

**REHABILITACIÓN DE MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL PARA
MUROS DIVISORIOS CON LISTONES DE GUADUA**

**WITMAN CAMILO ACERO HERRAN
CRISTIAN SEBASTIÁN MUÑOZ
LUIS ENRIQUE MELO**



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Fundada en 1951

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
PROGRAMA TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS
BOGOTÁ, D.C., 2016**

**Rehabilitación de Mampostería no Estructural para Muros Divisorios con
Listones de Guadua**

Witman Camilo Acero Herran

Cristian Sebastián Muños

Luis Enrique Melo

**Trabajo Presentado para Optar al Título de Tecnólogo en Construcciones
Arquitectónicas**

Asesor: Cesar Quintana

Docente Facultad de Arquitectura



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Fundada en 1951

Universidad La Gran Colombia

Facultad de Arquitectura

Programa Tecnología en Construcciones Arquitectónicas

Bogotá. D.C., 2016

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá, D.C., Noviembre de 2016

Agradecimientos

Los autores del proyecto queremos agradecer a Dios y todas las personas que nos ayudaron en el proceso del proyecto de grado, como lo son nuestras familias y profesores, haciendo posible la obtención de los buenos resultados durante toda la investigación.

Queremos resaltar el apoyo de nuestros padres de los cuales obtuvimos un apoyo incondicional tanto económico moral y emocional dentro de todo el proceso investigativo.

Finalmente también agradecer a nuestros amigos más cercanos que de una u otra forma nos ayudaron en el proceso investigativo y también a la escuela colombiana de ingeniería que nos prestaron sus instalaciones para llevar a cabo dichos ensayos de laboratorio para comprobar los resultados obtenidos.

Solo nos resta decirles a todas estas personas que sin ellas no habría sido posible la realización de nuestro proyecto.

MUCHAS GRACIAS.

Resumen

El objetivo principal de la rehabilitación de la mampostería no estructural es poder preservar tanto la edificación como la vida de quienes habitan estos espacios, Según el Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, titulo A capítulo 9 elementos no estructurales requisitos y previsiones de sismo resistencia, para los procesos de diseño y construcción de elementos no estructurales.

Se deben adelantar estudios de vulnerabilidad y medir la resistencia de los elementos no estructurales ante un eventual sismo, mediante la implementación de sistemas de reforzamiento los cuales podrían brindar a la estructura de la edificación un mejor comportamiento, para entender de una manera más adecuada la manera en que falla la mampostería no estructural es necesario entender la manera en que se comportan los movimientos telúricos y como estos pueden llegar a afectar una estructura.

La presente investigación, documenta procesos de rehabilitación y reforzamiento para la mampostería no estructural enfocándose principalmente en los muros divisorios de una edificación utilizando como elemento principal de refuerzo listones de guadua laminada la cual ya cuenta con todo un proceso técnico en donde se modifica la forma original del elemento “tubular” transformándola en un elemento plano; utilizando como adhesivo polivinilo de acetato (PVA) el cual le brinda un mejor comportamiento ante el esfuerzo cortante resistiendo 7,92 Mpa por centímetro cuadrado, ya en el proceso de elaboración de los muretes se utilizan herramientas convencionales que no necesitan de una previa capacitación para su adecuada manipulación lo que facilita la fabricación de los muretes.

Por último se someten los muretes realizados a pruebas de laboratorio “Ensayo a tracción diagonal” para así poder determinar su resistencia y ver si el resultado obtenido es favorable con el tipo de refuerzo utilizado y poder comparar su resultado con las demás investigaciones consultadas respecto a sistemas de rehabilitación.

Palabras Claves: Mampostería reforzada; Sismo; muros estructurales, Guadua, Distribución de cargas, Eficiencia de materiales.

Tabla de Contenido

Introducción	12
Planteamiento del Problema.....	15
Descripción de la Situación Problema.....	15
Justificación	15
Objetivos.....	16
Objetivo general.....	16
Objetivos específicos.	16
Hipótesis	17
Marco Normativo	18
Marco Referencial	21
Reforzamiento Laminado	21
Fibras de carbono.....	21
Varilla de fibra de vidrio.....	22
Reforzamiento con listones de madera	23
Reforzamiento con pet reciclado:	23
Marco Teórico.....	25
Marco Teórico del Bambú.....	25
Rizoma.....	28
Cepa.....	28
Basa.....	29
Sobre-basa.....	30
Varillón.....	30
Copa.....	31
El bambú como elemento natural.	31
<i>Edad.</i>	36

