, cuestan menos fabricación y no contribuyen a la contaminación del aire ni al calentamiento global (NSF, National Science Foundation, 2007). Por ello (Luna-Cañas L.M, 2014) nos afirman que “La acumulación de residuos sólidos agroindustriales no administrados especialmente en los países en vías de desarrollo ha dado lugar a una creciente preocupación ambiental. El reciclaje de tales residuos como un material de construcción sostenible parece ser una solución viable no sólo al problema de la contaminación, sino también una opción económica para diseñar edificios verdes. El presente trabajo estudia la aplicación de varios residuos agroindustriales en la fabricación de ladrillos, que incluyen cáscara de cacao, aserrín, cáscara de arroz y caña de azúcar”.

Los bloques que están formados por fibras vegetales de cáñamo industrial, cal hidráulica natural y una mezcla de minerales, además de tierra procedente de las cuevas de Guadix. "Los componentes se mezclan, se prensan unos bloques macizos y se secan al aire, por lo que el consumo de energía en la fabricación es bajísimo" Entre las ventajas de estos ladrillos naturales está su componente aislante, lo cual hace que las viviendas hechas con cáñamo tengan las mismas características que las casas cuevas granadinas. "Las casas hechas de Cannabric tienen un elevado confort térmico, acústico y bioclimático. Estos ladrillos regulan las temperaturas y la humedad ambiental, como en una cueva pero con muros exteriores de tan sólo 30 centímetros de espesor", comenta la promotora de este nuevo tipo de ladrillo (Monika Brümmer, 2008)

Según la Facultad de Administración de la Universidad de los Andes (Garces, 2016) "El cultivo de cáñamo es ilegal en Colombia, como en la mayoría de países del planeta, por lo que hasta el momento en el país no es posible desarrollar una agroindustria en torno a esta planta. Esto se debe a que no han habido instituciones locales que investiguen las facultades de la planta y en cambio, se han impuesto erróneamente prohibiciones a partir de suposiciones no científicas, influenciadas por la cultura y los estigmas sociales", por lo que no pudo adoptar para este proyecto por más que tenga muchísimas propiedades favorables para el mismo.

Es por esto que de acuerdo a lo enunciado por (Fiorillo, 2014) "En Colombia sufrimos aún rescoldos y nostalgias de la bonanza marimbera, miramos todo lo que pudimos hacer y no hicimos. Y llevamos flores a nuestros miles de muertos."

Atendiendo estas consideraciones, al utilizarlos en la elaboración de los ladrillos, aumentamos de igual forma la calidad del medio ambiente.

Aunado a esto se observa que en países de Europa lo tratan como un material muy verde y ecológico, es por esto que el HEMPCRETE "mezcla de las palabras inglesas *hemp* (cáñamo) y *concrete* (hormigón), En primer lugar, **el cáñamo es un aislante bastante bueno**, pudiendo compararse los aislantes a base de cáñamo con los de lana de roca o vidrio sin salir perjudicados, por lo que confiere al hemcrete una propiedad aislante bastante considerable, por lo que es muy interesante para diseñar edificios con estándares de **arquitectura bioclimática**. Al unir fibras de cáñamo con cemento o cal, se obtiene un material con unas propiedades mecánicas que, si bien están muy lejos de las de un hormigón convencional, **son muy adecuadas para el uso que se le suele dar**, obteniendo resistencias características a compresión de **aproximadamente 0,9 MPa**, suficientes para un cerramiento. (Ochando, 2013)

Al mismo tiempo se investiga sobre la cascara del cacahuate, nativo de la parte tropical de América del sur, probablemente del Brasil o Perú, del cual “Colombia, un país rico en agricultura, también se ha ocupado tradicionalmente de cultivarlo, aunque no en grandes cantidades, ya que su cultivo representa bastante menos del 1% de los cultivos conocidos como transitorios. Con más investigación de la cual ya se está encargando el Instituto Colombiano Agropecuario, y desarrollo se podría incrementar, ya que es un cultivo que tiene muchísimas aplicaciones. Todavía en Colombia falta explotar mucho los usos que se le pueden dar; ya que del maní y sus derivados se puede obtener arena higiénica para gatos, papel, detergente, grasa para mecánicos, crema de afeitar, tinta y aceites. Ósea que hay muchos campos totalmente descuidados, y que retiene el crecimiento, usándose más que nada para el consumo local personal y familiar (Colombia Guías, 2013).

Por último, se investiga sobre el material plástico desechado, encontrando que es una buena alternativa pero que ya estaba realizada por un grupo de emprendedores de acuerdo a lo que dice el periódico El Tiempo “Una década atrás, el caleño Fernando Llanos, músico de vocación, amante de los instrumentos de cuerdas y del arte en sus diversas manifestaciones, intercambió su carro Caprice clásico por un trozo de tierra en Yacopí (Cundinamarca). Por primera vez, iba a ser dueño de su propia finca. Al llegar al edén que había adquirido, se encontró con una edificación elaborada en guadua.

“Se propone entonces construir un hogar mejor, pero las condiciones de las vías dificultaban el transporte de materiales. El camino para llegar a su terreno era tortuoso (le tomaba 8 horas, desde Bogotá). Necesitaba trabajar con un insumo liviano, fácil de llevar. Después de reflexionar, llegó a la idea de construir la casa en plástico. En una entrevista a la revista 'Coopserp', Llanos explicó que primero pensó en usar plástico virgen, pero se decantó por el reciclado cuando constató que costaba hasta 13 veces menos. Para Fernando, embarcarse en este proyecto fue todo un reto a sus 40 años, pues había enfocado sus estudios y su desarrollo profesional en música y teatro en varias instituciones. Así que tuvo que acudir a cursos en Sena para instruirse en el oficio de la construcción y del manejo de plásticos. Producto de un extenso camino de fallas y aciertos, concretó un bloque construido con residuos de plástico”. (El Tiempo, Colombianos crean casas con ladrillos de plástico reciclado, 2016)

Un aspecto muy importante es que esta nueva tecnología permite la autoconstrucción, con lo que mejora la calidad de vida de personas para las que el acceso a la vivienda convencional es prácticamente imposible" (Bär, 2006)

Con referencia a lo anterior, llama la atención la utilización del cisco proveniente del residuo del arroz, creando un elemento premoldeado de una mezcla de materiales naturales fusionados con cemento, similar en tamaño y textura al ladrillo común o visto y de menor peso, destinado a ser utilizado en construcciones de mampostería.

Sobre las bases de las ideas expuestas se habla de un **LADRILLO ECOLOGICO**, ya que no utiliza tierra fértil o madera para su elaboración, tampoco combustibles Fósiles tradicionales como el Carbón y el Petróleo ya que los hornos tradicionales de cocción de los ladrillos comunes suelen utilizar este tipo de combustibles para su elaboración

Por esto con el fin de realizar mejoras significativas en el proceso de producción y reducir el gran aporte de energía necesario para la fabricación de ladrillos puzolánicos. Numerosos estudios están desarrollando la incorporación de diferentes residuos en los ladrillos con el fin de disminuir el aporte de arcilla y la posibilidad de reducir las temperaturas de cocción (Laguna, 2011)

Todas las evidencias anteriores hacen recapacitar y buscar nuevas alternativas para la construcción en nuestro país, principalmente en la ciudad de Ibagué que es donde se piensa desarrollar este proyecto de investigación, el solo hecho de llegarle a las familias o a las grandes constructoras con este proyecto, que además de ser Ecológico, aliviaría el precio final del mismo y otorgaría un beneficio enorme al comprador final, en síntesis: *“al no tener tantos intermediarios el precio final se ve afectado a favor del comprador”*.

Por lo anterior se decantó esta investigación en la cascarilla del arroz que es un material que se consigue fácilmente en la región, siendo esto de gran utilidad por el costo del mismo, de lo que se puede decir según las estadísticas del DANE en el año 2017 en donde El área cosechada durante el mismo año de referencia, registró las 525.957 ha y corresponde a las mismas zonas que registraron las mayores áreas sembradas, la zona Llanos con una participación del 48,9 % (257.261 ha), Centro (Tolima y Huila) con una participación del 26,8 % (140.918 ha) y Bajo Cauca con una participación del 12,9 % (67.847ha), y La producción total nacional durante el 2016, llegó a 2.971.975 toneladas en paddy verde. La zona con mayor producción en paddy verde fue la zona Llanos con una participación del 45,8 % (1.360.541 toneladas) del total

nacional, le sigue la zona Centro con una participación del 34,0 % (1.011.453 toneladas) y la zona del Bajo Cauca con una participación del 8,8 % (261.759 toneladas). (DANE, 2016)

Durante el último año el consumo per cápita de arroz en Colombia es de 39 kilos según el DANE, e incluso de 44,2 kilos en el sector rural, según FEDEARROZ. Una cifra nada despreciable, pero que alcanza para posicionar al país como el más arrocero de la región, porque Perú está a la cabeza con un consumo de 54 kilos per cápita, un 20% de este peso se le atribuye a la cascarilla de arroz (CCA), un desecho producido a partir de este cultivo (Katherin Alfonso, 2017). De igual manera y según enuncia (Rodríguez Cabrera, 2017) *“La cascarilla representa aproximadamente una quinta parte de la producción de arroz bruto anual en el mundo. Con una gran disponibilidad de materias primas, que al adicionarse al cemento se convierte en una fuente económica”* pasando de ser un “desecho”, a un material altamente productivo, rentable y ambientalmente amigable con el planeta.

A la par (Errasti Cabrera, 2012) dice lo siguiente: El área sembrada de arroz mecanizado en el total nacional durante el segundo semestre de 2016 se incrementó en 14 por ciento frente al mismo periodo de 2015, al pasar de 156.310 hectáreas a 178.155.

Así las cosas, de acuerdo a lo que dice el Diario del Huila el Tolima es el segundo departamento a nivel nacional en rendimiento de producción de arroz *“el mayor rendimiento se registró en el departamento del Huila (7,8 t/ha), con un crecimiento del 12,5 % con respecto al segundo semestre de 2015; seguido por Tolima (7,4 t/ha) con un crecimiento del 7,6 % y Casanare (5,4 t/ha) con un crecimiento del 7,5”* (Diario del Huila, 2017)

Adicionalmente a todo lo anterior, merece la pena mencionar el impacto medioambiental que no se generaría elaborando ladrillos puzolánicos ecológicos en frío. Algunas fuentes independientes (Oti, 2008), indican que la fabricación tradicional de ladrillos cocidos tiene un coste energético de 4186,8 MJ por cada tonelada de ladrillos producidos con una temperatura de cocción entre 900 y 1200°C. Además, el proceso de cocción libera a la atmósfera alrededor de 202 kg de CO₂/tonelada (BDA, 2008).

Tabla 1. Generación de emisiones y consumo de energía en diversas partes del ciclo de vida de la producción de Concreto

	Combustibles fósiles y electricidad	Emisiones de CO₂	Emisiones de NO_x	Emisiones de metales pesados
Cemento	63%	79%	69%	88%

Fuente: (Vares, 1998)

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar una propuesta para la elaboración de ladrillos ecológicos a base de cisco de arroz en la ciudad de Ibagué

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los materiales a utilizar para la elaboración de ladrillos ecológicos a base de cisco de arroz en la ciudad de Ibagué
- Establecer el diseño de mezcla adecuado que presente las mejores condiciones de materiales.
- Determinar el proceso de elaboración del ladrillo ecológico a base de cisco de arroz en la ciudad de Ibagué

5. MARCO DE REFERENCIA

En el ámbito de la ingeniería civil la construcción de vivienda y edificaciones está condicionado a la implementación de procesos constructivos que involucra la iteración de diversos materiales que en conjunto tiene un comportamiento estructural que satisface los requerimientos de carga y las solicitaciones producidas por eventos sísmicos, eólicos y demás fuerzas naturales, con el paso del tiempo y a medida de la expansión demográfica surge la necesidad de implementar en las construcciones modernas sistemas de edificación eficiente a bajo costo, en este sentido Colombia en el año 2000 acogió la iniciativa de 189 países pertenecientes a la ONU que se proponen “realizar estudios de diferentes sistemas constructivos para soluciones de vivienda, a fin de apoyar las tareas concernientes a la medición y monitoreo de la pobreza y la desigualdad” (Rentería, 2012), la intención de esta iniciativa es suplir el déficit habitacional con el mejoramiento de las condiciones técnicas y ambientales.

Para el caso de las metodologías de diseño y construcción que tienen como eje central la utilización de ladrillos se puede realizar la división de estas metodologías de acuerdo a la funcionalidad y servicio, es así como se incorpora la terminología de mampostería estructural o no estructural. La mampostería no estructurales el método más utilizado a través de la historia de la ingeniería donde “civilizaciones como la egipcia, con sus pirámides, o la china y su

monumental muralla, dan testimonio de durabilidad y resistencia” (Molano Vergara, 2005), realizando aportes al patrimonio arquitectico de la humanidad. Como lo indica (Forero, 2015) esta tecnica “se define como un material compuesto, integrado por piezas naturales o moldeadas artificialmente, acopladas entre sí por un mortero adhesivo”

En la actualidad el Reglamento Colombiano de Construcción en su título abarca la metodología de diseño y construcción para mampostería estructural este documento representa el marco normativo en el cual las obras civiles se deben realizar para satisfacer requerimientos mínimos que garantizan la disposición de la construcción a parámetros de uso, funcionabilidad y resistencia, para establecer una aproximación técnica a la definición de mampostería estructural, podemos tener como referencia que este es un sistema “conformado por muros estructurales, dispuestos en dos direcciones ortogonales, unidos entre sí por medio de las placas de entrepiso, dando como resultado un funcionamiento en conjunto” (Marulanda, 2012) en consecuencia la normalización de los requerimientos mínimos, así como el conocimiento técnico de estas metodologías ha permitido masificar la implementación de este sistema para la construcción de casa y edificios.

Sin embargo a lo anterior el entendimiento de los factores y mecanismo involucrados en el funcionamiento estructural ha requerido de un continuo desarrollo científico, es por esto que (Berto, 2004) manifiesta que la modelación por elementos finitos es probablemente la mejor herramienta para analizar y entender el comportamiento real de mampostería dado que se puede caracterizar de manera independiente el mortero y los ladrillos, teniendo en cuenta sus diferentes propiedades mecánicas, sin la necesidad de realizar costosos ensayos de laboratorio, haciendo uso de modelos de elementos finitos de micromallas que sirven para calibrar modelos de macromallas, para el efecto, ha realizado un estudio paramétrico de paneles de mampostería por micromallas para simular el comportamiento del mortero y de los ladrillos, calibrando sus modelos por datos de pruebas experimentales obteniendo resultados satisfactorios.

Por otra parte (Zuchinni, 2002) muestra que las técnicas de homogenización de los materiales componentes de la mampostería representan una técnica muy útil para el análisis estructural. Para el modelo propuesto, se muestra que, hasta una relación de rigidez de mil de los materiales constitutivos de la mampostería, el error máximo en el cálculo de los módulos de elasticidad homogenizados es menor del cinco por ciento, asimismo (Toro, 2010) estudia el desarrollo de los modelos multi-escalas de celda unitaria para materiales cuasi frágiles

heterogéneos, considerando dos escalas de análisis: una escala media heterogénea que lleva a una escala macroscópica homogenizada.

Ya sea que sea que se evalué el comportamiento estructural de la mampostería por elementos finitos como lo plantea Berto, o se considere parámetros de rigidez y elasticidad de acuerdo a la homogenización de un sistema de materiales como lo postula Zuchinni o que se parta del análisis multi-escala de celdas unitarios de Toro, es inexorable remitirse a la unidad constitutiva de la mampostería, el ladrillo, como elemento necesariamente condicional en la implementación de metodología de diseño y construcción es así como a partir de desarrollo tecnológico de nuevos insumos y procesos de fabricación se pretende optimizar la características de resistencia y funcionalidad y que estos a su vez incorporen elementos que le permitan ser amigable con el medio ambiente.

Ya para el año 2015 se realizado un estudio para determinar las características de resistencia y funcionalidad de bloques de concreto no estructural con adición de residuos agroindustriales como la cascarilla de arroz, las ceniza de la cascarilla de arroz y las ceniza de las centrales térmicas de acuerdo al estudio realizado “Se lograron obtener bloques de concreto no estructurado con densidades promedio de 1,30 g/cm³, que presentan resistencias mecánicas que varían entre 0.358 y 1.439 MPa” (Fuentes Molina & Fragozo Tarifa, 2015).

Paralelamente en el ecuador se realizó un el análisis químico a residuos de la palma africana para determinar el desempeño de este elemento como insumo para la fabricación de ladrillos encontrado que “la fibra del raquis en la fabricación de ladrillos para fines de construcción es posible, ya que mejoran las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo convencional, además de disminuir costos de producción y el impacto negativo al ambiente” (Hidalgo, 2015).

En el año 2016 se desarrolló por el Instituto de Ingeniería México un ladrillo ecológico mediante un proceso sustentable teniendo como insumo residuos de construcción y la utilización de energía solar en el proceso de secado y cocción en donde se plantea que “La creación en serie de ladrillo ecológico podría satisfacer parte de la demanda nacional de ese material de construcción convencional” (Guzmán, 2016).

En estudios experimentales adelantados por la universidad Nacional de Trujillo en el Perú se implementó un sistema que permite la reutilización de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar como insumo para la elaboración de concretos de bajo costo encontrándose que

a una promoción del 5% de plástico PET la resistencia a la compresión simple aumenta de igual manera “ se determinó que conforme se aumenta el contenido de los residuos en el concreto su resistencia a la compresión disminuye” (Pari, 2016) y concluyendo que el costo unitario del concreto simple y el concreto conteniendo plástico PET, concluyéndose que efectivamente hay un ahorro con la incorporación de plástico PET en el concreto.

Esta dinámica de creciente innovación generada por el estudio e investigación para el desarrollo de sistemas, metodología y materiales de construcción son un punto de partida sólido que incrementa las posibilidades de éxito en desarrollo de mezclas de materiales arcillosos o arenón con residuos de cascarilla de arroz que brinden un factor económico favorable y que mejoren las características de resistencia.

5.1 MARCO HISTÓRICO

Para el caso de esta investigación, desde épocas muy antiguas existen muchos ejemplos que acreditan el uso que hacían de ellos los antiguos, del yeso, la cal, los betunes, etc. Los griegos y los etruscos conocían asimismo su uso. Se habla de un depósito para agua en Esparta construido con guijarros y argamasa, y las grutas sepulcrales de Tarquinio están embarradas de un estuco pintado. La necesidad habría hecho adaptar el uso del mortero y de los cementos a todos los pueblos (Torres, 2012). Es por esto que la utilización del mortero de concreto por los Romanos data desde a principios del año 200 a.c. con la finalidad de dar forma a las piedras usadas en la construcción de edificios en esa época. Durante el reinado del emperador romano Calígula en el año 37-41 d.c., pequeños bloques de concreto prefabricados fueron usados como material de construcción en la región cerca de lo que hoy se conoce como Nápoles, Italia. Sin embargo, mucha de la tecnología desarrollada por los romanos se perdió tras la caída del imperio en el siglo V. No fue sino hasta 1824 que el Inglés Joseph Aspdin, desarrolló el cemento Pórtland, que llegó a ser un componente esencial del concreto moderno (Colegio de Estudios Científico y Tecnológico de Chiapas)

La producción de ladrillos es en muchos casos una práctica artesanal realizada en diferentes países. La mayoría de la producción a nivel internacional se encuentra en el continente Asiático, por ejemplo en India hay más de 100.000 hornos, que producen entre 150 a 200

millones de ladrillos anuales y en Bangladesh casi 20 billones de ladrillos producidos anualmente y que han venido operando por más de un siglo; en Latinoamérica también se ha constituido una gran cantidad de industrias ladrilleras, se han estimado 300 en Chile, entre 8 mil y 10 mil en Perú, y aproximadamente 17.000 en México; en Colombia, se han identificado 1.378 industrias ladrilleras con 2.430 hornos distribuidos en 15 regiones del país (Norte de Santander, Boyacá, Caldas, Antioquia, Cundinamarca, Sucre, Valle del Cauca, Huila, Cesar, Guajira, Atlántico, Santander, Tolima, Cauca y Nariño) y de diferentes modelos tecnológicos para la cocción, los cuales se encuentran categorizados en hornos artesanales, intermitentes, semicontinuos y continuos (Buitrago Rojas, 2017, pág. 55).

Durante el año 2015, la CAEM ha realizado un nuevo trabajo de campo para validar la existencia y representatividad de las ladrilleras en los diferentes departamentos. A la fecha se cuenta con 1.378 registros en comparación con 989 que se tenían en 2013, una diferencia del 39% más en el número de datos adicionales. Gran parte de los nuevos datos están dados debido a que la CAEM recopiló información en departamentos que anteriormente no se habían incluido en el 2013. Esto permitió una mayor cobertura de la información nacional, logrando mayor cercanía a la realidad colombiana. Los departamentos incorporados fueron: Santander, Tolima, Caldas, Cauca, Sucre, Pasto, Cesar, y Guajira. La característica principal es que en dichos departamentos la producción no es muy representativa (a excepción de Cauca) con respecto a la de otras regiones el país l (CAEM, 2015).

Ahora bien, la fabricación de bloques de concreto depende del tipo de equipo de producción y de los procesos de curado, almacenamiento y despacho. Los equipos deben ser los adecuados en tamaño, tecnología y costos para el medio que se va a suministrar o el proyecto que se va a construir. Adicionalmente se debe cuidar lo siguiente:

- Los agregados deben ser de buena calidad, limpios, y con la granulometría correcta según el espesor de las paredes y tabiques de los bloques y la resistencia y la textura esperadas.
- Los otros materiales también se deben escoger con cuidado como los cementos, aditivos, y pigmentos, lo mismo que la forma de mezclarlos y su relación entre costo y efectividad.
- La dosificación de los materiales y del agua se debe hacer según las características esperadas para el bloque.

- Los agregados se introducen en una mezcladora, en las cantidades calculadas (en peso), y en una secuencia correcta. Allí se le agrega el agua y el cemento, en las cantidades calculadas.
- Los aditivos se adicionan en forma líquida en la mezcladora o mezclados con agua, en ambos casos, reemplazando parte de ésta.
- Los pigmentos se adicionan en polvo, gránulos o suspensión, directamente a la mezcladora.
- Según el tipo de bloque que se vaya a producir varía el proceso de mezclado en secuencia y duración, hasta obtener el concreto deseado, homogéneo en composición y color.
- La mezcla pasa a una máquina vibrocompresora, que moldea las unidades con vibración y compresión, usando mol-des precisos. Las unidades salen de la máquina sobre placas de acero, que se llevan a una cámara de curado, don-de se colocan en estanterías y se les aplica humedad por micro aspersión de agua durante 24 horas.
- Las unidades, que salen secas de las cámaras, se acomodan sobre estibas conformando cubos, los cuales se forran con láminas de plástico “estirable” para poder manejarlas más eficientemente.
- Los cubos se almacenan en arrumes, y se continúa su curado hasta que las unidades alcancen la resistencia adecuada. Luego se empacan para su despacho. (Concretodo, Como Construir con Concretodo, 2015)

5.2 MARCO TEÓRICO

Materiales

Para la realización de este proyecto, el material con mayor peso específico en la mezcla requiere de la utilización de suelos de origen aluvial con un considerable grado de meteorización que presenten una granulometría combinada entre materiales granulares tipo arenas y partículas de suelo fino de clasificación arcillosa y en una menor proporción de limos, complementariamente conforma la estructura mineral del bloque otorga condiciones de resistencia y forma, el cemento hace las veces de aditivo aglutinante que potencializa las características de resistencia conformación y la cascarilla que actúa como estabilizante y mejora la resistencia mecánica, este se utiliza de manera completa y pulverizada.

De los materiales constituyentes previamente mencionados se encuentra un producto industrial ampliamente comercializado para la construcción como lo es el Cemento, que de

acuerdo a los efectos prácticos del proyecto no representa una variable de consideración, por esto

Tabla 2. Dosificaciones para la producción de diferentes materiales de construcción.

MATERIAL	% ECOMATERIAL	% CEMENTO PORTLAND	% ADITIVO
<i>Eco-grouting</i>	49.7	49.7	0.6
<i>Eco-mortero ladrillo</i>	58.8	40.8	0.4
<i>Eco-ladrillo</i>	99.6	0.0	0.4
<i>Eco-mortero bloque</i>	64.3	35.2	0.5
<i>Eco-bloque</i>	59.6	40.0	0.4
<i>Eco-concreto 17.5 Mpa.</i>	50.0	50.0	
<i>Eco-concreto 21 Mpa.</i>	40.0	60.0	
<i>Estucos</i>	99.4	0.0	0.6

Fuente: Tecnologías desarrolladas y aplicadas, (Salazar)

Suelo: Arena Lavada

El suelo que se utiliza en esta investigación es de origen aluvial proveniente de los ríos del departamento del Tolima. La extracción de materia prima es el proceso mediante el cual se realizan las operaciones mineras de arranque, cargue y transporte del mineral al lugar donde se realiza el beneficio o maduración de la misma, junto con otras operaciones auxiliares. Se realiza de manera superficial, a cielo abierto, por intermedio de herramienta manual, para los efectos de Análisis Macroambiental y de acuerdo a la constitución de los ladrillos el insumo mayoritario son los suelos superficiales que para su utilización se enmarca en la normatividad ambiental de acuerdo a la **ley 685 de 2.001** donde se define que únicamente se constituye, declara y prueba el derecho a explorar y explotar minas de propiedad estatal, mediante el contrato de concesión minera, debidamente otorgado por la autoridad minera e Inscrito en el Registro Minero Nacional. Lo anterior sin perjuicio de los títulos mineros adquiridos con anterioridad a la vigencia del mencionado Código, los cuales rigen por las normas vigentes al momento de su expedición. (Ministerio de Minas, 2017) También, para los mismos efectos, son materiales de construcción los materiales de arrastre tales como arenas, gravas y las piedras yacentes en el cauce y orillas de las corrientes de agua, vegas de inundación y otros terrenos aluviales.

Para todos los efectos legales se consideran materiales de construcción, los productos pétreos explotados en minas y canteras usados, generalmente, en la industria de la construcción como agregados en la fabricación de piezas de concreto, morteros, pavimentos, obras de tierra y otros productos similares. También, para los mismos efectos, son materiales de construcción,

los materiales de arrastre tales como arenas, gravas y las piedras yacentes en el cauce y orillas de las corrientes de agua, vegas de inundación y otros terrenos aluviales. (Ministerio de Minas y Energía, 2001)

De tal manera y siguiendo la normatividad referenciada para efectuar el barequeo será necesario inscribirse ante el alcalde, como vecino del lugar en que se realice y si se efectuare en terrenos de propiedad privada, deberá obtenerse la autorización del propietario del predio y corresponde al alcalde del municipio de donde proviene el material, resolver los conflictos que se presenten entre los barequeros y los de éstos con los beneficiarios de títulos mineros y con los propietarios y ocupantes de terrenos.

Cemento

El cemento es un conglomerante hidráulico, es decir, es un polvo finamente molido, compuesto principalmente por silicatos de calcio y, en menor proporción, por aluminatos de calcio, que, mezclado con agua se combina, fragua y endurece a temperatura ambiente, tanto al aire como bajo el agua (Barbudo & Yepes, 2002)

Para este proyecto el cemento a utilizar en estos bloques y/o ladrillos ecológicos es el Cemento Portland, componente que según nos dice (Piqueras, 2013) El nombre se debió a que el color era parecido a la piedra natural de la localidad inglesa de Portland. Con este nuevo cemento, en 1828 Isambard K. Brunel obtuvo un hormigón con el que se repararon varias brechas aparecidas en el famoso túnel del Támesis en Londres, la producción de este cemento artificial a escala industrial tuvo que esperar. Fue Isaac Jonson el que, en 1840, puso en marcha la primera cementera del mundo, logrando cinco años más tarde la temperatura suficientemente elevada como para clinkerizar la mezcla de cales y arcillas empleadas como materia prima, transcurrido esto hacia finales del siglo XIX, algunos avances de la época propiciaron el empleo del cemento Portland para gran diversidad de aplicaciones. En este caso fue importante el desarrollo de la industrialización, la introducción de los hornos rotatorios para la calcinación, así como el molino tubular. De igual manera, a principios del siglo XX ya la industria del cemento experimentó un rápido crecimiento, debido además a los experimentos de los químicos franceses Vicat y Le Chatelier, como también al alemán Michaélis, quienes lograron producir un cemento de calidad homogénea. Todo lo anterior resume las principales condicionantes de

la elaboración del cemento Portland en grandes cantidades; para la industria de la construcción de principios de siglo y años posteriores (Vidaud, 2013).

En efecto se puede decir que El cemento Portland, es el conglomerante hidráulico de mayor importancia a pesar de que se le conoce desde hace poco más de cien años. Su uso es muy variado ya que puede ser utilizado en diversos tipos de proyectos de construcción al ser compatible con los materiales de construcción más comunes, además por su alta calidad todas las estructuras que se elaboran con este tipo de cemento pueden ser desencofradas muy rápidamente, al igual se le pueden adicionar acelerantes que activan el proceso del fraguado con mayor rapidez, de igual manera en la construcción de mampostería es tan importante y por lo mismo irremplazable para trabajos como:

- Lechadas
- Morteros para tabiques
- Bloques y/o Ladrillos
- Cimentaciones de muros
- Revestimientos

Tabla 3. Clasificación según la característica del cemento.

TIPO	CARACTERISTICA
1	Todo propósito
2	Resistencia a los sulfatos
3	Resistencia rápida
4	Bajo calor de hidratación
5	Resistencia a la acción de sulfatos pesados

Fuente: (Gallo O.G.O., 2003)

Cascarilla de Arroz

La cascarilla de arroz es un desecho agroindustrial que se produce en altos volúmenes en los lugares donde se siembra y se procesa la planta del arroz. Este deshecho, como se demostró se puede utilizar para la obtención de dióxido de silicio para el cemento y mejorar sus características mecánicas lo cual ha sido investigado por especialistas en distintas partes del

mundo, los cuales han notado el enorme potencial de este material como fuente alternativa en el campo de la construcción (Paez, 2006).



Ilustración 12. Cascarillas de arroz: restos del trillado.

Fuente: Autores

Tabla 4: Tabla de Composición Química de la cascarilla de Arroz

COMPUESTO	SiO ₂ (%)	CO ₂ (%)	AlO ₃ (%)
Superficie Externa	55.25	44.77	0.00
Superficie Interna	35.48	58.24	6.27

Fuente: (Paez, 2006)

Dentro de este análisis se encuentra que Colombia por ser un país rico en arroz y en especial el Tolima que es uno de los grandes productores a nivel nacional, es por esto que su uso común es como combustible por su valor calorífico (16.720 kJ/kg), y de esta manera puede producir energía eléctrica o simplemente calor. En el proceso de incineración, se generan a su vez humos contaminantes que contienen partículas peligrosas en suspensión para las personas (Ferreira Leitao, 2010), de la misma manera también es posible reutilizar esta cascarilla como fuente de generación de hidrógeno y metanol por gasificación (Muñoz, 2011).

Es por esto que La cáscara o cascarilla de arroz representa aproximadamente una quinta parte en peso del fruto recolectado, variando esta cantidad en función de las condiciones de cultivo y la variedad del arroz. Presenta un aspecto reticulado y sobre la parte superior de la lema suele extenderse una especie de filamentos, dependiendo de la variedad (N. Fuentes Molina, 2015).

Las principales propiedades físicas de la cascarilla de arroz y por lo mismo lo que la hace interesante para nuestro proyecto desde el punto de vista constructivo es: su baja densidad, aislamiento termo-acústico, abundancia y precio reducido principalmente en nuestra región.

Según (Gatani, 2010), el fraguado de mezclas de compuestos vegetales y cemento se retrasa con respecto a las mezclas de solo cemento, y esto ocurre probablemente debido a la presencia de algunos azúcares solubles en agua. La presencia de hemicelulosas tiene un efecto de retardo en el inicio de fraguado y pérdida de resistencia, debido a su solubilidad parcial en agua. De igual manera, se reconoce el efecto retardador en el fraguado del cemento portland por la presencia de lignina. Por ese motivo se han de desarrollar métodos para: a) reducir el movimiento de agua en sus poros; b) resolver cuestiones propias de la dosificación (relación agua/cemento, características del curado y del mezclado); c) conseguir la mineralización de la cáscara para asegurar su durabilidad (González de la Cotera, 1982). Es por esto que con el fin de abaratar costos en la producción de los cementos se han venido utilizando desechos industriales y agrícolas que presentan propiedades puzolánicas (Taylor, 1978)



Ilustración 13. Ladrillos que contienen ceniza de carbón, escoria siderúrgica, escoria de cobre.

Fuente: (Alejandro)

5.3 MARCO CONCEPTUAL

La industria del ladrillo es una de las más antiguas, se remonta casi 6.000 años (Zhang, 2013), debido a depósitos de arcilla naturales, los ladrillos de arcilla quemada se han usado ampliamente en la construcción alrededor del mundo. Sin embargo, también se observa que hay una escasez de arcilla en muchas partes del mundo. Para proteger el recurso de arcilla y el medio ambiente, algunos países como China han comenzado a limitar el uso de ladrillos hechos de arcilla (Xu Lingling, 2005)

Dentro de las investigaciones que se enmarcan en la elaboración de ladrillos Ecológicos, se pudo encontrar un estudio publicado por la National Science Foundation (NSF, National Science Foundation US, 2007), donde Cada año se reciclan aproximadamente 25 millones de toneladas de cenizas volantes de centrales eléctricas de carbón, generalmente como aditivos en materiales de construcción como el hormigón, pero 45 millones de toneladas se desperdician. Los ladrillos de ceniza volante encuentran utilidad en algunos de esos desechos y contrarrestan el impacto ambiental de la fabricación de ladrillos estándar.

Actualmente el ladrillo es una de las unidades de mampostería más acogedoras debido a sus propiedades. El proceso de cocción de ladrillos de arcilla genera un rango de gas de emisiones a la atmósfera. Estos gases incluyen vapor de agua (H₂O), oxígeno (O₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), azufre, dióxido (SO₂), amoníaco (NH₃), cloro (Cl₂) y flúor (F). Altas concentraciones, estas emisiones volátiles pueden ser fuentes serias de contaminaciones ambientales (Morgan, 1993). Por lo tanto, la innovación en el proceso de cocción es esencial para evitar el impacto ambiental del proceso de fabricación de ladrillos.

La construcción sustentable promueve diversos beneficios que se extienden más allá de su participación en el mejoramiento de las condiciones ambientales y mitigación del impacto ambiental, dado que representan el establecimiento de un nuevo orden de los principios básicos de diseño en todas y cada una de sus escalas. Dichos principios se fundamentan en sistemas y ciclos naturales, mayor dependencia en recursos locales, particularmente para la generación, distribución y uso de energía y agua, con dimensión social y proyección a futuro (Silvia de Schiller, 2003).

La utilización de carbón y la madera se usaron como combustible fuente para la quema/cocción de ladrillos. Durante la producción de ladrillos, contaminantes como los metales

pesados, se producen después del carbón y la madera quemada (Abdul Halim Farhad Sikder, 2016), esto indica que se puede afectar la concentración de metales pesados en los ladrillos y medio ambiente.

Para nuestro caso en particular utilizaremos la cascara de arroz que está en nuestra zona de influencia del proyecto de investigación.



Ilustración 14. Apariencia de la cascara de arroz

Fuente: Autores

Por otro lado, grandes concentraciones de sustancias tóxicas se emiten a la atmósfera durante el proceso de fabricación de materiales de construcción, que tiene un fuerte impacto ambiental negativo. Por consiguiente, cambios importantes con respecto a la conservación de recursos y el reciclaje de desechos mediante una gestión adecuada se está llevando a cabo en nuestras formas de vivir y trabajar, Por lo tanto, para satisfacer continuamente aumento de la demanda, los investigadores están incorporando sólidos Residuos para la fabricación de construcciones nuevas materiales para desarrollar soluciones alternativas sostenibles. Desde el

punto de vista del ahorro de energía y la conservación de recursos, el uso de constituyentes alternativos en la construcción materiales es ahora una preocupación global (Safiuddin, 2010).