<i>Corte.</i>	36
<i>Curado.</i>	37
<i>Preservación química.</i>	37
<i>Secado.</i>	38
Marco Teórico del Ladrillo.....	40
Marco teórico del mortero	47
Cemento portland gris.....	48
La arena.....	50
Agua.....	51
<i>Contenido de materiales por metro cubico de mortero en proporción 1:5.</i>	52
Aéreos.....	53
Morteros calcáreos.....	53
Morteros de yeso.....	53
Morteros de cal y cemento.....	53
Mortero en estado plástico.....	57
Manejabilidad.....	57
Retracción.....	58
Hidráulicos o acuáticos.....	59
Adherencia.....	59
Resistencia.....	60
Durabilidad.....	61
Apariencia.....	61
Marco Teórico del Sismo.....	66
Marco Teórico de la Mampostería.....	69
Metodología.....	76
Elementos para el Proceso de Elaboración de Muretes	76
Elaboración de Muretes	78
Reforzamiento de Muretes.....	81
Transporte de Muretes	83
Resultados de la Prueba Realizada en los Muretes.....	90

Análisis y discusión de resultados	92
Matriz Comparativa de Costos	94
Conclusiones y Recomendaciones	100
Proyectos Futuros	101
Referencias Bibliográficas	102
Anexos.....	110

Índice de gráficas

Gráfica 1. Índice de aprovechamiento del bambú en Colombia	34
Gráfica 2. Estructura de la guadua y sus propiedades	35

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Posibilidades de reforzamiento en un muro con láminas de FCRP	22
Ilustración 2. Ubicación de los anclajes de los muretes	23
Ilustración 3. Método de ensayo de fluidez para el mortero	58
Ilustración 4. Mampostería no reforzada.....	70
Ilustración 5. Mampostería confinada.....	70
Ilustración 6. Mampostería reforzada	71
Ilustración 7. Distanciamiento entre juntas	71
Ilustración 8. Daños típicos de elementos no estructurales en una vivienda.....	72
Ilustración 9. Configuración estructural	74
Ilustración 10. Ubicación de los anclajes de los muretes.....	98

Índice de Imágenes

Imagen 1. Profundización (2cm) de las grietas principales de la albañilería.....	22
Imagen 2. Reforzamiento con láminas de tereftalato de polietileno (PET).....	24
Imagen 3. Rizoma	28
Imagen 4. Ceba	29
Imagen 5. Basa	29
Imagen 6. Sobre basa	30
Imagen 7. Varillón	30
Imagen 8. Copa	31

Imagen 9. Composición de la guadua a nivel morfológico.....	35
Imagen 10. Edad	36
Imagen 11. Corte	36
Imagen 12. Curado	37
Imagen 13. Preservación química	37
Imagen 14. Secado	38
Imagen 15. Productos derivados de la guadua	38
Imagen 16. Perforación horizontal (PH)	41
Imagen 17. Macizos	41
Imagen 18. Perforación vertical	41
Imagen 19. Dimensiones de ladrillos macizos	42
Imagen 20. Dimensiones de ladrillos huecos	43
Imagen 21. Ladrillos en adobe	43
Imagen 22. Muro en adobe	44
Imagen 23. Tipos de ladrillos.....	45
Imagen 24. Mezcla de mortero	47
Imagen 25. Cemento portland	48
Imagen 26. Agregados pétreos.....	50
Imagen 27. Arena.....	51
Imagen 28. Agua	51
Imagen 29. Aditivos	52
Imagen 30. Retracción del mortero	59
Imagen 31. Diferencia del mortero	59
Imagen 32. Prueba de resistencia del mortero.....	60
Imagen 33. Durabilidad del mortero	61
Imagen 34. Tamices	65
Imagen 35. Análisis del terremoto.....	67
Imagen 36. Sismógrafo.....	67
Imagen 37. Continuidad estructural.....	73
Imagen 38. Herramientas y materiales necesarios para la fabricación.....	76
Imagen 39. Transporte, Descargue y Almacenamiento de Materiales	77