De este modo al Mejorar los niveles de producción sostenibles implica una reducción y explotación de los recursos geológicos primarios, junto con un mejor desperdicio, gestión y eliminación mediante reevaluación de materiales residuales como recursos secundarios para ser utilizados en la producción de nuevos materiales. Conciencia de la enorme cantidad de residuos generados por la industria, procesos en una era de creciente preocupación ambiental han estimulado un creciente interés en la reutilización de residuos e investigación para el desarrollo de la construcción ecológica (Coletti, 2018).

Finalmente, al aprovechar todos los subproductos originados por nuestra creciente industria podemos llegar a un producto sostenible es por eso que (P. Raut, 2011) dice que “La acumulación de desechos industriales o agrícolas no administrados, especialmente en los países en desarrollo, ha dado lugar a una mayor preocupación ambiental. El reciclaje de tales desechos como un material de construcción sostenible parece ser una solución viable no solo para el problema de la contaminación sino también una opción económica para el diseño de edificios ecológicos. En vista de la utilización de material de desecho industrial y agrícola para el desarrollo de material de construcción sostenible, el presente documento revisa diversos materiales de desecho en diferentes composiciones que se agregaron a la materia prima a diferentes niveles para desarrollar ladrillos de creación de desperdicios (WCB). Se revisan varias propiedades físico-mecánicas y térmicas de los ladrillos que incorporan diferentes materiales de desecho y se sugieren recomendaciones como resultado del estudio. El enfoque revisado para el diseño y desarrollo de WCB utilizando residuos sólidos industriales es útil para proporcionar una posible solución sostenible”.

Tabla 5. Densidad de los bloques de concreto

CLASE	PESO MEDIANO	PESO NORMAL
Densidad, kg/m ³	1680 hasta menos de 1900	1900 o mas

Fuente: (Concretodo, Como Construir con Concretodo, 2015)

5.4 MARCO LEGAL

La constitución colombiana respecto a la elaboración de unidades de concretos como lo son los ladrillos o bloques de tipo estructural, los cuales constituyen un rol fundamental en la mampostería, se basa en la norma técnica Colombiana NTC 4026, que establece los requisitos para unidades de mampostería elaboradas con cemento, agua y agregados minerales con la inclusión o no de materiales aptos para la mampostería estructural (ICONTEC, Unidad Bloques y Ladrillos de concreto, para mampostería estructural. Norma Técnica Colombiana NTC 4026, 1997). La normatividad que rige actualmente la disposición y manejo de los residuos sólidos; de esta se destaca: **Ley 23 de 1973** que concede facultades al presidente de la república para expedir el código de los recursos naturales y de protección del medio ambiente, para la prevención y control de la contaminación al medio ambiente, la búsqueda del mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables y de la defensa de la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional (Ministerio de Ambiente, Ministerio de ambiente, 2018). **Decreto-ley 2811 de 1974** Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Ministerio de Ambiente, parquearvi.org, 2014) y **Artículos 79 y 80** de la Constitución Política de Colombia: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones (Congreso, 1993)

Por esto debemos tener en cuenta según lo dice (Minminas, 2016) en el **MANUAL DE EXPLOTACIONES DE CANTERAS** del Ministerio de Minas y Energía:

1. Los Estudios de impacto Ambiental (EIA) para la explotación de materiales de construcción y demás minerales, se rigen a través de la Ley 99 de 1993, resoluciones, decretos reglamentarios.
2. El órgano rector de la gestión pública ambiental y administrativa de los recursos naturales se encuentra en el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y en las Corporaciones Autónomas Regionales.
3. La minería en Colombia se rige por el Código de Minas Ley 685 de 2001.
4. El Ministerio de Minas y Energía mediante Decreto 4134 de 2011, crea la Agencia Nacional de Minería (ANM) para buscar mayor eficiencia en la administración del recurso minero y para que se encargue de los procesos de titulación, registro, asistencia técnica, fomento, promoción y vigilancia de las obligaciones emanadas de los títulos y solicitudes de áreas mineras.
5. Para la elaboración de los estudios del Programa de Trabajos y Obras (PTO) y los trabajos mínimos exploratorios, la Agencia Nacional Minera emitió la Resolución 0428 de junio 26 de 2013 "por medio de la cual se adoptan los términos de referencia y Guías Minero Ambientales junto con sus anexos".
6. Las Normas Reglamentarias y Complementarias. Son aquellas que van reglamentando en el tiempo la actividad minera y ambiental para el cumplimiento de la legislación así: leyes, decreto ley, decretos, resoluciones, entre otras.

6. ASPECTOS METODOLOGICOS

6.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El presente proyecto de INNOVACION se basó en un Enfoque **MIXTO**, ya que existe una relación entre los enfoques Cualitativo y Cuantitativo, combinándose en el proceso de investigación.

Desde el enfoque **CUALITATIVO** se deben elaborar entrevistas, en este caso específicas y bajo un método de investigación participativa ya que las personas a las cuales entrevistaremos, en este caso una población específica (grandes y pequeños constructores) quienes tendrán participación directa en este proyecto de investigación, con el fin de mirar las necesidades que presentan respecto al precio final de los ladrillos, explicándoles la ventaja con el medio ambiente al no elaborarlos en hornos, al mismo tiempo es **CUANTITATIVO** ya que se podrá basar en pruebas piloto y en ensayos, de los que se deben dar respuesta a los fenómenos presentados en los mismos, teniendo una explicación del comportamiento de estos ladrillos.

6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación que se desarrolla es No Experimental de diseño Transversal o Transaccional Descriptiva, porque se llevan a cabo muestreos donde se toman datos en un solo momento y se hace una medición única a cada uno de los ejemplos que se tomaron para la elaboración de los bloques o ladrillos, considerando variables determinadas y sus reacciones entre sí, esto para determinar sus evoluciones y poder juntarlas con otras mediciones para poder obtener alguna mejora teniendo un panorama más amplio.

Para esta investigación se tuvo que consultar autores previos para de nuestra parte poder analizar los posibles comportamientos y mejoras al producto que se busca realizar y mejorar en este caso.

Dentro de las variables que se manejaron en esta investigación y sus posibles variaciones están:

- Cemento porque dentro de los insumos es el más representativo económicamente.
- Cascarilla de arroz que es el elemento que para este proyecto puede mejorar la calidad y peso del bloque y/o ladrillo a elaborar.
- Agua que es el elemento que al mezclarse con el cemento forma una pasta que fragua y endurece, que finalmente es la otorga la resistencia y estabilidad aún bajo condiciones húmedas nuevamente.

Para llevar a cabo esta investigación no experimental se realiza el siguiente proceso con el fin de elegir las combinaciones óptimas hasta llegar a un bloque o ladrillo definitivo.

- Tener muy clara la pregunta de la investigación.
- Elaborar las posibles variables para el diseño.
- Realizar el experimento
- Analizar los resultados
- Obtener conclusiones
- Hacer recomendaciones

- Realizar un informe.

6.3 FASES METODOLOGICAS

Para llevar a cabo esta investigación se toma el enfoque a partir de una metodología MIXTA, en donde las variables de origen Cuantitativo se recogen por medio de pruebas piloto que se realizaron en la elaboración de los bloques y/o ladrillos donde se realizaron pruebas que miden la resistencia y comportamiento de los mismos respecto a los bloques y/o ladrillos convencionales, de la misma manera Cualitativas debido a que se debe hacer el análisis, descripción y observación al comportamiento del producto durante y después de su elaboración. Para el desarrollo de la presente investigación en primera instancia, se realizó un trabajo documental que permitió obtener la contextualización teórica de los procedimientos y mecanismos existentes, para la determinación de las propiedades y características de los materiales.

Por otro lado se efectuó un minucioso trabajo de planificación y estudio de los procedimientos de ensayos efectuados en el transcurso de la investigación.

Dentro de los aspectos técnicos tenidos en cuenta en esta investigación se determinan las siguientes fases para la ejecución y desarrollo de la elaboración de los bloques y/o ladrillos a base de cisco de arroz:

Fase 1: Caracterizar los materiales a utilizar para la elaboración de ladrillos ecológicos a base de cisco de arroz en la ciudad de Ibagué.

- **Selección de planta de fabricación de ladrillos y bloques de construcción para análisis de proceso de producción y diseños de mezcla.**

El primer paso que se lleva a cabo para el desarrollo de la investigación es determinar cuáles y cuantas son las plantas de fabricación de bloques y/o ladrillos con operación y distribución en la ciudad.

En segundo lugar se fija parámetros como criterios de selección, teniendo en cuenta que es necesario la comparación de los resultados obtenidos de las pruebas de los especímenes dispuestos, con relación a los productos semejantes disponibles en el mercado.

➤ **caracterización física de materiales granulares**

Con la obtención de las muestras procedentes de la fábrica seleccionada de acuerdo a los criterios consignados en la investigación, se procede con los ensayos de caracterización física de los materiales.

Granulometría. La granulometría es la primer prueba que se le realiza a las muestra para conseguir la clasificación de materiales y obtener la información de la distribución de los tamaños, que permitan la realización de ensayos posteriores. Las muestras pasan por un proceso de cuarteo que ayuda a la mezcla y representatividad del material. Adicionalmente se le practica un lavado por el tamiz N° 200 para cuantificar el peso del agregado fino que pasa por esta matriz. Todos los procedimientos de gradación se llevan acabo de acuerdo a la norma NTC 2240-N y 2240-T en donde es abstraen las franjas granulométricas que describen la distribución de tamaños adecuados para la mezcla de morteros.

Ensayos de Limpieza. Con el propósito de completar la clasificación de las muestras, se realiza ensayos de limpieza tales como:

Límite Líquido. Algunos suelos, especialmente los que tienen altos contenidos de arcillas, son susceptibles a tener cambios volumétricos que generan deformaciones pasticas. Con la realización del ensayo de límite líquido se obtienen las condiciones en las cuales un suelo cambia sus características de consistencia mostrando si este cambio puede llegar a incidir en la resistencia de la mezcla.

Límite Plástico. Es necesario determinar no solo la cantidad de suelo arcilloso sino qué también que tan plástico se puede tornar un material. El índice de plasticidad indica que la susceptibilidad de un suelo a presentar deformaciones plásticas.

Equivalente de Arena. En el ensayo de equivalente de arena se busca determinar la proporción de arena, arcilla y partículas perjudiciales que se encuentran en la fracción fina de las muestras. Este ensayo es considerado un procedimiento rápido y sencillo para identificar cuantitativamente la cantidad de suelos nocivos.

Azul de Metileno. De presentarse el caso que a que la fracción fina de los materiales seleccionados no satisfaga los parámetros mínimos en el ensayo de equivalente de arena se tendrá en consideración el ensayo de azul de metileno. Las especificaciones permiten clasificar los matariles que no cumplan con el equivalente de arena siempre y cuando los suelos nocivos no presenten una reactividad alta.

➤ **Caracterización física del cemento**

Peso específico del cemento: Para el caso de este material se realiza la determinación del peso específico del cemento, mediante la utilización de la norma ASTM C188-95 y AASTHO T-133, esto con el fin de tener un acercamiento más aproximando al peso específico relativo del cemento, teniendo como parámetro el peso de un volumen dado la exposición del material a cierta temperatura y condiciones de humedad.

Consideraciones en la manipulación y la utilización del agua y de la cascarilla de arroz. En el caso del agua como insumo para la realización de mezcla en la elaboración de concretos, se tiene como parámetro la norma NTC 3459 y para la manipulación del cisco (cascarilla) de arroz, se contempla un protocolo de manipulación del insumo consistente en realizar la verificación de la humedad natural, el grado de descomposición y segregación del material.

Fase 2: Establecer el diseño de mezcla adecuado que presente las mejores condiciones de materiales.

Dado que no existe una metodología que incorpore a las mezclas de concreto y mortero, porcionamientos de cisco (cascarilla) de arroz como elemento cementante y aligerante en la fabricación de bloques y ladrillos de construcción, fue necesario realizar una serie de pruebas

normalizadas de resistencia, teniendo como parámetro de entrada los porcionamientos de material granular y como variable de análisis la relación cisco (cascarilla) de arroz – cemento, para lo cual se realiza trabajos de mezcla en las instalaciones de la empresa de fabricación BLOQUES EL SOL.

El muestreo de especímenes se obtiene a través de la selección de 3 muestras aleatorias de un lote proveniente de la producción de la fábrica, para ensayar en laboratorio de acuerdo a la norma técnica aplicable.

Para los fines de la investigación, se propone 5 dosificaciones cisco – cemento con tres testigos por punto en donde se toma el promedio de las resistencias obtenidas. Esto aplicado para bloques y ladrillos.

Fase 3: Determinar el proceso de elaboración de los Bloques y/o Ladrillos ecológicos y ejecutar labores de producción en las instalaciones apropiadas.

Se emplea la caracterización de los procesos involucrados en la elaboración de bloques y/o ladrillos ecológicos.

Se implementa metodologías para optimizar el desarrollo de procesos, tiempos de producción y minimización de desperdicios.

Se propone método de elaboración de bloques y ladrillos ecológicos.

Fase 4: Consolidación y análisis de resultados.

Actividades:

- Elaboración de documentos.
- Se toman datos de resistencia y se realiza su respectivo análisis (a los 28 días después de elaborados que es cuando toman su resistencia ideal)
- Graficar, concluir y realizar las recomendaciones respectivas.

7. RESULTADOS

7.1 APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA POR FASES

7.1.1 FASE 1: Caracterizar los materiales a utilizar para la elaboración de ladrillos ecológicos a base de cisco de arroz en la ciudad de Ibagué.

- **Selección de planta de fabricación de ladrillos y bloques de construcción para análisis de proceso de producción y diseños de mezcla.**

De acuerdo al alcance de la investigación, se realiza la búsqueda de las plantas de fabricación y producción de ladrillos de la ciudad de Ibagué, para determinar cuál de ellas emplea procesos y produce bloques de construcción que se adapten a los parámetros del proceso de investigación.

Inicialmente y de acuerdo a los datos disponibles en las bases de información y directorios comerciales con alojamiento virtual, se obtiene que en la ciudad de Ibagué se ofertan productos de ladrillos, bloques y prefabricados, para la utilización en el área de la construcción de acuerdo a la siguiente relación.

- Ladrillera San Cristóbal
- Ladrillera santa fe

- Vallegres tejas y ladrillos S.A
- Bloques El Sol
- Prefabricados de cemento Prodelcag

En el caso de las ladrilleras San Cristóbal, ladrillera santa fe y Vallegres tejas y ladrillos S.A, se evidencia que el funcionamiento de las plantas de producción tienen sede en ciudades diferentes a Ibagué, encontrándose en el sector oferta de sus productos bajo la modalidad de distribución local, de tal manera que las mismas quedan descartadas para los procesos de inversión.

Prefabricados de cemento Prodelcag



relativa y permanente. La clasificación de este tipo de productos se da de acuerdo a la demanda de las mismas, que sería

relativamente estable. El proceso de producción de esta empresa se encuentra sujeto a la demanda periódica de estos elementos, sin que los mismos garanticen una producción continua y que se tenga una especificidad en los procesos de producción.

Ilustración 15. Prefabricados de cemento Prodelcag Ubicado en la Cra 5ª con calle 103 esquina
Fuente: (Google Maps, Google Maps, 2013)

El proceso de producción consiste en realizar la mezcla en sitio de los materiales porsionados, hasta obtener una mezcla maleable. Una vez se alcanza esta condición, el operario vierte la mezcla en moldes abisagrados en uno de sus vértices, que a continuación aplica vibrado a través de golpes con un mazo de goma a la formaleta y punzonamiento a la mezcla. Cumplido un periodo comprendido entre y 24 y 36 horas, se realiza el proceso de desencofrado almacenando los bloques en un sitio cubierto durante 48 horas de curado y posteriormente se realiza el depósito de los mismos en un área abierta, donde reciben hidratación constante durante aproximadamente 7 días.

A los bloques de construcción no se les realiza ningún tipo de pruebas o ensayos para determinar la capacidad de absorción de agua o de resistencia a cargas axiales o biaxiales, que permitan garantizar la calidad del producto.

Para el caso de la fábrica **Bloques El Sol**, se evidencia que cuenta con un sistema de producción de semi tecnificado, se utiliza maquinaria mecanizada de proceso semicontinuo. La mezcla utilizada para la fabricación de los bloques obedecía a la relación de 1:4 en donde la dosificación se obtiene de mezclar 1 porción de cemento por 4 de arena y en este caso el agua suficiente, para obtener una textura de la mezcla maleable sin que se cuantificara la cantidad de la misma lo que depende del criterio del operario. El material granular obedece a arena de rio lavada y seleccionada para el proceso de producción. La empresa cuenta con un stock de materiales y áreas adecuadas para su respectivo almacenamiento; En cuanto a la capacidad de almacenamiento, la empresa mantiene en su stock un aproximado de 2000 unidades disponibles para la venta. De acuerdo a lo manifestado por su propietaria, a los bloques se les realizan pruebas de resistencia sin que en el periodo de la investigación se pudiera constatar dicha información.



Ilustración 16. Bloques El Sol - Cl 20 sur # 21-08 Llano Largo
Fuente: Autores.



Ilustración 17. Bloques El Sol - Cl 20 sur # 21-08 Llano Largo
Fuente: (Google Maps, 2014)

El proceso de producción consiste en transportar el material granular (arena de río) y el cemento por medio de carretillas desde el lugar de almacenamiento hacia la maquina mezcladora

cilíndrica. Una vez realizada la mezcla, esta es depositada en una banda transportadora, la cual es la encargada de direccionar el material a las máquinas de fabricación de los bloques las cuales realizan la función de moldeado y vibrado. Posteriormente los bloques pasan al área de curado por aproximadamente catorce días aproximadamente, donde reciben hidratación periódica a través de vertimiento de agua con manguera. Una vez cumplido el tiempo de fraguado son acopiados a la intemperie, disponibles para la venta.