Imagen 40. (izquierda) Corte horizontal (derecha) Corte vertical	78
Imagen 41. Perforación de medio bloque y de bloque completo	78
Imagen 42. Preparación (izquierdo) Mezcla de mortero y (derecho) Especificaciones ..	79
Imagen 43. Incorporación de varillas roscadas y Relleno de bloques con mortero	79
Imagen 44. Elaboración primera hilada.....	80
Imagen 45. Nivelación horizontal y vertical.....	80
Imagen 46. Terminado de los muretes.....	81
Imagen 47. caja de aseguramiento	81
Imagen 48. Aseguramiento de la lámina guadua al murete	82
Imagen 49. Clavado de puntillas al marco	82
Imagen 50. Clavado de puntillas al marco	83
Imagen 51. Marco terminado	83
Imagen 52. Amarre de muretes	84
Imagen 53. Colocación tabla burra en la escalera	84
Imagen 54. Deslizamiento sobre la tabla burra en las escaleras	85
Imagen 55. Descanso	85
Imagen 56. Alzado de muro a pulso	86
Imagen 57. Colocación tabla burra y Deslizamiento del murete	86
Imagen 58. Paso adicional para evitar alzada a pulso	87
Imagen 59. Paso del segundo al primer piso	87
Imagen 60. Muretes en el primer piso	88
Imagen 61. Rampla entre garaje y vehiculo.....	88
Imagen 62. Descargue de los muretes	89
Imagen 63. Montaje para pruebas	89
Imagen 64. Fallas presentadas en los muretes	90
Imagen 65. Reforzamiento de muros con fibra de carbono.....	95
Imagen 66. Reforzamiento con varilla de fibra de vidrio	96
Imagen 67. Reforzamiento con correas de acero	97
Imagen 68. Reforzamiento con listones en guadua.....	99

Índice de tablas

Tabla 1. Contenido de materiales de materiales por metro 2 de mortero.....	52
Tabla 2. Agregados, clasificación y dosificación.....	54
Tabla 3. Uso del mortero en cemento	54
Tabla 4. Relación agua-cemento y resistencia a la compresión para morteros.....	55
Tabla 5. Clasificación de los morteros de pega por propiedad o por proporción	56
Tabla 6. Celdas de inyección para morteros	57
Tabla 7. Fluides recomendada del mortero para diversos tipos de estructura y condiciones de colocación	57
Tabla 8. Determinación de resistencia a la compresión en cubos de mortero de pega para muretes	60
Tabla 9. Ensayo de fluides del mortero para muretes	63
Tabla 10. Ensayo de fluides del mortero para prismas.....	66
Tabla 11. Cantidad de TNT liberada en un sismo.....	68
Tabla 12. Variables registradas durante la prueba.....	91
Tabla 13. Tabla de costos láminas de madera	94
Tabla 14. Tabla de costos láminas de fibra de vidrio	95
Tabla 15. Tabla de costos con varilla de fibra de vidrio	96
Tabla 16. Tabla de costos reforzamiento con correas de acero.....	97
Tabla 17. Tabla de costos reforzamiento con listones en madera	98
Tabla 18. Tabla costos autores propios	99

Introducción

El uso de materiales provenientes de la naturaleza se ha convertido en un referente a la hora de construir; desde tiempos inmemoriales las construcciones han abarcado todos los aspectos de la vida humana, debido a la necesidad del hombre de hacer usos de las diferentes técnicas que le han permitido mantener una simbiosis con su entorno.

Estas diferentes técnicas para construir le han permitido generar un alto impacto en la sociedad, sin embargo, las fallas que se presentan en las estructuras se debe a las diferentes composiciones que son usadas, es por ello que la mayor parte de las sociedades han creado especificaciones técnicas que les permiten estandarizar este tipo de procesos; estas normas permiten asegurar que cada estructura construida sea preservada tanto en su integridad como en lo que respecta a la vida humana.

Por otro lado, durante el desarrollo de las grandes ciudades no se tuvieron en cuenta las especificaciones que se deben manejar en lo que respecta al uso de los materiales naturales, y que fueron usados en su gran mayoría por los pueblos indígenas americanos, quienes trabajaron diferentes elementos que tenían a su alcance como la guadua, la tierra (adobe), combinados con otro tipo de compuestos. Este crecimiento se ha visto afectado por las condiciones de la naturaleza, y en lo que respecta a la actividad sísmica de la tierra, que aunque son condiciones naturales, la mano del hombre ha causado el deterioro de los suelos ignorando las consecuencias de sus acciones y por consiguiente se ve afectado este y sus construcciones (Naturaeduca, s.f.).

Es así que las fallas estructurales que se presentan en las diferentes construcciones se deben a las condiciones que desempeñan los materiales utilizados, de hecho, estas fallas tienen mucho que ver con la resistencia de los materiales y las cargas que estos se ejercen en la mampostería estructural, el cual es el punto de partida para el análisis que se realizó en lo que respecta a las deficiencias del diseño de los muros, y las condiciones que se presentan sean estas naturales o no (Godoy & construcción, s.f.). Para identificar estos aspectos es necesario mencionar la importancia que tienen las normas técnicas de construcción y así mismo con el manejo de los diferentes materiales y compuestos utilizados para la mampostería no estructural en los muros y su reforzamiento.