Ilustración 18. Mezclado y transporte de material

Fuente: Autores



Ilustración 19. Vibrado y moldeado

Fuente: Autores



Ilustración 20. Almacenamiento y curado
Fuente: Autores

De acuerdo a la información recolectada mediante las visitas realizadas a las empresas anteriormente descritas, se puede concluir que la planta de Prefabricados de cemento Prodelcag, carece de procesos e infraestructura mínima requerida para la fabricación adecuada de bloques de construcción que permita tener productos estandarizados acorde a los requerimientos del mercado.

La fábrica de Bloques El Sol cuenta con procesos de producción, infraestructura, áreas de almacenamiento, áreas de curado y stock de materiales acordes a los requisitos necesarios para el desarrollo del proyecto de investigación, “propuesta para la elaboración de ladrillos ecológicos a base de cisco de arroz en la ciudad de Ibagué”.

➤ **caracterización física de materiales granulares**

La caracterización de los materiales constitutivos de los bloques, se realiza de acuerdo a la naturaleza de los mismos y teniendo en cuenta las propiedades mecánicas y físicas de los insumos, de tal manera que se implementaron pruebas y ensayos de laboratorio de acuerdo a normas internacionales u homologables para Colombia como son las normas ASTM AASTHO, NSR 2010 y NTC.

Para la caracterización de los agregados granulares, se practican ensayos de granulometría y de limpieza, que si bien la norma NTC no especifica que se daba cumplir con una curva granulométrica estándar, es importante que la misma concuerde con la sugerencia granulométrica para la conformación de morteros consignada en la norma NTC 2240-N o NTC 2240-T, siendo la primera aplicable para suelos aluviales tal como los utilizados en el muestreo. Para los objetivos de la investigación es importante determinar la morfología de las partículas de los materiales y las condiciones de limpieza, para lo cual, se utilizó la clasificación de la USCS y la clasificación del sistema AASHTO obteniéndose los resultados plasmados en las tablas (1,2 y 3) donde se consigna que el porcentaje pasante por el Tamiz No 4 es superior al 95% de la muestra y el porcentaje pasante por el tamiz No 200 es inferior al 5% de la muestra, lo que indica que en todas las pruebas clasifica el material como arena y de acuerdo a los coeficientes de curvatura y uniformidad parámetros de la clasificación USCS, la misma es pobremente gradada (SP) y en cuanto a la clasificación AASHTO se considera que el material es una arena fina (A-3) no plástica.

Adicionalmente y de acuerdo a muestreo que se realiza, se puede determinar que la dispersión de los rangos entre los tamaños de las muestras son marginales, de tal manera que se puede concluir que la producción de los bloques se presenta materiales relativamente homogéneos.

Tabla 6. Ensayo de Granulometría Muestra 1.

UNIMINUTO		ELABORACION DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON BASE A CASCARILLA DE ARROZ EN LA CIUDAD DE IBAGUÉ							
UNIMINUTO		ENSAYO GRANULOMETRIA							
PROCEDENCIA:		FABRICA BLOQUES EL SOL-M1				LOCALIZACION		Calle 20 sur 21-08 , Llano Largo, Ibagué, Tolima	
TIPO DE AGRADO NO LIGADO:		ARENA DE RIO				FECHA		20/11/2018	
PESO SECO=		2.732				PORCENTAJE PASA			
Tamiz		Peso Retenido	% Retenido	% Ret acum	% Pasa	FRANJA	NTC 2240-N	NTC 2240-T	
2	50	0	0,0	0	100,0	si	100 - 100	100 - 100	
1 1/2	37,5	0	0,0	0,0	100,0	si	100 - 100	100 - 100	
1	25	0	0,0	0,0	100,0	si	100 - 100	100 - 100	
3/4	12,5	0	0,0	0,0	100,0	si	100 - 100	100 - 100	
3/8	9,5	0	0,0	0,0	100,0	si	100 - 100	1000 - 100	
No. 4	4,75	50	1,8	1,8	98,2	si	95 - 100	95 - 100	
No. 8	2,38	420	15,4	17,2	82,8	si	70 - 100	70 - 100	
No. 16	1,19	1200	43,9	61,1	38,9	NO	40 - 75	40 - 75	
No. 30	0,595	780	28,6	89,7	10,3	si	10 - 35	20 - 40	
No. 50	0,297	211	7,7	97,4	2,6	si	2 - 15	10 - 25	
No. 100	0,149	30	1,1	98,5	1,5		0 - 0	0 - 10	
No. 200	0,075	18	0,7	99,2	0,8				
FONDO		23	0,8	100,0	0,0				
SUMA		2.732	100						

Límite plástico (L.P)	NP
Índice plasticidad (IP)	NP
Clasificación AASHTO	A-3
Clasificación U.S.C	SP
% Pasa tamiz No. 200	0,8
% Fracción gruesa	99,2
50% fracción gruesa	49,6
% retenido tamiz No. 4	1,8

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$
$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}}$

Fuente: Autores

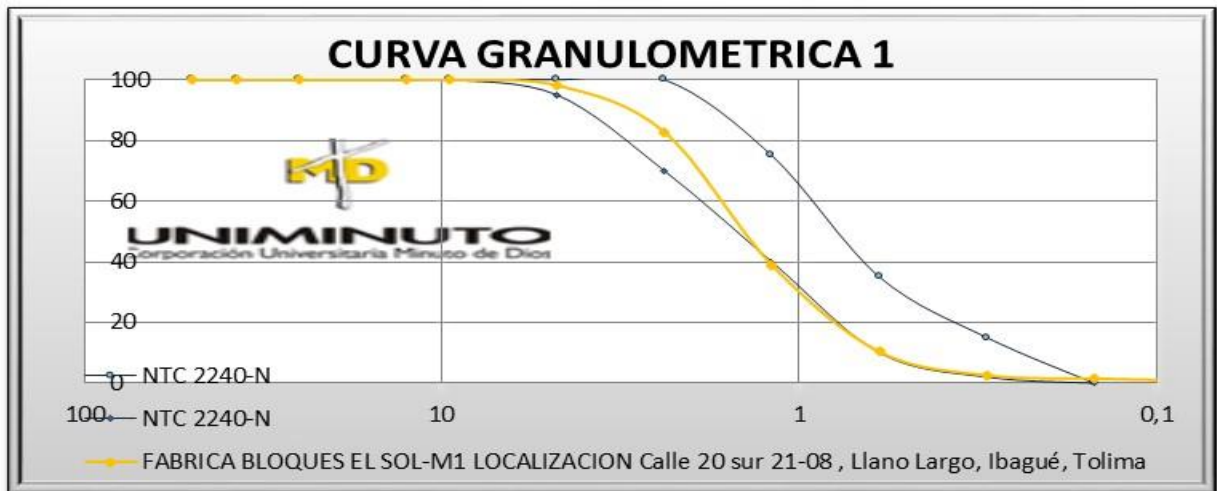


Ilustración 21. Curva Granulométrica Muestra 1.

Fuente: Autores

Tabla 7. Ensayo de Granulometría Muestra 2.

PROCEDENCIA:		FABRICA BLOQUES EL SOL-M2				LOCALIZACION		Calle 20 sur 21-08 , Llano Largo, Ibagué, Tolima		
TIPO DE AGRGADO NO LIGADO:		ARENA DE RIO				FECHA		20/11/2018		
PESO SECO=		2.998				PORCENTAJE PASA				
Tamiz	Peso Retenido	% Retenido	% Ret acum	% Pasa	FRANJA	NTC 2240-N	NTC 2240-T			
2	50	0	0,0	0	100,0	si	100 - 100	100 - 100	Límite plástico (L.P)	NP
11/2	37,5	0	0,0	0,0	100,0	si	100 - 100	100 - 100	Índice plasticidad (I.P)	NP
1	25	0	0,0	0,0	100,0	si	100 - 100	100 - 100	Clasificación AASHTO	A-3
3/4	12,5	0	0,0	0,0	100,0	si	100 - 100	100 - 100	Clasificación U.S.C	SP
3/8	9,5	0	0,0	0,0	100,0	si	100 - 100	1000 - 100	% Pasa tamiz No. 200	2,2
No. 4	4,75	180	6,0	6,0	94,0	NO	95 - 100	95 - 100	% Fracción gruesa	97,8
No. 8	2,38	630	21,0	27,0	73,0	si	70 - 100	70 - 100	50% fracción gruesa	48,9
No. 16	1,19	1280	42,7	69,7	30,3	NO	40 - 75	40 - 75	% retenido tamiz No. 4	6,0
No. 30	0,595	430	14,3	84,1	15,9	si	10 - 35	20 - 40		
No. 50	0,297	276	9,2	93,3	6,7	si	2 - 15	10 - 25		
No. 100	0,149	88	2,9	96,2	3,8		0 - 0	0 - 10		
No. 200	0,075	48	1,6	97,8	2,2					
FONDO		66	2,2	100,0	0,0					
SUMA		2.998	100							

Fuente: Autores

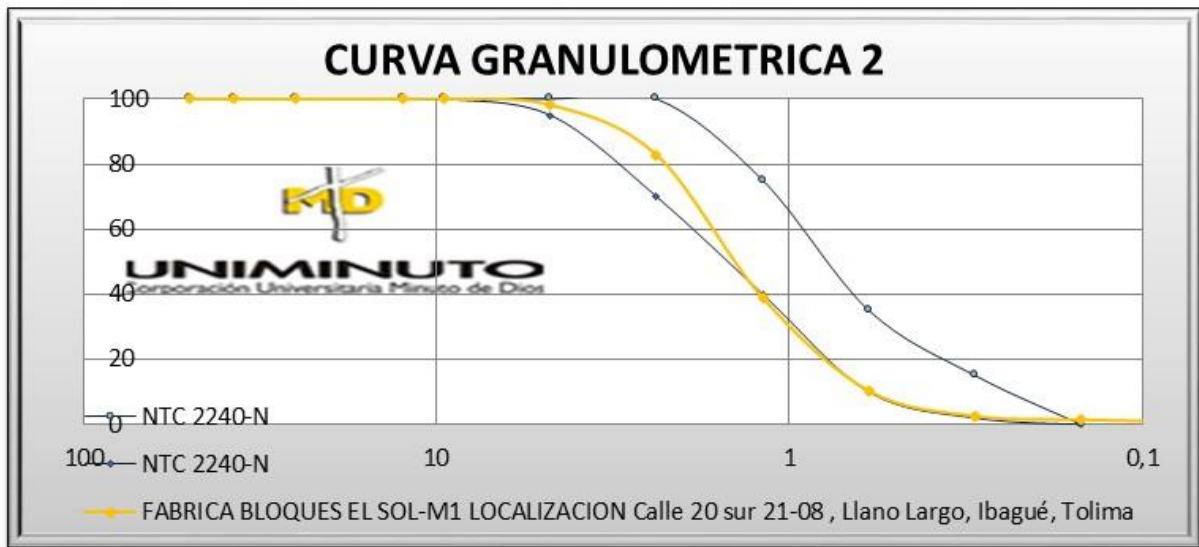


Ilustración 22. Curva Granulométrica Muestra 2.

Fuente: Autores

Tabla 8. Ensayo de Granulometría Muestra 3.

UNIMINUTO		ELABORACION DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON BASE A CASCARILLA DE ARROZ EN LA CIUDAD DE IBAGUÉ							
UNIMINUTO		ENSAYO GRANULOMETRIA							
PROCEDENCIA:		FABRICA BLOQUES EL SOL-M3				LOCALIZACION		Calle 20 sur 21-08 , Llano Largo, Ibagué, Tolima	
TIPO DE AGRGADO NO LIGADO:		ARENA DE RIO				FECHA		20/11/2018	
PESO SECO=		3.504				PORCENTAJE PASA			
Tamiz		Peso Retenido	% Retenido	%Ret acum	% Pasa	FRANJA	NTC 2240-N	NTC 2240-T	
2	50	0	0,0	0	100,0	si	100 - 100	100 - 100	
1 1/2	37,5	0	0,0	0,0	100,0	si	100 - 100	100 - 100	
1	25	0	0,0	0,0	100,0	si	100 - 100	100 - 100	
3/4	12,5	0	0,0	0,0	100,0	si	100 - 100	100 - 100	
3/8	9,5	0	0,0	0,0	100,0	si	100 - 100	1000 - 100	
No. 4	4,75	120	3,4	3,4	96,6	si	95 - 100	95 - 100	
No. 8	2,38	888	25,3	28,8	71,2	si	70 - 100	70 - 100	
No. 16	1,19	1350	38,5	67,3	32,7	NO	40 - 75	40 - 75	
No. 30	0,595	515	14,7	82,0	18,0	si	10 - 35	20 - 40	
No. 50	0,297	322	9,2	91,2	8,8	si	2 - 15	10 - 25	
No. 100	0,149	123	3,5	94,7	5,3		0 - 0	0 - 10	
No. 200	0,075	56	1,6	96,3	3,7				
FONDO		130	3,7	100,0	0,0				
SUMA		3.504	100						

Límite plástico (L.P)	NP
Índice plasticidad (I.P)	NP
Clasificación AASHTO	A-3
Clasificación U.S.C	SP
% Pasa tamiz No. 200	3,7
% Fracción gruesa	96,3
50% fracción gruesa	48,1
% retenido tamiz No. 4	3,4

$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$
$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$

Fuente: Autores

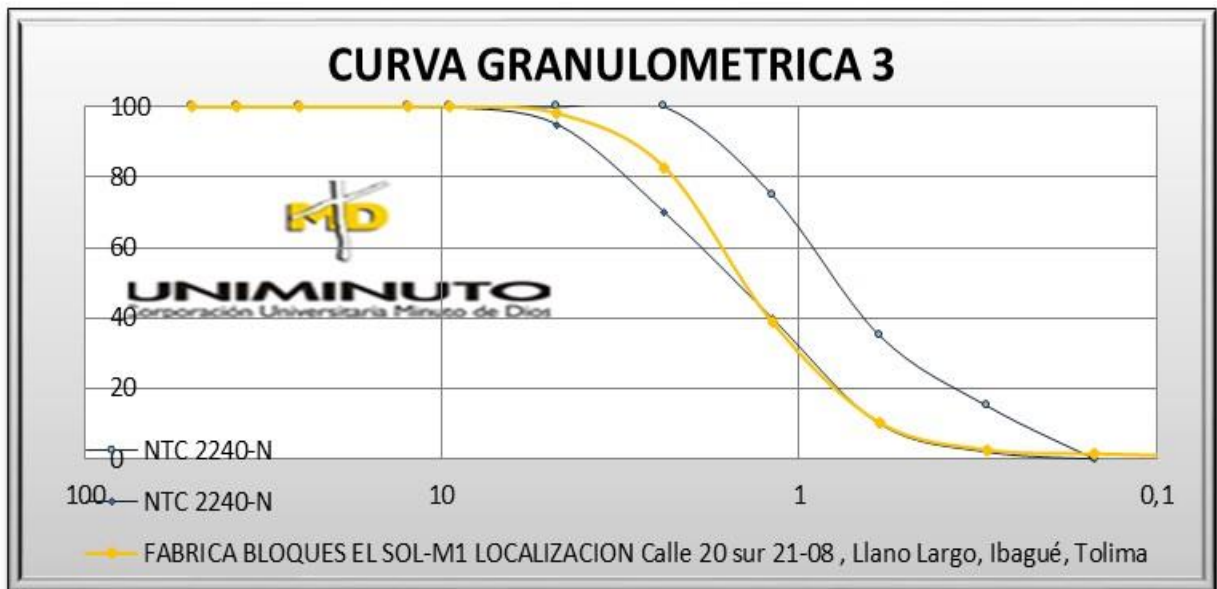



Ilustración 23. Curva Granulométrica Muestra 3.

Fuente: Autores

La curva granulométrica de la muestra 1 que se muestra en la Ilustración 21, con relación al porcentaje pasa del tamiz No 16, evidencia que el mismo no cumple con el rango mínimo consignado en la norma NTC 2240, al igual que la muestra 2 de la Ilustración 22, los porcentajes pasan en los tamices No 4 y No 16 están por debajo de las curvas de comparación. Para la muestra 3 de la Ilustración 23 el mismo caso sucede para el porcentaje pasa por el tamiz No 16, de tal manera que las muestras si bien tienen granulometrías relativamente homogéneas, no están contenidas dentro de las franjas granulométricas sugeridas en la norma NTC 2240-N.


Con la realización de los ensayos de límites de consistencia de ATTERBERG se complementó los resultados de las granulometrías de las muestras determinando que el material presenta características de no plasticidad.

Tabla 9. Ensayo de Equivalente de Arena Muestra 1.

 UNIMINUTO Corporación Universitaria Minuto de Dios		ELABORACION DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON BASE A CASCARILLA DE ARROZ EN LA CIUDAD DE IBAGUÉ						
ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA								
INV E - 133/02								
PROSENCIA:		FABRICA BLOQUES EL SOL-M1						
TIPO DE AGREGADO:		ARENA DE RIO						
LOCALIZACION:		Calle 20 sur 21-08 , Llano Largo, Ibagué, Tolima						
FECHA		21/11/2018						
ENSAYO N°			1			2		
PROBETA	No.	1	2	3	1	2	3	
LECTURA ARCILLA	(mm)	111,0	112,0	113,0				
LECTURA ARENA	(mm)	37,0	30,0	33,0				
EQUIVALENTE DE ARENA	(%)	33	26,8	29				
PROMEDIO	(%)	30						
CLASIFICACION INVIAS	NO CUMPLE							


Fuente: Autores.

Tabla 10. Ensayo de Equivalente de Arena Muestra 2.

		ELABORACION DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON BASE A CASCARILLA DE ARROZ EN LA CIUDAD DE IBAGUÉ					
ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA							
INV E - 133/02							
PROSENCIA:	FABRICA BLOQUES EL SOL-M2						
TIPO DE AGREGADO:	ARENA DE RIO						
LOCALIZACION:	Calle 20 sur 21-08 , Llano Largo, Ibagué, Tolima						
FECHA	21/11/2018						
ENSAYO N°		1			2		
PROBETA	No.	1	2	3	1	2	3
LECTURA ARCILLA	(mm)	98,0	99,0	100,0			
LECTURA ARENA	(mm)	36,0	37,0	38,0			
EQUIVALENTE DE ARENA	(%)	37	37,4	38			
PROMEDIO	(%)	37					
CLASIFICACION INVIAS	NT-1,2,3						

Fuente: Autores.