Esto ha dado lugar a la tecnificación de la mampostería reforzada, que cuenta con la capacidad de resistir las diferentes cargas que actúan sobre los muros y permiten una mayor

resistencia; sin embargo los problemas estructurales comienzan una vez se ha detectado la torsión que presentan los muros, la cual en algunos casos los deja totalmente deshabilitados.

Hasta ahora la inclusión de elementos naturales como el bambú y el adobe no estaba siendo tomada en cuenta dentro de una norma técnica, sin embargo debido a su composición, estos elementos trabajados con las técnicas adecuadas, con herramientas útiles permiten subsanar los daños causados, como se dijo anteriormente, por las condiciones en que estos fueron creados, es allí donde este tipo de materiales son usados para la rehabilitación de las construcciones donde resultan eficientes, depende de los diferentes modelos utilizados y que han podido comprobarse a través de diferentes pruebas de laboratorio realizadas, sobre todo en aquellos países que han tenido pérdidas estructurales de sus edificios en diferentes grados por actividades sísmicas (San Bartolome & Loayza, 2008).

Planteamiento del Problema

Teniendo como referencia los problemas que se presentan en la mampostería no estructural, se desarrolla una investigación a partir de otros trabajos realizados y demás referentes con el fin de solucionar el comportamiento estructural de este tipo de mampostería a través de la implementación de nuevos elementos que permitan mitigar las fallas y así poder aumentar su índice de tolerancia a este elemento.

Por otro lado, en el trabajo realizado por (Molano & Serrano, 2005), titulado “Rehabilitación Sísmica de Mampostería no Estructural Mediante Listones de Madera”, se lleva a cabo una investigación en la cual se pretende dar solución a un problema que presenta la mampostería no estructural al momento en que se ve la aparición o presencia de agrietamiento en la mampostería por movimientos telúricos; viéndose así con un índice mayor de fallo las viviendas que no cuentan con un proceso de diseño y construcción adecuada de acuerdo a la NSR-10 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, s.f.), donde estas casas son realizadas bajo un sistema de autoconstrucción.

Descripción de la Situación Problema

La presencia o aparición de agrietamiento en los muros de mampostería no estructural por causa del sismo, evidencia la necesidad de generar un tipo de refuerzo que permita aumentar la estabilidad y resistencia de este tipo de sistema, debido a que al momento en que se presenta un evento sísmico este tipo de sistema no tiene la capacidad de poder resistir de manera adecuada el evento, causando así fallas que pueden afectar la estabilidad de la estructura y de quien reside en este lugar.

Justificación

De acuerdo a lo presentado anteriormente, se identifica la necesidad de llevar a cabo un estudio de investigación sobre el comportamiento de los muretes de mampostería no

estructural ante sismos a partir de otros trabajos ya realizados anteriormente, de manera que se puedan evidenciar los problemas que presenta en la actualidad la mampostería no estructural (agrietamiento y falla de su estructura por causa de sismo), y comparar los resultados obtenidos en la nueva investigación con la ya existente y ver cuál de los dos materiales brinda una mejor respuesta ante un evento sísmico.

Objetivos

Objetivo general.

Modificar la materialidad usada según la tesis de (Molano & Serrano, 2005) presentada en la universidad javeriana (Bogotá-Colombia) titulada “rehabilitación sísmica de mampostería no estructural mediante listones de madera”, para muros divisorios construidos con bloque de perforación horizontal número 5 implementado otro material como lo es la guadua o bambú.

Objetivos específicos.

- Determinar el comportamiento de los muretes con su sistema de refuerzo “rehabilitación de mampostería no estructural para muros divisorios con listones de guadua”, por medio de pruebas de laboratorio (Ensayo a Tracción Diagonal); y así poder definir su resistencia.
- Determinar el comportamiento, de los muretes por medio de pruebas de laboratorio, así como se menciona en el trabajo de grado de referencia “con refuerzo, sometidos a esfuerzos flectores”.
- Establecer por medio de un APU (Análisis De precios Unitarios), la factibilidad del sistema de refuerzo planteado para muros divisorios.

Hipótesis

Teniendo en cuenta los problemas que presenta la Mampostería no Estructural (agrietamiento y falla de su estructura por causa de sismo); ¿Se podría aumentar la resistencia de los muretes con listones en guadua utilizándolo como elemento principal para el sistema de refuerzo?

Marco Normativo

En este capítulo se hará mención a las normas que requiere la rehabilitación de mampostería no estructural, de esta forma daremos a conocer la normativa necesaria para poder reparar un muro ya construido la cual ayudara a aumentar o mejorar su resistencia ante eventos ya sean por sismos o por factores como asentamientos diferenciales.

Se deberá de tener en cuenta que la mayoría de viviendas que presentan fallas de agrietamiento las cuales fueron elaboradas con las NSR-98 (Norma sismo resistente) (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], s.f.), con los avances tecnológicos e investigativos fue mejorada y modificada las normativas y la cual hoy en día se conoce como NSR-10 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, s.f.), la cual se encuentra vigente actualmente y es la que rige actualmente la construcción en Colombia.

Se hará conocer no solo las normas necesarias para la elaboración de los muretes si no las normatividades que se requiere para la elaboración de los muros en arcilla recocida con listones en guadua.

Acuerdo 20 de 1995, por el cual se adopta el Código de Construcción del Distrito Capital de Bogotá, se fijan sus políticas generales y su alcance, se establecen los mecanismos para su aplicación, se fijan plazos para su reglamentación prioritaria y se señalan mecanismos para su actualización y vigilancia, modificado por el decreto distrital 74 de 2001, complementado y modificado por el decreto distrital 193 de 2006 (Concejo de santa fe de Bogotá, 1995).

Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, s.f.), actualización de reglamento colombiano de construcción resistente, Creada por la Ley 400 de 1997 el reglamento fue modificado mediante los decretos: 092, de fecha 17 de enero de 2011 y 0340, de fecha 13 de febrero de 2012 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, s.f.).

Ley 400 del 19 de agosto de 1997, Por la cual se adoptan normas sobre Construcciones Sismo Resistentes, del 19 de agosto del mismo año, modificada por la Ley 1229 de 2008; del 16 de julio de 2008. (Congreso de Colombia, 1997).

Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, título A- requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente, este título comprenden la ley 400 de 1997, ley 1229 de 2008 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica , 2010). En este título comprenden el título A.2.5.1.1, A.2.5.1.2, A.2.5.1.3, y A.2.5.1.4.

Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, título A capítulo 9 elementos no estructurales requisitos y previsiones de sismo resistencia, para los procesos de diseño y construcción de elementos no estructurales. Dentro de los que se incluyen, acabados y elementos arquitectónicos y decorativos, según se indica en el punto (a) del numeral A.9.1.2 — ALCANCE del Reglamento según (Ahumada, 2015).

Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, título A capítulo 10 evaluación e intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del reglamento - nsr-10 según (Ahumada, 2015). En este capítulo comprende el título A.10.1.3.2, A.10.1.3.3, A.10.1.3.4, A.10.1.3.5, A.10.1.3.6

NTC 4205 esta norma es la encargada de los requerimientos mínimos que deben de cumplir los ladrillo o bloques y clasificarla según su uso (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 2000).

NTC 296 dimensionamiento para los ladrillos en arcilla pre-cocida. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 2000).

NTC 4017 muestreo y ensayos de mampostería en arcilla. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y de Certificación [ICONTEC], 2005).

NTC 4051 terminología y definición de los elementos. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 2000).

NTC 4205-2 mampostería no estructural. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 2000).

NTC 4205-3 mampostería en para fachadas en arcilla. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 2000).

NTC 1000 metrología sistema unidades internacionales. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 2004).

ASTM C270 Especificación estándar para mortero usado en mampostería (ASTM International, s.f.)

ASTM C1142 Especificación estándar para el extendido del mortero de albañilería. (ASTM International, 2013).

ASTM C 33 especificación estándar para los agregados de concreto (ASTM International, 2008).

Marco Referencial

Existen varios motivos por la cual es necesaria la intervención de los muros estructurales no reforzados los cuales ha llegado a crear diferentes métodos de reforzamientos implementando diferentes materiales para su uso, los principales factores que se intervienen son agrietamiento por causas de sismos asentamientos y por deterioro por tiempo.

Por estos motivos se ha incentivado al mejoramiento de estos elementos mejorando su capacidad de resistencia lo cual conlleva al mejoramiento sísmico y asentamiento cabe aclarar que si no se posee un adecuado diseño estructural cumpliendo las normas mínimas de diseño no es posible un adecuado reforzamiento y reparación por lo contrario incrementaría su volumen y provocaría un rápido volcamiento del elemento; de esta forma se ha llegado a crear diferentes tipos de elementos los cuales se clasifican en laminados.