Tabla 11. Ensayo de Equivalente de Arena Muestra 3.

		ELABORACION DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON BASE A CASCARILLA DE ARROZ EN LA CIUDAD DE IBAGUÉ					
ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA							
INV E - 133/02							
PROSENCIA:	FABRICA BLOQUES EL SOL-M3						
TIPO DE AGREGADO:	ARENA DE RIO						
LOCALIZACION:	Calle 20 sur 21-08 , Llano Largo, Ibagué, Tolima						
FECHA	21/11/2018						
ENSAYO N°		1			2		
PROBETA	No.	1	2	3	1	2	3
LECTURA ARCILLA	(mm)	94,0	93,0	92,0			
LECTURA ARENA	(mm)	36,0	34,0	34,0			
EQUIVALENTE DE ARENA	(%)	38	36,6	37			
PROMEDIO	(%)	37					
CLASIFICACION INVIAS	NT-1,2,3						

Fuente: Autores.

Con el ensayo de equivalente de arena se evidencia que la muestra 1, tal como se ilustra en la Tabla 9, exhibe que el contenido de finos sobrepasa lo recomendable en las especificaciones NTC, de tal manera que se desarrolló el ensayo de azul de metileno (Tabla 12) de donde se obtiene que los suelos presentan una baja reacción nociva de las partículas arcillosas.

Tabla 12. Ensayo Azul de Metileno.

 UNIMINUTO Corporación Universitaria Minuto de Dios		ELABORACION DE LADRILLOS ECOLÓGICOS CON BASE A CASCARILLA DE ARROZ EN LA CIUDAD DE IBAGUÉ	
ENSAYO AZUL DE METILENO			
INVE-237-07			
PROSENCIA:	FABRICA BLOQUES EL SOL-M1		
TIPO DE AGREGADO:	ARENA DE RIO		
LOCALIZACION:	Calle 20 sur 21-08 , Llano Largo, Ibagué, Tolima		
FECHA	23/11/2018		
MUESTRA N°1			
CANTIDAD DE AGUA	(ml)	200	
AZUL DE METILENO	(mg)	1000	
CONCENTRACION DE LA SOLUCION	(mg/mm)	5	
MASA DE SUELO (PASA N°200)	(g)	10	
INCREMENTO DE LA SOLUCION POR CICLO	(ml)	0,5	
NUMERO DE	(und)	8	
VALOR DE AZUL DE METILENO	4		
CLASIFICACION INVIAS	NT-1,2,3		

Fuente: Autores.

➤ Caracterización física del cemento

Para el caso de este material se realizó la determinación del peso específico del cemento, mediante la utilización de la norma ASTM C188-95 y AASHTO T-133, esto con el fin de tener un acercamiento más aproximando al peso específico relativo del cemento, teniendo como parámetro el peso de un volumen dado la exposición del material a cierta temperatura. La utilidad de estos resultados está directamente relacionada con el diseño y control de mezclas en concreto. Los resultados obtenidos determinaron que el peso específico relativo del cemento

(PERc) fue igual a 3,18 bajo condiciones de temperatura de 25,8 °C, por lo cual el insumo no presenta signos de endurecimiento estando las partículas sueltas y en condiciones normalizadas para ser utilizadas en mezclas de concretos o morteros.

➤ **Consideraciones en la manipulación y la utilización del agua y del cisco (cascarilla) de arroz.**

De acuerdo a lo que consigna la norma NTC 3459, el agua utilizada en la elaboración de los morteros cumplía con las características de limpieza y cristalinidad, igualmente se verifico que la misma no tuviera cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, sales, materia orgánica y otras sustancias que pudieran afectar los morteros. Se verifico que el origen del líquido provenía de la planta de tratamiento del sector y la irrigación de la misma se hizo a través de una manguera que cumplía con los parámetros de inocuidad garantizando la no contaminación de dicho insumo.

El cisco (casarilla) de arroz utilizado, se obtuvo de una fracción sustraída de un empaque de aproximadamente 25 Kg contenido en un volumen de 50cm x 50cm x 50cm el cual presentaba condiciones medianas de compactación. Se realiza la medición de la humedad natural de cada una de las mezclas y se verifica las condiciones de las partículas del cisco, de tal manera de que se puedan adecuar a las recomendaciones dispuestas en las fases metodológicas, previamente descritas.

7.1.2 FASE 2: Establecer el diseño de mezcla adecuado que presente las mejores condiciones de materiales.

De acuerdo a los aspectos metodológicos que se plantean en la investigación, se prefiere tomar como referente 3 testigos provenientes de la ladrillera Santa Fe y 3 bloques de la fábrica Bloques El Sol. Para el caso de los ladrillos estos obedecen a características de unidades prensadas de arcilla, de consistencia maciza y expuestos a procesos de cocción y para el caso de los especímenes provenientes de la fábrica El Sol, los cuales tienen dimensiones aproximadas de 10cm x 19cm x 39cm con dos cavidades en su interior y los cuales obedecen a una mezcla de agregados pétreos, cemento y agua. En las tablas 13 y 14 se muestra las dimensiones, pesos y la lectura de la carga en Kilo Newton aplicada a las muestras que por medio de una prensa hidráulica con sistema de celda de cargas, permite computar la resistencia de acuerdo al área

efectiva del ladrillo. Resultados que relacionan la resistencia de los especímenes en mega pascales y que bajo una inspección cualitativa, se determinó el tipo de falla producida.

Tabla 13. Dimensiones y Resistencia de ladrillos

#	Empresa de fabricación	elemento	Dimensiones cm			Peso kg	Lectura en KN	Resistencia MPA	Resistencia en psi
1	Ladrillera santa fe	Ladrillo prensado macizo	24,2	x	12,1	2,83	214	7,308	1059,97309
2	Ladrillera santa fe	Ladrillo prensado macizo	24,1	x	12	2,93	218	7,538	1093,30166
3	Ladrillera santa fe	Ladrillo prensado macizo	24,4	x	12,3	2,94	222	7,397	1072,85206

Fuente: Autores.

Tabla 14. Dimensiones y Resistencia de Bloques.

1	ELEMENTO	DIMENSIONES cm			% DESCUENTO AREA	AREA EFECTIVA	Peso kg	CEMENTO KG	ARENA KG	AGUA LT	Lectura en KN	Resistencia MPA	Resistencia psi	DESPERDICIO %
		BLOQUE 1	39	x	10	48%	0,01872	8,59	1	6,84	1,32	57,8	3,08761	447,8203
BLOQUE 2	39	x	10	48%	0,01872	8,77	1	6,84	1,32	59,5	3,17842	460,9915	4,4	
BLOQUE 3	39	x	10	48%	0,01872	8,88	1	6,84	1,32	61,3	3,27457	474,9375	4,4	
PROMEDIO	39	x	10	48%	0,01872	8,7467	1	6,84	1,32	59,53	3,18020	461,2498	4,4	

Fuente: Autores

La resistencia promedio registrada para el ladrillo Santa Fe fue de 7.538 MPA mientras que para los bloques de la empresa El Sol fue de 3,178 MPA.

Teniendo como referencia los resultados obtenidos de las resistencias promedio, se realizó las pruebas de compresión simple a cinco dosificaciones de mezcla con tres testigos fallados y uno de muestra. En la tabla 15 se muestra el comportamiento del promedio de cada una de las dosificaciones, encontrándose que la mayor resistencia se obtiene con la incorporación de 0,75 kg de cemento y de 0,16 kg de cisco.

Para el caso de los bloques de cemento como se muestra en la Tabla 16, se realiza el cálculo del área efectiva la cual es la resultante del área total de la superficie del bloque menos las dos cavidades, estableciéndose así para todos los casos un área efectiva de 0,018 M², en las tablas igualmente se consigna el porcentaje de desperdicio volumétrico como residuo no utilizado para la elaboración de los bloques. Es evidente que la resistencia alcanzada por los ladrillos macizos en concreto es significativamente mayor a la resistencia obtenida por los bloques.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA		NTC 4026
2.	CLASIFICACIÓN	
2.1	SEGÚN SU PESO	
	Se establecen tres clases de unidades de mampostería de concreto según su peso:	
2.1.1	De peso liviano, con una densidad de menos de 1 680 kg/m ³	
2.1.2	De peso mediano, con una densidad entre 1 680 kg/m ³ y menos de 2 000 kg/m ³	
2.1.3	De peso normal, con una densidad de 2 000 kg/m ³ o más.	

Ilustración 24. Clasificación según peso de mampostería Estructural
Fuente: (ICONTEC, Norma NTC 4026, 1997)

En cuanto a la norma NTC 4026, donde se establece que serán considerados como bloques y ladrillos en concreto para mampostería estructural de baja resistencia, los especímenes que alcancen esfuerzos superiores a los 7 MPA o de alta resistencia los que superen los 11MPA, los bloques fabricados por la empresa Bloques El Sol, así como los obtenidos de las mezclas cisco – cemento, no satisfacen ninguna de las dos clasificaciones dispuestas en cuanto a la clasificación cuantitativa del peso, se obtiene que las muestras clasifican en la sección de bloques de peso mediano y en relación a las resistencias promedio para la misma cantidad de cemento, la mezcla propuesta con la incorporación de cisco presenta mejores características de resistencia.

Tabla 15. Requisitos de resistencia a la compresión, absorción de agua y clasificación de peso

Resistencia a la compresión a los 28 d (RC_{28}^b , evaluada sobre el área promedio (Anp))			Absorción de agua (Aa) % según el peso (densidad) del concreto secado en el horno kg/m^3		
Mínimo ^a , MPa			Promedio de 3 unidades, máximo, %		
Clase	Promedio de 3 und.	Individual	Peso liviano, menos de $1.680 kg/m^3$	Peso mediano, de $1.680 kg/m^3$ hasta menos de $2.000 kg/m^3$	Peso normal, $2.000 kg/m^3$ o más
Alta	18	11	15%	12%	9%
Baja	3	7	18%	15%	12%

Fuente: (ICONTEC N. 4., 2018)

Para una mejor ilustración del comportamiento de las mezclas bajo la acción del cisco (cascarilla) de arroz - cemento, en las ilustraciones 25 y 26 se describe la curva de resistencia resultante de cada una de las dosificaciones propuestas infiriendo bajo el corte de la curva, que la dosificación óptima en cuanto a mayor capacidad de carga, se presenta con una cantidad de 0,7 kg de cemento y 0,14 kg de cisco para de los ladrillos macizos, y se presenta con una cantidad de 0,14kg de cemento y 0,7 kg de cisco para los bloques.

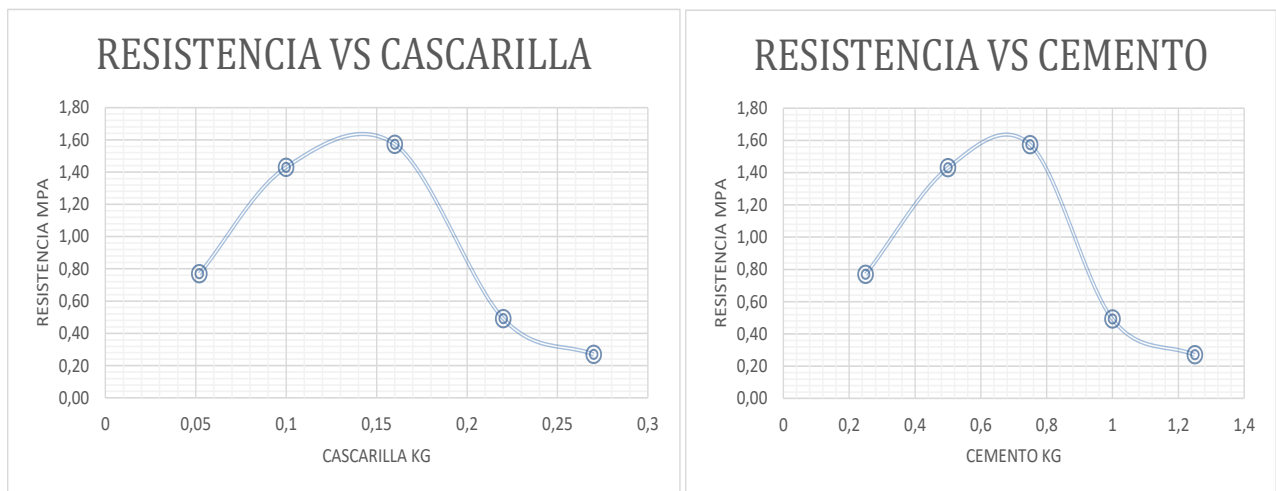


Ilustración 25. Comparación de curvas de Resistencia de cada una de las mezclas de los Bloques.

Fuente: Autores.

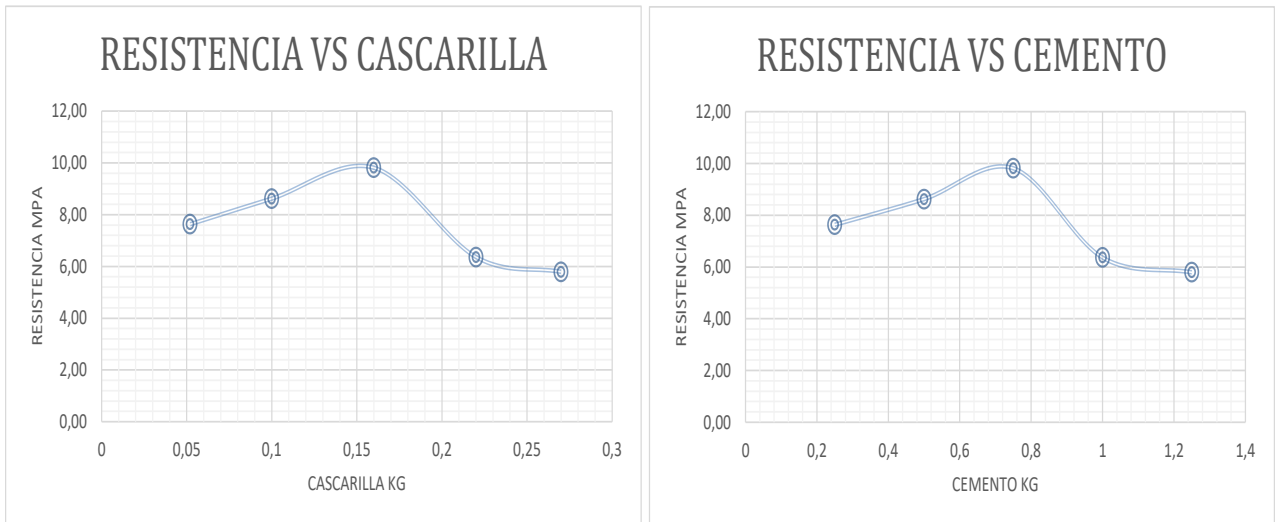


Ilustración 26. Comparación de curvas de Resistencia de cada una de las mezclas de los Ladrillos.
Fuente: Autores.

Se determina entonces la uniformidad de la resistencia al calcular la dosificación óptima de cascarilla y cemento que valida los resultados arrojados en el presente estudio que pese a desarrollar la conformación de muestras con diferentes morfologías como lo son los bloques y los ladrillos macizos, para ambos casos se obtuvo la misma proporción de mezcla.

7.1.3 FASE 3: Determinar el proceso de elaboración de los Bloques y/o Ladrillos ecológicos y ejecutar labores de producción en las instalaciones apropiadas.

Recepción de material.

Se realizara la verificación y registro del material granular, la cascarillas de arroz y cemento, en este proceso se comprobará las características exigidas que deben reunir las materias primas que garanticen la calidad y autenticidad de los productos.

El operario encargado realiza la corroboración de las dimensiones del volcô de las volquetas y cubicar la cantidad de material entrante, para esta actividad se tiene dispuesto un trabajador quien llevara el control de la entrada y posterior salidas de material a producción.

Preparación del material

La preparación del material contempla el traslado de cada uno de los insumos al área de mezclado, la medición de la humedad del material granular y la dosificación de la muestra, para un ciclo de producción se necesitan 600 kg de arenón y un bulto y medio de cemento y de

cascarilla de arroz, el arenón será transportado por una carretilla de con una capacidad máxima de 1 m³ la cual se impulsa manualmente y tiene rotulada la altura de lleno para completar los 0,4 m³ requeridos.

Todos los materiales deben ser dosificados y constatadas cada una de sus características, la cascarilla de arroz debe ser introducida en el embudo de cargue de la trituradora. La actividad se da por terminada una vez la máquina de mezclado este cargada, para esta actividad se debe disponer de dos empleados incluido el encargado de la recepción del material, una vez cargada la maquina uno de los empleados asumirá la operación de la máquina de mezclado.

Mezcla (seco y agua).

En esta parte de la producción se realiza la homogenización de los insumos por intermedio de una mezcladora horizontal de capacidad de 0,7 m³, esta máquina utiliza un rotor neumático que realiza movimientos giratorios que conjuntamente con una serie de aspas efectúan el mezclado por amasado de los insumos, la velocidad de los movimientos es variable y esta puede ser ajustado de acuerdo a las característica de los materiales o al tipo de mescla deseada.

La primer mezcla se realiza sin presencia de agua durante tres minutos y para la segunda parte se adiciona gradualmente agua de acuerdo a los resultados del laboratorio los cuales determina el grado óptimo de humedad para alcanzar la densidad máxima este procedimiento se realiza durante cinco minutos o cuando se alcance las características deseadas.

Moldeado y vibrado.

Una vez mezclado el material y conseguida la consistencia deseada se dosifica las mezcla en seis recipientes normalizados para el cargue de la maquina en esta parte de la producción se requiere la utilización de dos empleados uno de ellos será el encargado de alimentar la maquina mediante los recipientes normalizados los cuales alcanzan para aproximadamente cinco ciclos de prensado y 20 unidades producidas la mismas serán trasladadas por el mismo operario y dispuestas en las áreas de curado, el segundo operario tendrá a cargo la operación de la prensa y la verificación de las condiciones de calidad de los ladrillos.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.