Reforzamiento Laminado

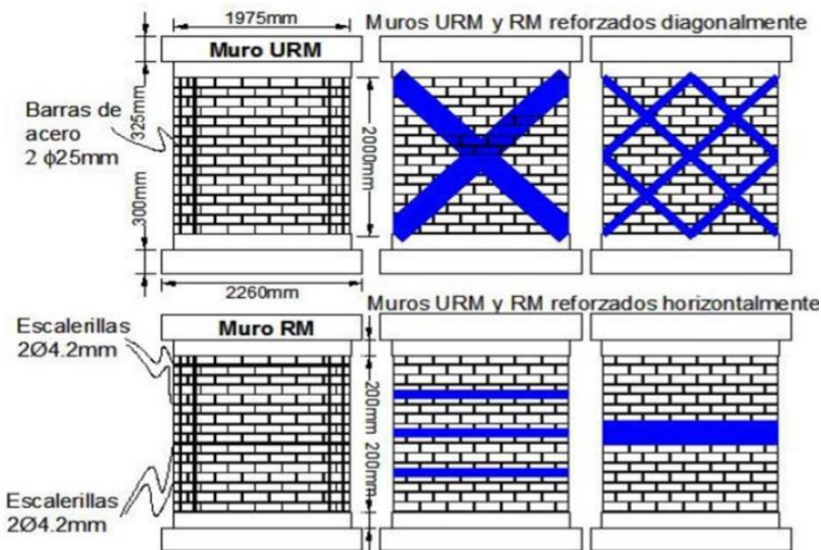
Son elementos cuya propiedad es brindar una mayor capacidad de resistencia mediante listones de ciertos materiales según (Ahumada, 2015), de esta manera se pretende mantener la resistencia de la unidad estructural de la mampostería, reducir las fallas frágiles y explosivas, por cargas dinámicas producidas por el efecto sísmico.

Unos de los principales factores que se debe de tener en cuenta para la implementación de estos elementos es peso bajo, instalación rápida, bajo espesor, adaptables al muro según su forma, de estos se derivan en láminas con fibra de carbono (San Bartolome & Coronel, 2010) , varillas con fibra de vidrio, listones de madera, Pet reciclado.

Fibras de carbono.

Son elementos fabricados a partir de fibras de carbono entretejidas a una matriz de resina de polímeros según (San Bartolome & Coronel, 2010)

Ilustración 1 Posibilidades de reforzamiento en un muro con láminas de FCRP



Fuente: (San Bartolome & Coronel, 2010)

Varilla de fibra de vidrio.

Son varillas fabricadas a partir de la fibra de vidrio reforzando muros por fuerzas de corte implementándolas en las grietas de mayor dimensión y generando una resistencia adicional según (San Bartolome & Loayza, 2008).

Imagen 1. Profundización (2cm) de las grietas principales de la albañilería.



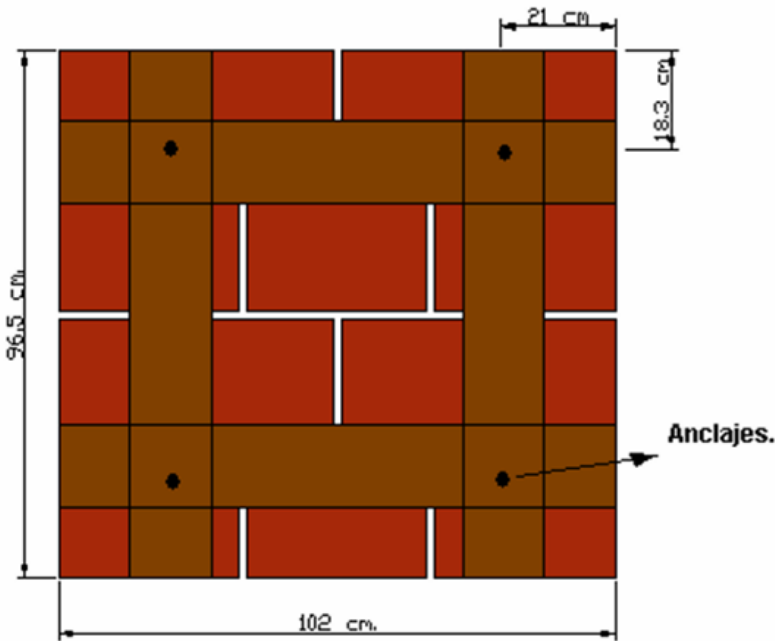
Fuente: (San Bartolome & Coronel, 2010)

Los ladrillos centrales triturados fueron removidos y reemplazados por mortero 1:3.

Reforzamiento con listones de madera

Son listones de madera puesto de manera reticular de forma horizontal y vertical formando una cuadrícula de esta forma permite la facilidad del proceso constructivo y generando resistencias de un 26,9% según (Molano & Serrano, 2005).