Área de almacenamiento de cemento.

La proyección de almacenamiento semanal corresponde a un bulto y medio por ciclo, para siete ciclos diarios durante seis días de la semana teniendo un almacenamiento promedio de 63 bultos. De acuerdo al tipo de material almacenado es necesario contemplar instalaciones cerradas con buena aireación, sin presencia de humedades y la disposición de estibas de madera que aíslen los sacos de la superficie del piso, adicionalmente es necesario manejar una separación a paredes de mínimo 15 cm, los bultos serán apilados a partir de las estibas de maderas en seis pilas de a seis bultos.

La capacidad de almacenamiento con relación a las disposiciones semanales será del 50% es decir se tendrá un capacidad libre de la mitad del espacio con relación a los requerimientos de almacenamiento semanal o una ocupación del 100% si se realiza el almacenamiento de este insumo de manera quincenal, en un área cubierta de 3 x 3 metros.

Área de almacenamiento de cascarilla de arroz.

Para la producción de un ciclo es necesario aproximadamente 75 kilos de cascarilla de arroz de tal manera que se tendrá el mismo requerimiento en peso que el correspondiente al cemento gris sin embargo la unidad de empaque difiere en cuanto al tamaño de las pacas de 50 kilogramos, teniendo como referencia que la infraestructura de almacenaje de la cascarilla de arroz no contempla disposiciones especiales las mismas pueden ser apiladas directamente sobre el suelo y contra las paredes en alturas no mayores a los dos metros.

Las dimensiones de las pacas de 50 kg de cascarillas de arroz corresponde a un largo de 1m, ancho de 0,65 m y una altura media de 22 cm Las pacas serán apiladas en ocho columnas de dos filas y cinco hileras para una almacenaje del 50% del requerimiento de consumo semanal en un área cubierta de 2 x 3 metros.

Área de almacenamiento de material granular

El 80% de los insumos empleados para la fabricación de bloques de construcción es el material granular tipo arenón el cual se constituye en el esqueleto mineral del ladrillo y sus requerimientos semanales haciende a 17 M3 de tal manera que es necesario contemplar un área de depósito de aproximadamente 30 m2 en donde la volqueta procedente de las fuente de materiales realice el descargue.

El tipo de área aconsejable para el almacenamiento es un patio de materiales, con una cota alta y donde se realice el cubrimiento del arenón con plásticos para evitar el lavado de partículas finas por episodios de lluvias o la perdida sustancial de la humedad natural, este patio de materiales debe estar a una distancia no mayor de diez metros con relación al área de mesclado, se sugiere que el mismos tenga una trayectoria lineal con una pequeña pendiente que ayude al desplazamiento guiado por rieles de los contenedores de carga.

Área de homogenización y mezcla.

El proceso de producción de ladrillos requiere de la mezcla y homogenización de los insumos constituyentes por lo cual en primera instancia es necesario realizar la trituración y molienda de la cascarilla de arroz para que alcance las condiciones morfológicas deseadas, adicionalmente el material granular de deberá se ser tamizado para evitar que facciones gruesas o material orgánico queden en la mescla y finalmente se necesita un espacio para la ubicación de la mezcladora horizontal.

El molino picador con el cual se homogenizara la cascarilla de arroz requiere de un área libre de 1,2x1,6 metros, el tamizaje por zaranda para 600 kg que en volumen se traduce en poco menos de medio metro cubico requiere de un área de 1,5x1,5.

El proceso de mezcla que se realiza mediante una mezcladora horizontal eléctrica de capacidad de 1,5 bultos de cemento requiere de un área libre de 2 x 2 metros.

La sumatoria de los espacios para esta sección de la producción y adicionado las áreas de circulación indican una infraestructura cubierta de 45 m2, con suficiente aireación y con conexiones eléctricas de 220 voltios.

Área de moldeado a presión.

El modelado a presión se realiza mediante una prensa hidráulica con capacidad continua de producción de un máximo de 3.500 ladrillos días sin embargo de acuerdo a los ciclos de

producción planteados se tendrá una utilización del 36% de la capacidad total la misma es necesario que no se encuentre a una distancia mayor de cuatro metros del área de mezclado y a una distancia no mayor de seis metros de la sección de curado para la cual es necesario tener una trayectoria recta con una leve pendiente para ayudar al traslado de los carros móviles de transporte de los bloques.

La maquina necesita un área de 1,5X1,5 en un espacio cerrado y techado con buena ventilación y conexión eléctrica de 220 voltios.

Área de curado.

La producción diaria promedio de la planta esta en 1260 unidades, el curado de los ladrillos se debe realiza en un área fresca y cubierta y se debe utilizar plástico para conservar las características de humedad, los ladrillos no deben estar en contacto directo con pisos o paredes.

Para la optimización de espacios y control de producción, los bloques son distribuidos en estanterías por niveles, la capacidad por nivel cada nivel se estima 192 unidades en 7 niveles que contendrán la producción diaria, las plataformas tendrán 1,1 metros diez de ancho y 6,4 m, de largo, teniendo como referencia que el tiempo de curado promedio es de 7 días se tendrán depuestas 9 estanterías, 6 de las cuales contendrán la producción acumulada, una de ellas será vaciada en el primer ciclo de actividad del séptimo día y la misma será utilizada para el almacenaje de la producción del mismo día, adicionalmente se tendrá dos estanterías adicionales que permitan aumentar la producción de la planta de acuerdo a los requerimientos comerciales el espacio para el curado será de 8 x 25.

Área de secado.

El secado de los bloques una vez curado dura en promedio 20 días, de tal manera que se debe contemplar un área de almacenaje para 31,500 ladrillos los cuales deben estar distribuidos y separado por lotes de acuerdo al día de producción y sus especificación y referencias.

El área calculada para la sección de secado es la más representativa en tamaño y corresponde a un lote 30x 40 metros con una cota alta no inundable sin cubierta y la disposición de un encamado para aislar los bloques del suelo.

Área administrativa y ventas

Se contempla un espacio de 5x5 en el cual se ubicara el departamento administrativo y ventas el mismo estará dotado de dos escritorios sencillos y uno doble, distribuido en dos espacio de áreas similares dispuestos para el representante de ventas, el coordinador de producción y el gerente general, para esta área se necesitan como mínimo tres puntos eléctricos dobles de energía regulada, un punto de datos y línea telefónica

REQUISITOS DE MAQUINARIA

Prensa hidráulica.



Ilustración 27. Prensa Hidráulica.

Fuente: Autores.

Especificaciones.

- Carga y prensado hidráulico accionado mediante palanca.
- Mínimo consumo de energía.
- Bajo coste de mantenimiento.

- Produce dos medidas (30 x 15cm o 12,5 x 25cm) en un solo equipamiento, por medio de la caja molde intercambiable.

Equipo adecuado a los estándares:

Fabricada con materiales de diferentes nomenclaturas y fórmulas de acuerdo con la necesidad requerida, centro mecanizado automatizado, diseñada para gran esfuerzo la prensa tiene gran resistencia al desgaste debido a los diversos tipos de materiales abrasivos que serán presionados al trabajar, maquinas hechas a más de 15 años trabajando y produciendo, ladrillos, canaletas y pisos certifica nuestra calidad y los materiales empleados en nuestras máquinas.

Sistema Operativo

Fue diseñado para utilizar solamente un operador, que se extenderá a través de doble palanca de una operación para la carga de la caja de molde y otra que presione y saca los bloques o ladrillos.

ALIMENTACIÓN HIDRÁULICA

Haciendo que sea mucho más rápido el cargamento, deslizándose sobre las pestañas inferiores de acero tratado y superior de nylon que es material auto-lubricante con un bajo coeficiente de fricción, la caja del cargador es movido por un pistón hidráulico, para ejecutar un ciclo de precisión cargando el compuesto que se presionado el interior de la caja molde.

PRENSADO Y SAQUE

El Sistema conjugado hidráulico / mecánico prensa abajo y eleva el ladrillo a la altura de las manos para ser retirado a subir. Las operaciones sucesivas y constantes aumentan la producción de la máquina.

Producción:

Hasta 3500 unidades al día (8 horas de trabajo sin interrupción).

Tamaño del Ladrillos o Pisos:

Produce dos medidas (30 x 15cm o 12,5 x 25cm) en un solo equipamiento, por medio de la caja molde intercambiable, con un cambio rápido.

Longitud - 299mm;	y	Longitud - 249mm;
Ancho - 150mm;		Ancho - 125mm;
Altura - hasta 75mm;		Altura - hasta 75mm;

Prensaje:

Hasta 6 toneladas por ciclo.

Motor Eléctrico:

Trifásico, 220/380v, 50 o 60hz, 4 polos, IP 65 (blindado).

MEZCALDOR HORIZONTAL

Mezcladora Con motor de 7.5 Caballos Hp monofásico, su productividad consiste en mezclar 1,5 bolsas de cemento y 4 carretadas de arena en 3 minutos, esta Mezcladora es especial para elaboración de bloques de cemento y adobe ecológico o con tierra estabilizada, se le puede hacer una rampa para cargar directamente con la carreta o buggy, Es para trabajo pesado procesa mezcla para 200 bloques en solo 5 minutos, motor de 15 hp trifásico.



Ilustración 28. Mezcladora Horizontal.

Fuente: (Gracomaq, 2018)

IMPLEMENTACIÓN METODOLOGÍA PARA OPTIMIZAR EL DESARROLLO DE PROCESOS, TIEMPOS DE PRODUCCIÓN Y MINIMIZACIÓN DE DESPERDICIOS.

DISTRIBUCIÓN DE ACTIVIDADES POR OPERARIOS.

El proceso de producción necesita de un total de tres operarios los cuales tiene asignadas actividades fijas y por tratarse de un procedimiento repetición en poco tiempo deben adaptarse al esquema de producción.

Operario 1.

Es el encargado de la recepción, verificación dosificación e inspección de los materiales, su labor comienza en el momento del descargue de los insumos y termina una vez se homogeniza el material.

Pasó a paso de producción.

Recepción de cemento; El proveedor de cemento realiza el descargue de este material en el área designada para este almacenaje, el operario será el encargado de verificar la cantidad y la calidad del cemento y de instruir al personal de descarga de la disposición y distribución de los bultos de cemento, el abastecimiento de este material se realizara de formar semanal o quincenal, y el encargado estará atento de las fechas de vencimiento de este insumo.

Recepción de cascarilla de arroz. El proveedor de la cascarilla de arroz realiza el descargue de este material en el área designada para este almacenaje, el operario será el encargado de verificar la cantidad y la calidad del insumo, por cada lote el operario realizara aleatoriamente la medición del peso de por lo menos tres bultos.

Recepción del arenón; el proveedor de arena realiza el descargue de este material en el área designada para este almacenaje, en este caso se realizará en el patio de materiales, el operario será el encargado de verificar la cantidad y la calidad de la arena para lo cual se realiza la medición de volco directamente en la volqueta y la altura del material, de presentarse más de

una vez la misma volqueta se verificara únicamente la medición de la altura de lleno, visualmente el operario deberá inspeccionar que el material tenga las características requeridas.

La recepción de cada uno de los materiales se realiza en días distintos garantizando la no afectación de los ciclos de producción y el cronograma programado, de tal manera que la recepción de los materiales se realice 30 minutos antes de iniciar la jornada laboral.

El encargado de esta área adicionalmente realizara la verificación de la humedad natural del material. Para los trabajos de traslado y de alimentación de la máquina de mezclado se contara con un segundo operario quien completara las actividades de cargue de material.

Una vez puesta en funcionamiento la mezcladora, el operario comenzara de nuevo el ciclo de trabajo contando con aproximadamente 35 minutos para adelantar las actividades a cargo.

Operario 2.

El operario dos será el encargado del proceso de mezclado, sus actividades empiezan en el momento en el que se realiza el traslado de los insumos a la mezcladora, este operario en conjunto con el operario numero 1 carga la mezcladora y una vez cargada realiza la operación de la maquina por aproximadamente 8 minutos, 3 minutos de mezclado en seco y cinco minutos de mezclado en agua, este operario recibirá la información de la húmeda natural del suelo y dosificara el ingreso del agua a la mescla hasta alcanzar la textura requerida.

El ciclo de mezclado finaliza una vez la maquina este apagada, posteriormente en compañía con el operario número tres cargara la mescla en las cubetas normalizadas y pasara la mismas a la prensa hidráulica, el operario número 2 finalizara su ciclo de producción una vez se haya realizado el prensado de todo el material mesclado.

Operario 3.

El operario tres tiene como primera actividad en conjunto con el operario dos alimentar la prensa hidráulica por intermedio de 6 cubetas normalizadas que proporcionen el material suficiente para 10 tiempos de prensados y 20 productos de bloques cada tiempo de prensado corresponde a 14 segundos en el cual se obtienen dos bloques, cada ciclo de prensado tiene una duración de 21 minutos de trabajo continuo interrumpido únicamente por el cargue inicial, de

tal manera que esta es la operación que demanda la mayor intensidad de tiempo de todo el ciclo productivo, para efectos de programación se estima 25 minutos.

Una vez alimentada la prensa el operario asumirá la operación de la máquina de prensado y recibirá del operario dos el resultado de presando que corresponde aproximadamente a 180 unidades las cuales fueron distribuidas y apiladas en plataformas de transporte para el almacenamiento en la sección del curado, el operario tres deberá descargar, distribuir y apilas los bloques en las estanterías dispuestas para el curado y de esta manera terminara su ciclo de trabajo y se dispondrá a empezar de nuevo.

DISTRIBUCION DE PLANTA

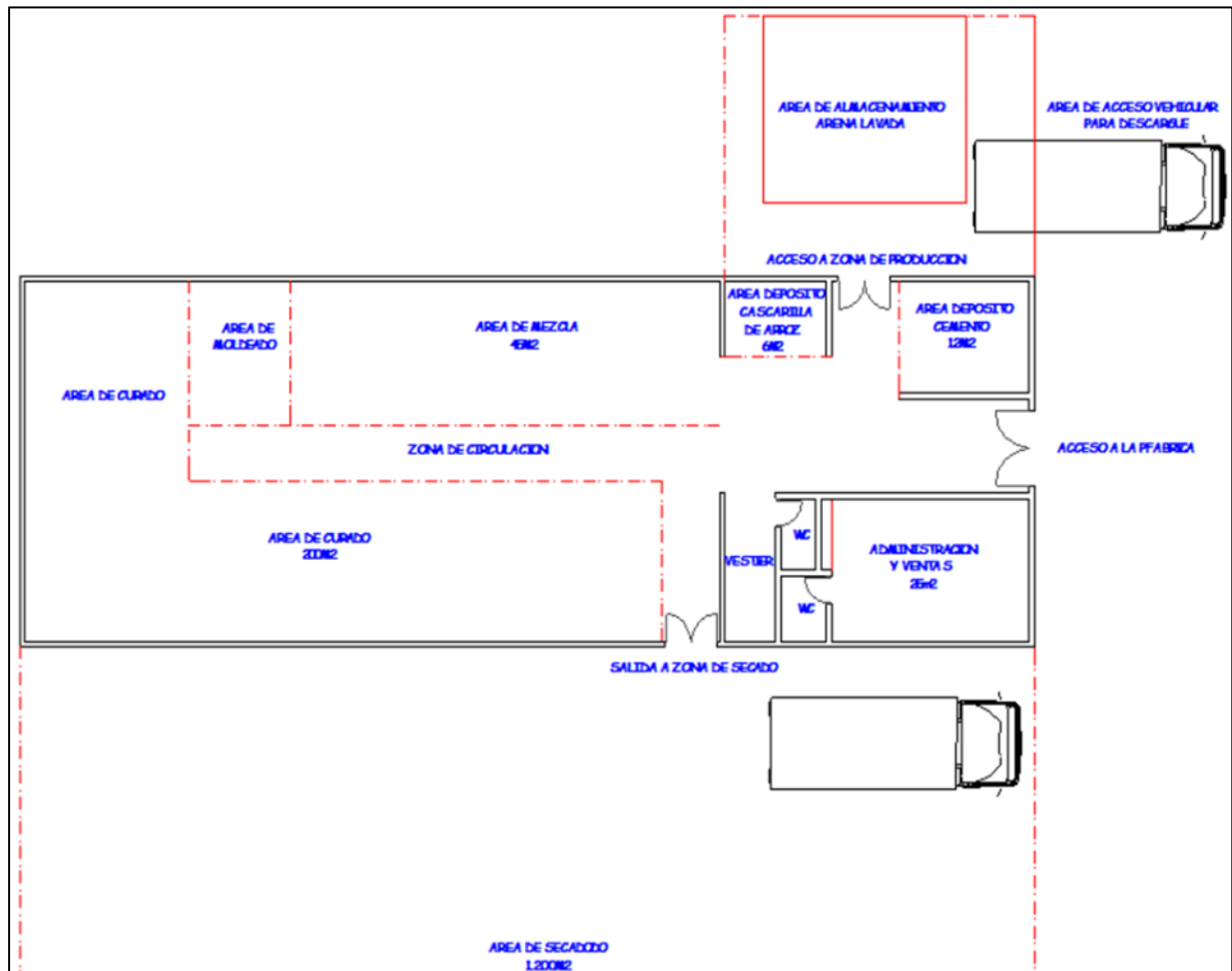


Ilustración 29. Plano general de la Planta.

Fuente: Autores.

MÉTODO DE ELABORACIÓN DE BLOQUES Y LADRILLOS ECOLÓGICOS

De acuerdo al diseño en planta y el flujo grama realizado la fábrica tiene una producción por lotes constituidos por los insumos y tiempos necesarios para realizar un ciclo de transformación de 180 unidades en un tiempo promedio de 105 minutos, donde se realizará el traslape de actividades correspondientes a transportes de almacén, curado y secado, obteniendo una producción semicontinua de 45 minutos e intervalos de preparación de 20 minutos para un ciclo productivo de 65 minutos, el rendimiento diario fue estimado en 7 ciclos completos, se tomó como referencia una jornada laboral de ocho horas para una ocupación del 95% de la jornada diaria, durante 6 días semanales y un promedio de 26 días laborales por mes.