Ilustración 2. Ubicación de los anclajes de los muretes



Fuente: (San Bartolome & Loayza, 2008)

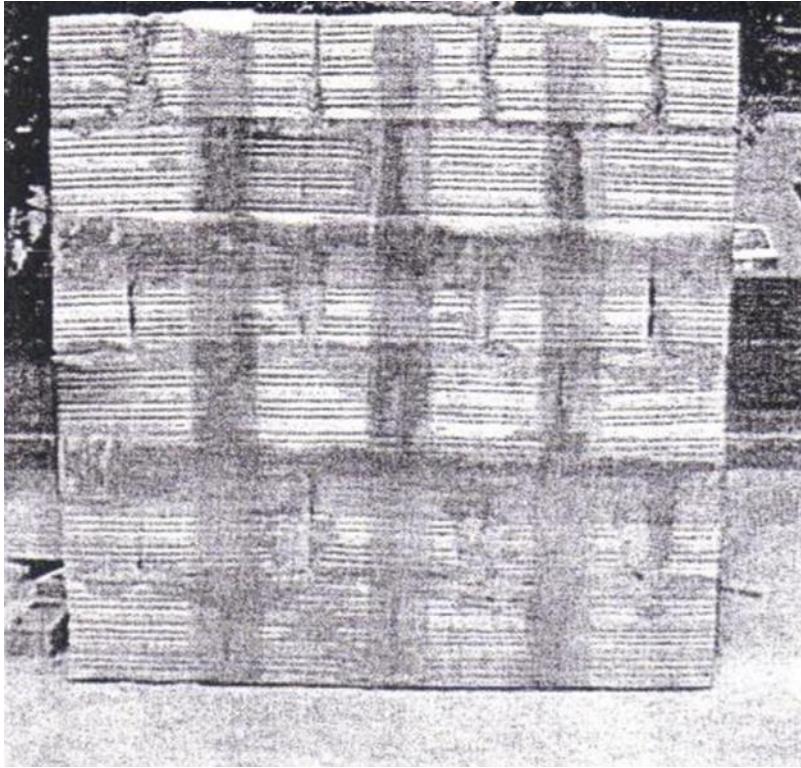
Reforzamiento con pet reciclado.

Los recipientes usados deben de ser coleccionados y enviados a plantas industriales, en las cuales los transforman en hojuelas de PET como material base para producir nuevos productos.

Dentro de los polímeros termoplásticos que son reciclables están el tereftalato de polietileno (PET), el polietileno, el polipropileno, el poli-cloruro de vinilo y materiales relacionados, el poli-estireno, los derivados acrílicos y los cauchos.

En el caso del PET, los recipientes que se producen son 100% reciclables (Ahumada, 2015, pág. 55).

Imagen 2. Reforzamiento con láminas de tereftalato de polietileno (PET)



Fuente: (Ahumada, 2015)

Marco Teórico

Marco Teórico del Bambú

En este apartado se encuentra todo lo pertinente al Bambú, en donde se muestra las características generales de este elemento natural, lo cual lo hace un material adecuado para llevar a cabo el desarrollo de los objetivos de la investigación.

El Bambú es un tipo de planta perteneciente a la familia de las gramíneas, en este grupo familiar se destaca la guadua angustifolia Kunth la cual ocupa un lugar importante en el continente de América, este tipo de planta cuenta con un porcentaje alto de utilización en los siguientes países Ecuador, Venezuela y Colombia, en donde la utilizan en varios campos de acción como por ejemplo en la realización de elementos decorativos, artesanales y en la construcción de viviendas ya que este material por sus propiedades físico-mecánicas tiene una respuesta óptima ante esfuerzos de tensión y compresión axial, teniendo mejor respuesta ante esfuerzos de tensión y aun mejor tiene una relación resistencia-peso que la hace un material mano portable y de fácil manejo para la fabricación de elementos estructurales como por ejemplo columnas, vigas, etc.

Teniendo en cuenta la importancia de este material y su gran aporte en el avance de tecnologías para el campo de la construcción, este material hasta hace poco se pudo incluir en una norma que ayude a regularizar y caracterizar su tipo de uso de acuerdo a sus características propias como lo está en la norma sísmo resistente de Colombia (NSR-10) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, s.f.), acciones realizadas de manera inadecuada antes de que se implementara en la norma, llevo a este elemento natural a presentar una gran pérdida de bosques nativos en donde se daba el crecimiento de este material llegando a considerarse una planta en vía de extinción; esto llevo a que se tomara medidas inmediatas en el campo de la investigación para evitar su extinción, tratando el tema de la preservación de este tipo de planta desde los años de 1980, y teniendo ya un conocimiento en cuanto a la preservación se pudo establecer los pasos a seguir para la

propagación y reproducción de esta planta, de esta manera en la actualidad se cuenta con varios métodos de cultivo para la prolongación de esta especie así pudiendo recuperar las áreas de bosques nativos que se habían perdido.