Tabla 16. Flujograma de actividades.

PROCESO	DESCRIPCION	○	➔	◻	◐	▽	TIEMPO MIN.	DISTANCIA MTS	PERSONAL
1	Recepcion del material		■				5	8	1
2	Preparacion del material			■			5		1
2	Mezcla (seco y agua)	■					10		2
5	Moldeado a presion	■					25		2
6	Curado					■	20	6	2
7	Secado					■	20	6	1
8	Almacenado					■	20	6	1
TOTAL							105	26	3

Fuente: Autores

HERRAMIENTAS UTILIZADAS POR LA FABRICA DE BLOQUES EL SOL PARA LA FABRICACION DE LOS BLOQUES DE CEMENTO.



Ilustración No 30. Mezcladora de cilindro
Fuente: Autores.



Ilustración No 31. Banda transportadora
Fuente: Autores



Ilustración No 32: Máquina vibro moldeadora
Fuente: Autores.



Ilustración No 33. Elementos utilizados en la fabricación de los ladrillos ecológicos
Fuente: Autores.



Ilustración No 34. Análisis de peso y volumen de los elementos a utilizar en la mezcla.
Fuente: Autores.



Ilustración No 35. Mezclado de materiales de acuerdo a las dosificaciones establecidas para ladrillos
Fuente: Autores.



Ilustración No 36. Mezclado de materiales de acuerdo a las dosificaciones establecidas para bloques

Fuente: Autores.



Ilustración No 37. Moldeado y compactación del material para fabricación de ladrillos

Fuente: Autores



Ilustración No 38. Vibro moldeado para la fabricación de Bloques.
Fuente: Autores.



Ilustración No 39. Moldeado y compactación para la fabricación de Ladrillos.
Fuente: Autores.

7.1.4 FASE 4: Consolidación y análisis de resultados



Ilustración No 40. Toma de medidas y resultados.

Fuente: Autores.



Ilustración No 41. Toma de ensayos a compresión.
Fuente: Autores.



Ilustración No 42. Rotura por ensayo de Compresión.
Fuente: Autores.

Tabla 17. Resistencia de bloque y/o ladrillos comunes en Ibagué.

Empresa de fabricación	elemento	Dimensiones cm	Peso kg	RESISTENCIA KN
Ladrillera santa fe	Ladrillo prensado macizo	24x12x5,5	2,83	49
Ladrillera santa fe	Adoquín de arcilla	24x12x6	3,6	236,2
Fábrica de bloques el sol	Bloque de cemento	39x19x10	8,59	59,5

Fuente: Autores.

Tabla 18. Pruebas de Compresión a Ladrillos Ecológicos.

#	ELEMENTO	DIMENSIONES cm			Peso kg	CEMENTO KG	ARENA KG	CISCO KG	AGUA LT	Lectura en KN	Resistencia MPA	Resistencia PSI	DESPERDICIO %
			x										
1	Ladrillo prensado macizo	23,9	x	12,4	3,31333	0,25	2,96	0,052	0,45	227,1	7,63179	1106,89945	1,5
2	Ladrillo prensado macizo	24,5	x	12,3	3,34667	0,5	2,96	0,1	0,45	259,1	8,62134	1250,42189	4,2
3	Ladrillo prensado macizo	24,5	x	12,3	3,54	0,75	2,96	0,16	0,45	294,96667	9,81477	1423,51515	4,2
4	Ladrillo prensado macizo	24,2	x	12,3	3,11	1	2,96	0,22	0,45	189,46667	6,36520	923,196479	4,8
5	Ladrillo prensado macizo	24,3	x	12,3	2,87333	1,25	2,96	0,27	0,45	173,03333	5,79443	840,412852	5,3
PROMEDIO		40,5	x	20,5	5,39444	1,25	4,93333	0,26733	0,75	381,22222	12,742513	1848,14861	5,3

Fuente: Autores

Tabla 19. Pruebas de Compresión a Bloques Ecológicos.

#	ELEMENTO	DIMENSIONES cm			% DESCUENTO AREA	AREA EFECTIVA	Peso kg	CEMENTO KG	ARENA KG	CISCO KG	AGUA LT	Lectura en KN	Resistencia MPA	Resistencia psi	DESPERDICIO %
			x												
BLOQUE 1		39	x	10	0,48	0,01872	7,1633	0,25	6,84	0,052	1,32	30	0,76923	111,5677	1,5
BLOQUE 2		39	x	10	0,48	0,01872	7,2667	0,5	6,84	0,1	1,32	55,77	1,42991	207,3919	4,2
BLOQUE 3		39	x	10	0,48	0,01872	7,19	0,75	6,84	0,16	1,32	61,33	1,57265	228,0939	4,2
BLOQUE 4		39	x	10	0,48	0,01872	7,3367	1	6,84	0,22	1,32	19,17	0,49145	71,27936	4,8
BLOQUE 5		39	x	10	0,48	0,01872	7,0533	1,25	6,84	0,27	1,32	10,5	0,26923	39,04869	4,8
PROMEDIO		39	0	10	0,48	0,01872	7,202	0,75	6,84	0,16	1,32	35,35	0,906496	131,4763	3,9

Fuente: Autores.

8. CONCLUSIONES

Una vez desarrollada la presente investigación y analizados los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

- De acuerdo a la investigación realizada, en las bases de información y directorios comerciales con alojamiento virtual y al trabajo de campo consistente en entrevistas y visitas a las locaciones de las empresas, se concluyó que La fábrica de Bloques El Sol cuenta con procesos de producción, infraestructura, áreas de almacenamiento, áreas de curado y stock de materiales acordes a los requisitos necesarios para la implementación de estudios objetos del proyecto de investigación.
- Conforme a la caracterización de agregados pétreos de material granular utilizado para el diseño de la mezcla de cisco – cemento, es posible concluir que los suelos tienen características de depósitos aluviales que obedecen a la clasificación USCS como una arena mal gradada (SP) y en cuanto a la clasificación AASHTO como una arena fina (A-3) no plástica. Complementariamente se determinó que para los tres muestreos el material no se ajusta a la franja granulométrica inferior referenciada en la norma NTC 2240-N y que para el caso de los resultados de los ensayos de limpieza, el material no presenta altos contenidos de suelo nocivo.
- Con relación a los resultados obtenidos a través de las pruebas de compresión simple efectuadas a los especímenes tipo bloque y ladrillo, se puede concluir que para ambos casos, la dosificación ideal para los ensayos efectuados y teniendo en cuenta la tendencia descrita en las gráficas de resistencia que cotejan los resultados obtenidos a través de la incorporación de la cascarilla de arroz y el cemento se encuentra 0,70kg para el caso del cemento y 0,14kg para cascarilla de arroz.
- De acuerdo a las gráficas de los promedios obtenidos de cada una de las dosificaciones de mezcla, es posible inferir que el comportamiento de la resistencia de los ladrillos y bloques presentan un punto de inflexión en el cual, el aumento de los insumos de cemento y cascarilla de arroz, generan una pérdida drástica de la capacidad de resistencia

del elemento, evidenciándose así, que para las dosificaciones en las cuales se incorporaban mayor cantidad de cisco – cemento, la resistencia disminuía inclusive por debajo de la dosificación que incorporaba menos relación de cemento. Es te comportamiento puede ser atribuible a que la acción del cemento con el material granular, puede llegar a ser interrumpida por la fracción de la cascarilla de arroz.

- Al comparar los resultados obtenidos de la resistencia en cuanto a dosificaciones similares de los testigos provenientes de la fábrica de bloques el sol, se puede asegurar que las dosificaciones que incorporaban cascarilla de arroz comparativamente, son mas altas con relación a las comercializadas por dicha empresa; adicionalmente y de acuerdo a la medición de los pesos de los testigos tanto de bloques como ladrillos, se puede concluir que la cascarilla de arroz actúa como un material aligerante.
- Con relación a las especificaciones para unidades (bloques y ladrillos de concreto) para mampostería estructural, se concluye que los elementos están catalogados en el rango de peso normal con una densidad superior a 2000kg por metro cuadrado y que en ambos casos no cumplen con las resistencias mínimas consignadas en los requisitos de dicha norma.
- La metodología de elaboración de bloques y ladrillos ecológicos planteada en la investigación sugiere que se implemente un mínimo de ocho procesos, para una producción por lote en ciclos de transformación de 180 unidades para un tiempo promedio calculado de 105 minutos, obteniendo una producción semi continua de 45 minutos e intervalos de preparación de 20 minutos por ciclo repetibles siete veces por cada jornada laboral.

9. RECOMENDACIONES

- Una vez obtenidos los resultados proporcionados por las gráficas de resistencia se recomienda evaluar la posibilidad de tratar el insumo de cisco de arroz con procesos de molienda, para así disminuir la aparente acción aislante entre el agregado pétreo y el cemento.
- Es recomendable ampliar el espectro de evaluación en cuanto al porcentaje de las relaciones cisco-cemento para tener mayores alternativas de juicio.
- La investigación realizada estaba condicionada por las calidades y especificaciones de los materiales utilizados en la fábrica de bloques El Sol, esto debido a que en el proceso de selección fue la única planta que cumplía en parte con los requerimientos consignados en esta investigación, lo que limitó la misma a las deficiencias del material granular e infraestructura que podía proporcionar esta Fábrica, por lo que es recomendable utilizar tanto la maquinaria como el equipo de trabajo apropiado para la consecución del producto final.

BIBLIOGRAFIA

- 20minutos. (19 de MARZO de 2016). *20 MINUTOS, Crean ladrillo ecológico con residuos de construcción*. Obtenido de <https://www.20minutos.com.mx/noticia/74833/0/crean-ladrillo-ecologico-con-residuos-de-construccion/>
- Abdul Halim Farhad Sikder, K. B. (2016). "Assessment of macro and micro nutrients around brick kilns agricultural environment." *Inf. Process. Agric.*, 3(1).
<https://doi.org/10.1016/j.inpa.2016.02.001>.
- Alejandro Martinez, M. C. (2014). Diseño y fabricación de ladrillo reutilizando materiales a base de PET.
- Alejandro, S. (s.f.). *Abordando el tema de los ecomateriales desde la ciencia y la tecnología*. Cali.
- Alvarez. (2013). Ladrillos hechos con pasta de papel reciclado. *La brujula Verde*,
<https://www.labrujulaverde.com/2013/02/ladrillos-hechos-con-pasta-de-papel-reciclado>.
- Alvarez, B. C. (7 de Noviembre de 2013). *El imparable aumento de la población mundial*. Obtenido de Otro mundo es posible: <https://www.otromundoesposible.net/el-imparable-aumento-de-la-poblacion-mundial/>
- Ana Isan. (2016). *adrillos ecológicos: que son, tipos y ventajas*. Obtenido de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/ladrillos-ecologicos-que-son-tipos-y-ventajas-456.html>
- Andina. (7 de FEBRERO de 2010). *Proyectan masificar uso de cascarilla de arroz para construir viviendas a bajo costo*. Obtenido de ANDINA: <https://andina.pe/agencia/noticia.aspx?id=278583>
- Armas, M. (2 de JUNIO de 2015). *Desventajas de los ladrillos ecologicos*. Obtenido de <http://ladrillosecologicosecuador.blogspot.com.co/2015/06/desventajas-de-los-ladrillos.html>
- Bär, N. (16 de OCTUBRE de 2006). *DIARIO LA NACION, Un desarrollo tecnológico del Conicet, diario La Nación*. Obtenido de <http://www.lanacion.com.ar/849741-ya-se-pueden-construir-casas-con-ladrillos-de-plastico-y-cemento>
- Barbudo, S., & Yepes, S. C. (2002). *INTRODUCCIÓN A LA FABRICACIÓN Y NORMALIZACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND, P. 4*. Alicante: Publicaciones Universidad de Alicante.
- BDA. (28 de JULIO de 2008). *Brick Development Association*. Obtenido de <http://www.brick.org.uk/industry-sustainability.html>

- Berto, I. e. (2004). Shear Behaviour of Masonry Panel Parametric FE Analyses,. *Revista Internacional de Sólidos y Estructuras* , 41.
- Buitrago Rojas, D. C. (2017). ESTIMACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN DE UNA LADRILLERA EN LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR EN BOGOTÁ D.C (TRABAJO DE GRADO). . Bogota: UNIVERSIDAD DE LA SALLE.
- CAEM. (2015). *Validated Inventory of the brick*.
- Casanova, F. (2010). *Brasil reduce los ladrillos. inter press service agencia de noticias*.
Obtenido de <http://www.ipsnoticias.net/2010/07/brasil-redescubre-los-ladrillos/>
- Castels, X. E. (2000). *Reciclaje de Residuos Industriales: Aplicacion a la fabricacion de materiales para la Construccion*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos.
- Ciencia y Cemento. (2015). *“Ladrillos PET” a base de residuos plásticos*. Obtenido de Ciencia y Cemento: <http://wp.cienciaycemento.com/ladrillos-pet-a-base-de-residuos-plasticos/>
- Colegio de Estudios Cientifico y Tecnologico de Chiapas. (s.f.). *Elaboración de bloques de concreto utilizando vibrobloquera. Austera de tarimas.4p*.
- Coletti, C. L. (2018). Recycling trachyte waste from the quarry to the brick industry: Effects on physical and mechanical properties, and durability of new bricks. *C. Construction and Building Materials* 166, 792-807.
- Colombia Guías. (2013). *COLOMBIA GUIAS*. Obtenido de <http://www.colombiaguías.com/agricultura-cacahuate.html>
- Concretodo. (Agosto de 2015). *Como Construir con Concretodo*. Obtenido de <http://www.concretodo.com/pdf/mamposteriabloques.pdf>
- Concretodo. (s.f.). *Mampostería de bloques de concreto, Cómo construir con Concretodo. Concretodo, Volumen 3, Pagina 5*.
- Congreso. (22 de Diciembre de 1993). *LEY GENERAL AMBIENTAL DE COLOMBIA*. Recuperado el 28 de mayo de 2018, de oas.org: http://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/colombia/colombia_99-93.pdf.
- CONSTRUDATA. (2017). *Diagnóstico de la industria ladrillera en el país*. Obtenido de construdata.com: <http://www.construdata.com/BancoConocimiento/L/ladrillosdiagnostico/ladrillosdiagnostico.asp>

- Construyored. (2017). *Construyored*. Obtenido de casas de ladrillo de plástico que usted mismo puede construir: <https://construyored.com/noticias/1267-casas-de-ladrillos-de-plastico-tipo-lego-que-usted-mismo-puede-construir>
- DANE. (2016). *4° Censo Nacional Arrocero*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-arrocero>
- Diario del Huila. (12 de Febrero de 2017). *Huila en camino a potencia arrocera nacional*. Obtenido de Diario del Huila: <https://www.diariodelhuila.com/economia/huila-en-camino-a-potencia-arrocera-nacional-cdgint20170212141425131>
- ECOPORTAL. (2017). *ENTRE RIOS RECICLA*. Obtenido de http://www.entreiosrecicla.org.ar/prensa/prensa_ampliar.php?id=4416
- Edgar González. (16 de JUNIO de 2007). *Bitublock: Ladrillos hechos con basura*. Obtenido de <http://www.edgargonzalez.com/2007/06/16/bitublock-ladrillos-hechos-con-basura>
- El Español. (20 de FEBRERO de 2013). *Ladrillos hechos de papel completamente reciclables*. Obtenido de <https://omicrono.elespanol.com/2013/02/ladrillos-hechos-de-papel-completamente-reciclables/>
- El Federal, E. (2015). *Tucuman desarrolla Ladrillos Ecologicos con Ceniza*. Obtenido de <https://www.elfederal.com.ar/tucuman-desarrolla-ladrillos-ecologicos-con-ceniza/>
- El Tiempo. (21 de ENERO de 2016). *Colombianos crean casas con ladrillos de plástico reciclado*. Obtenido de ELTIEMPO.COM: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16488356>
- El Tiempo. (3 de Mayo de 2016). *Las casas tipo lego que construye un colombiano*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16581562>
- Emsavalles. (28 de JULIO de 2016). *adrillos de cascara de arroz, una nueva opción de bioconstruccion*. Obtenido de emsavalles.com: <http://www.emsavalles.com/revtxt.php?r=4905>
- Errasti Cabrera. (2012). *Diseño de un sistema para el aprovechamiento integral de la cáscara de arroz*. La Habana.
- Ferreira Leitao, V. F. (2010). *Biomasa Residues in Brazil: Availab sity and potencial uses. Waste and biomass Valorization, Vol 1, No. 1, 65 - 76.*
- Fiorillo, H. (16 de NOVIEMBRE de 2014). *Eltiempo.com* . Obtenido de La buena Hierba: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-14841062>
- Forero, N. C. (2015). *Manposteria Estructural P. 4*. Bogota: Universidad la Gran Colombia.

- Fuentes Molina, N., & Fragozo Tarifa, O. I. (2015). RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COMO ADICIONES EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO NO ESTRUCTURAL. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2), 99 - 116.
- Gaceta Digital. (11 de ENERO de 2016). *Ladrillo ecológico basado en residuos de construcciones*. Obtenido de <http://www.gaceta.unam.mx/20160111/ladrillo-ecologico-basado-en-residuos-de-construcciones/>
- Gaggino, R. (2008). Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción. *INVI*, <http://revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/446/955>.
- Gallo O.G.O., E. M. (2003). *Diseño Estructural De Casas Habitación 1ª*. Edición. México: Mc Graw Hill.
- Garces, A. (7 de SEPTIEMBRE de 2016). *Caña: oportunidades de negocios que rompen con paradigmas del pasado*. Obtenido de Agronegocios.uniandes: <https://agronegocios.uniandes.edu.co/2016/09/07/canao-oportunidades-de-negocios-que-rompen-con-paradigmas-del-pasado/>
- Gatani, M. A. (2010). Materiales compuestos de cáscara de maní y cemento. Influencia de diferentes tratamientos químicos sobre las propiedades mecánicas. *Materiales de Construcción*, Vol. 60, 298, 137 - 147.
- González de la Cotera, M. (1982). Morteros ligeros de cáscara de arroz. IV Congreso Nacional de Ingeniería Civil., (págs. 1 - 10). Lima, Perú,.
- Google Maps. (Diciembre de 2013). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/@4.4436857,-75.1722643,3a,75y,274.46h,97.34t/data=!3m6!1e1!3m4!1s9gWIGzFMGNZSIchBUBnZeg!2e0!7i13312!8i6656>
- Google Maps. (Diciembre de 2014). Obtenido de https://www.google.com/maps/@4.4257983,-75.2506496,3a,75y,4.69h,75.21t/data=!3m7!1e1!3m5!1sKGMHPkqZRNuyYTYGQg_Cg!2e0!6s%2F%2Fgeo1.ggpht.com%2Fcbk%3Fpanoid%3DKGMHPkqZRNuyYTYGQg_Cg%26output%3Dthumbnail%26cb_client%3Dmaps_sv.tactile.gps%26thumb%3D2%26w%3D2
- Gracomaq. (2018). *Mezcladora Horizontal*. Obtenido de Gracomaq.net: https://www.gracomaq.net/index_archivos/mezcladorahorizontal.htm
- Guzenski, F. M. (2012). *IMPACTOS AMBIENTALES DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCION*. Obtenido de <https://www.behance.net/gallery/3131177/Impactos-ambientales-del-sector-de-la-construccion>


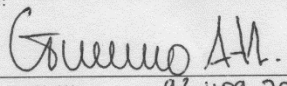
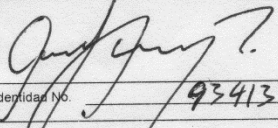
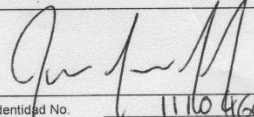

- Guzmán, F. (11 de ENERO de 2016). *Gaceta Digital UNAM*. Obtenido de Gaceta Digital UNAM: <http://www.gaceta.unam.mx/20160111/ladrillo-ecologico-basado-en-residuos-de-construcciones/>
- Henry Liu. (2012). *elconcretoreciclado*. Obtenido de <http://elconcretoreciclado.blogspot.com/>
- Hidalgo, D. C. (2015). *Factibilidad del uso del Raquis de Palma Africana en mezcla con agregados de construcción para la fabricación de ladrillos ecológicos (Tesis de grado)*. Quito: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- ICONTEC. (1997 de Noviembre de 1997). Obtenido de Norma NTC 4026: <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC4026.pdf>
- ICONTEC. (1997). Unidad Bloques y Ladrillos de concreto, para mampostería estructural. Norma Técnica Colombiana NTC 4026. Bogotá D.C.
- ICONTEC, N. 4. (2018). *Asocreto Virtual, Noticreto*. Obtenido de http://www.asocretovirtual.com/boletin/vivienda/06/066-070_Laboratorio-142.pdf
- Informador Mx. (2016). *Informador mx*. Obtenido de La UNAM crea ladrillos ecológicos con residuos de construcción: <https://www.informador.mx/Tecnologia/La-UNAM-crea-ladrillo-ecologico-con-residuos-de-construccion-20160314-0076.html>
- Katherin Alfonso. (2 de Junio de 2017). *El consumo per cápita de arroz en Colombia es de 39 kilos*. Obtenido de LaRepublica.com: <https://www.larepublica.co/economia/el-consumo-per-capita-de-arroz-en-colombia-es-de-39-kilos-2515921>
- La Razón. (19 de FEBRERO de 2013). *LA RAZON, Construir ladrillos con papel reciclado*. Obtenido de <https://www.larazon.es/verde/construir-ladrillo-con-papel-reciclado-EH1108776>
- Laguna, M. C. (2011). *Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción (Tesis de Grado)*.
- Li, T. (2018). *Prensa Hidráulica máquina de fabricación de ladrillo ecológico*. Obtenido de Alibaba.com: <https://spanish.alibaba.com/img/LY1-10-prensa-hidr%C3%A1ulica-m%C3%A1quina-de-fabricaci%C3%B3n-de-ladrillo-ecol%C3%B3gico-300008588430.html>
- Luna-Cañas L.M, R. R.-O. (2014). *Reciclaje de residuos sólidos agroindustriales como aditivos en la fabricación de ladrillos para el desarrollo sostenible de materiales de construcción*.
- Marulanda, O. F. (2012). *MODELACIÓN CON ELEMENTOS FINITOS DE MUROS DE MAMPOSTERÍA P.I.* Bogotá: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.

- Mena, M. (17 de Febrero de 2017). *Twitter Marcelo Mena*. Obtenido de <https://twitter.com/marcelomena/status/830061727643492353>
- Ministerio de Ambiente. (2014). *parquearvi.org*. Obtenido de Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente: <http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-Ley-2811-de-1974.pdf>
- Ministerio de Ambiente. (mayo de 2018). *Ministerio de ambiente*. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/leyes/2a-ley_0023_1973.pdf
- Ministerio de Minas. (Abril de 2017). *NORMATIVIDAD GENERAL PARA EL CONTROL A LA EXPLOTACIÓN ILÍCITA*. Obtenido de Ministerio de Minas y Energía: https://www.minminas.gov.co/documents/10192/23876760/120417_cartilla_norma_ct_rl_explotacion_ilicita.pdf/3a88a8ce-8e17-415d-ac6b-87f474cc304d
- Ministerio de Minas y Energía. (2001). Ley 685 de 2001. Bogotá: Agencia Nacional De Minería. https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/2001/ley_0685_2001.pdf.
- Minminas. (2016). Explotacion de materiales de Construcción.
- Molano Vergara, M. A. (2005). *Evaluación sísmica de mampostería no estructural reforzada con listones de madera P. 3*. BOGOTÁ: Pontificia Universidad Javeriana.
- Monika Brümmer. (19 de MARZO de 2008). *Ladrillos de Cañamo, el hermano verde del rey del andamio*. Obtenido de ELMUNDO.ES: <http://www.elmundo.es/elmundo/2008/03/19/suivienda/1205918776.html>
- Morgan, D. (1993). Thermal analysis including evolved gas analysis of clay raw materials. *Appl. ClaySci.* 8, .
- Muñoz, J. o. (2011). Simulación de la producción de hidrógeno y metanol a partir de la gasificación de cascarilla de arroz con vapor. *Dyna Vol 78, No 165*, 122 - 131.
- N. Fuentes Molina, O. I. (2015). Residuos agroindustriales como adiciones en la elaboración de bloques de concreto no estructural. En *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2) DOI: <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.1434> (págs. 99 - 116).
- NEGOCIOS RENTABLES. (Mayo de 2017). *Como abrir una fabrica de ladrillos ecológicos rentable*. Obtenido de NEGOCIOS RENTABLES: <https://negociosrentablesfx.com/abrir-una-fabrica-ladrillos-ecologicos-rentable/>
- Neuman, G. (27 de Septiembre de 2016). *Green Building Community*. Obtenido de Todo lo que tienes que saber sobre edificios sustentables: <http://www.latamgbc.com/edificios-sustentables/>

- NSF, N. S. (22 de MAYO de 2007). *National Science Foundation*. Obtenido de Ladrillos fabricados a partir de residuos de la central eléctrica de carbón pasan la prueba de seguridad: https://www.nsf.gov/news/news_images.jsp?cntn_id=109594&org=NSF
- NSF, N. S. (2007). *National Science Foundation US*. Obtenido de http://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=109594&org=NSF&from=news
- Ochando. (12 de FEBRERO de 2013). *Enconstruccion*. Obtenido de Hempcrete, un material muy verde.: <https://enconstruccionblog.wordpress.com/2013/02/12/hempcrete-un-material-muy-verde/>
- Oti, J. K. (2008). Developing unfired stabilised building materials in the UK, Proceedings of ICE. Journal of Engineering Sustainability 161 (4), 211–218 . doi:10.1680/ensu.2008.161.4.211.
- P. Raut, S. &. (2011). Development of sustainable construction material using industrial and agricultural solid waste: A review of waste-create bricks , Retrieved from www.scopus.com. *Construction and Building Materials*, 25(10), 4037-4042.
- Paez, J. &. (2006). Uso del SiO₂ obtenido de la cascarilla de arroz en la síntesis de silicatos de calcio. *Revista Academia Colombiana de Ciencias*, 581 - 594.
- Pari, C. A. (2016). *Reutilización de plástico pet, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo (Tesis Maestría)*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Piqueras, V. Y. (8 de Septiembre de 2013). Obtenido de ¿Cuándo se inventó el primer cemento artificial?: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/09/08/primer-cemento-artificial/>
- Rentería, Y. A. (2012). *SISTEMAS CONSTRUCTIVOS Y ESTRUCTURALES APLICADOS AL MEDELLÍN: UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN*.
- Revista Arqhys. (2013). Nuevo material ecológico: ladrillos con papel reciclado. *Revista Arqhys*, <http://www.arqhys.com/nuevo-material-ecologico-ladrillos-de-papel-reciclado.html>.
- Revista Ei. (27 de JULIO de 2015). *Mejillones producirá ladrillos con cenizas de termoeléctricas*. Obtenido de Revista Electricidad: <http://www.revistaei.cl/2015/07/27/mejillones-producira-ladrillos-con-cenizas-de-termoelectricas/#>
- Rivera, J. G. (2018). *Colombia-inn, Con ladrillos ecológicos y al estilo Lego se construye en Casanare. yopal.*. Obtenido de <http://colombia-inn.com.co/con-ladrillos-ecologicos-y-al-estilo-lego-se-construye-en-casanare/>

- Rodriguez Cabrera, E. (Febrero de 2017). *Todo es ciencia*. Obtenido de LA CIUDADES QUE SE CONSTRUYERON CON CASCARILLA DE ARROZ:
<http://www.todoesciencia.gov.co/comparte/la-ciudades-que-se-construyeron-con-cascarilla-de-arroz>
- Safiuddin, M. J. (2010). Utilization of solid wastes in construction materials. . En *International Journal of Physics Sciences*, 5 (13). (págs. 1952-1963). ISSN 1992 - 1950 ©2010 Academic Journals.
- Salazar, A. (s.f.). *Tecnologías Desarrolladas y aplicadas p.11*. Obtenido de Ecoingenieria.org:
<http://www.ecoingenieria.org/docs/Obras%20de%20Ecomateriales.pdf>
- Santos Hernandez, N. e. (2015). El vertimiento de cascarilla de arroz y el medio ambiente. Centro de Información y Gestión Tecnológica. CIGET Pinar del Río. *Avances 17 N° 2* , 165 - 174.
- Schattan, C. (s.f.). *Profesor en linea*. Obtenido de Contaminación industrial: http://www.profesorenlinea.cl/ecologiaambiente/Contaminacion_industrial.htm
- Seisdedos. (2014). *Regla de las tres erres ecológicas: Reducir, reutilizar, reciclar*. Obtenido de <http://www.ifeelmaps.com/blog/2014/07/regla-de-las-tres-erres-ecologicas--reducir--reutilizar--reciclar>
- Servimedia. (2009). *Ecodiario El Economista*. Obtenido de <http://ecodiario.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/1566628/09/09/Rsc-calstar-produce-ladrillos-mas-ecologicos-a-partir-de-cenizas-de-carbon.html>
- Silvia de Schiller, V. G. (2003). Edificación Sustentable: Consideraciones para la calificación del Habitat construido en el contexto Regional Latinoamericano. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 7 No. 1*, 13.
- Taylor, H. (1978). *La química de los cementos. Vol 1. Enciclopedia de la química industrial*. Urmo S.A. ISBN: 84-314-0007-2.
- Toro, S. (2010). FORMULACIÓN MULTI-ESCALA PARA MATERIALES CUASI-FRÁGILES HETEROGÉNEOS CONSIDERANDO. *Mecánica Computacional Vol XXIX*, 2.
- Torres, A. (7 de MAYO de 2012). *Buenastareas.com*. Recuperado el 2012, de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Morteros-y-Concretos/3511591.html>
- UNEP. (2015). Obtenido de http://www.unep.org/SBCI/pdfs/Cities_and_BuildingsUNEP_DTIE_Initiatives_and_projects_hd.pdf


- Vanguardia mx. (2016). *Vanguardia mx*. Obtenido de Diseñan ladrillo ecológico en la UNAM: www.vanguardia.com.mx/articulo/disenan-ladrillo-ecologico-en-la-unam
- Vares, S. y. (1998). Environmental burdens of concrete and concrete products. En *Cargas medioambientales de la producción concreto y productos de cemento* (pág. 8). Finland: Technical Research Centre of Finland.
- Vian A, O. J. (1979). *"Estudio de materiales. Conglomerados hidraulicos"*. Instituto Eduardo Torroja de de la construccion y el cemento. Novena edicion. Madrid.
- Vidaud, E. (Noviembre de 2013). *Revista cyt, De la historia del Cemento, P. 22*. Obtenido de <http://www.revistacyt.com.mx/pdf/noviembre2013/ingenieria.pdf>
- Xataka ciencia. (26 de NOVIEMBRE de 2007). *Bitublock, bloques para la construcción fabricados exclusivamente con basura*. Obtenido de Xataka ciencia: <https://www.xatakaciencia.com/tecnologia/bitublock-bloques-para-la-construccion-fabricados-exclusivamente-con-basura>
- Xu Lingling, G. W. (2005). Study on fired bricks with replacing clay by fly ash in high volume ratio, *Construction and Building Materials*, Volume 19, Issue 3,. En <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2004.05.017..>
- Zhang, L. (2013). "Production of bricks from waste materials—A review." *Constr. Build. Mater.*, 47. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.05.043>.
- Zuchinni, A. L. (2002). Micro-Mechanical Model for the Homogenisation of Masonry. *International Journal of Solids and Structures*, 39.

		AUTORIZACIÓN PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS EN EL REPOSITORIO COLECCIONES DIGITALES		VERSIÓN:	1.0
				CÓDIGO:	FR-RA-BLI-05
Gestión de Recursos Académicos				FECHA:	08-feb-16
FechaSolicitud					
1. DATOS DE PUBLICACIÓN					
(Tesis, trabajo de grado, monografía, artículo, video, conferencia, libro, imagen, fotografía, audio, presentación, trabajos de grado u otros) y del(los) autor(es)					
Documento de Identidad		Apellidos	Nombres	Correo Electrónico	
Tipo	Número				
C.C	93.409.707	CRUZ SIERRA	GUILLERMO ALFREDO	inguillecruz@gmail.com	
C.C	93.413.865	DIAZ PRADA	LUIS FERNANDO	ora.luisdiaz@gmail.com	
C.C	1110466912	Herron Triano	Diego Fernando	Diego.Herron.10@Unimindo.edu	
Título del Documento					
Nombre del Evento Origen (Si aplica)					
Fecha del Evento (Si aplica)					
Palabras Claves (Materias):					
2. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS EN EL REPOSITORIO COLECCIONES DIGITALES UNIMINUTO					
<p>Mediante este documento autorizo a la Corporación Universitaria Minuto de Dios, para publicar el documento (tesis, trabajo de grado, monografía, artículo, video, conferencia, libro, imagen, fotografía, audio, presentación u otro) que a la fecha entrego en formato digital, y doy plena autorización a la Corporación Universitaria Minuto de Dios, de forma indefinida, para que según los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, la Ley 44 de 1993, leyes y jurisprudencia vigente al respecto, haga publicación de este en el Repositorio Colecciones Digitales Uniminuto, ubicado en el sitio Web http://repository.uniminuto.edu:8000/jspui/ para fines educativos y no lucrativos. Esta autorización es válida para las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato digital, electrónico, virtual y para usos en redes, Internet, extranet, y cualquier formato o medio conocido o por conocer.</p> <p>EL AUTOR expresa que el documento (tesis, trabajo de grado, monografía, artículo, video, conferencia, libro, imagen, fotografía, audio, presentación u otro) objeto de la presente autorización es original y lo elaboró sin quebrantar ni suplantar los derechos de autor de terceros, y de tal forma, el documento (tesis, trabajo de grado, monografía, artículo, video, conferencia, libro, imagen, fotografía, audio, presentación u otro) es de su exclusiva autoría y tiene la titularidad sobre éste. En caso de queja o acción por parte de un tercero referente a los derechos de autor sobre el documento (tesis, trabajo de grado, monografía, artículo, video, conferencia, libro, imagen, fotografía, audio, presentación u otro) en cuestión, EL AUTOR asumirá la responsabilidad total y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Corporación Universitaria Minuto de Dios actúa como un tercero de buena fe.</p> <p>Toda persona que consulte ya sea el Repositorio Colecciones Digitales Uniminuto, como el Catálogo en línea u otro medio electrónico, podrá copiar apartes del texto citando siempre la fuente, es decir el título del trabajo y el autor. Esta autorización no implica renuncia a la facultad que tengo de publicar total o parcialmente la obra en otros medios.</p> <p>La autorización debe estar respaldada por las firmas de todos los autores del documento (tesis, trabajo de grado, monografía, artículo, video, conferencia, libro, imagen, fotografía, audio, presentación u otros).</p>					
Si Autorizo <input checked="" type="checkbox"/>			No Autorizo <input type="checkbox"/>		
3. FIRMAS DE AUTOR (ES)					
Firma Autor 1:			Firma Autor 2:		
					
Documento de Identidad No. 93.409.707 IBG			Documento de Identidad No. 93413865 IDG		
Firma Autor 3:			Firma Autor 4:		
					
Documento de Identidad No. 1110466912			Documento de Identidad No.		

DILIGENCIA DE RECONOCIMIENTO
Ante la Notaria Octava del circulo de Ibaguè Comparecio

HERRAN TRIANA DIEGO FERNANDO
Quien exhibió C.C. 1110466917
y manifiesta que la firma puesta en este documento es suya y que el contenido del mismo es cierto.

HOY 31/01/2019 *essxcepts32sxsxsf*

X 
FIRMA DECLARANTE

www.notariasplinea.com
A405NTGGU5NSWDP

SLM

ESTEBAN BOTERO OLAVE NOTARIO (E)