La Guadua o caña guadua es un bambú americano, en donde existe desde épocas precolombinas. Fue recolectada en 1783 por José Celestino Mutis en la Real Expedición Botánica, luego en 1806 fueron colectados y estudiados especímenes por Humbolt y Bonpland quienes la encontraron en su viaje a América en el río Casiquiare en Venezuela y en la Cordillera de los Andes en Colombia por el camino que conduce de Santafé de Bogotá a la zona cafetera. Estos botánicos incluyeron a esta gramínea gigante Americana dentro del Genero Bambusa del Asia que era el género que ellos conocían antes de viajar al Nuevo Mundo. Posteriormente, en 1822 el botánico Alemán Karl Sigismund Kunth estudia con más profundidad el material botánico recolectado por los dos primeros y encuentra que las características de éste bambú Americano son muy diferentes a los bambúes Asiáticos y crea el Genero Guadua, haciendo uso del vocablo indígena “guadua” empleado por las comunidades nativas de Colombia y Ecuador.

La taxonomía es la ciencia que nombra y clasifica los individuos. Basados en ella encontramos que la guadua pertenece a la familia Poaceae, a la subfamilia Bambusoideae y al género Guadua. Las especies de éste género se pueden distinguir de los demás bambúes principalmente por los culmos largos y espinosos, las bandas de pelos blancos a lado y lado de la región del nudo, hojas caulinares en forma triangular con sus bordes continuos. Adicionalmente se resalta una característica especial que es la forma de la espiguilla y flores.

En América la guadua se distribuye desde los 23° de Latitud Norte en San Luis de Potosí, México, hasta los 35° de latitud Sur en Argentina. Reúne aproximadamente 30 especies que crecen en todos los países de América Latina

con excepción de Chile y las Islas del Caribe, pero se ha introducido con éxito en Puerto Rico, Cuba, Haití y Trinidad.

De las 30 especies, la *Guadua angustifolia* sobresale por sus propiedades físicas y mecánicas que las han convertido en un excelente material de construcción. También sobresale por el tamaño de los culmos (tallos) que pueden alcanzar 30 metros de altura y 25 centímetros de diámetro. Esta especie se encuentra en estado natural en Colombia, Ecuador y Venezuela y reúne dos subespecies o variedades clasificadas: *G. angustifolia* var. *Bicolor* y *G. angustifolia* var. *Nigra*, las cuales únicamente se han registrado en Colombia. Se estima que en Colombia existen unas 54.000 hectáreas cubiertas con *Guadua angustifolia* y en Ecuador unas 15.000 hectáreas.

Un guadual o mancha es un conjunto de guadas, constituido por individuos o culmos en diferentes estados de madurez que conforman un excelente ecosistema. La mayoría de los guaduales carecen de manejo técnico o por el contrario son exageradamente intervenidos. Estas manchas deben manejarse con criterios de sostenibilidad bajo normas de productividad sin afectar el ecosistema y garantizar el doble propósito que cumplen en la naturaleza que es la protección de suelos, aguas, aire, vegetación y fauna asociada y simultáneamente la producción de madera para diversidad de usos.

La guadua crece óptimamente en sitios cuya altura sobre el nivel del mar va desde los 0 a los 1800 metros, precipitaciones entre 1200 y 2500 milímetros anuales, temperaturas entre 18° y 25° centígrados y humedad relativa superior al 70%. Se adapta a otras condiciones extremas y fuera de los rangos antes mencionados pero su desarrollo no es ideal. No aguanta condiciones de sequía prolongadas. Los suelos ideales para su desarrollo son aquellos ricos en materia orgánica, bien drenados, de textura franco arenosa, areno-limosa, o arcillosa y franco-limosa. A pesar de preferir las orillas de los

ríos y quebradas, se encuentra en óptimas condiciones en sitios pendientes y alejados de fuentes de agua (Botero, s.f., págs. 5-6)

La altura máxima de este tipo de planta es de veinte metros, en donde la totalidad de su longitud no se usa toda en el ámbito de la construcción solo un porcentaje es utilizado ya que una vez la planta ha obtenido su altura máxima de crecimiento, a lo largo del tallo de esta planta las dimensiones y diámetro varían de acuerdo a su proceso de crecimiento donde esta planta está dividida en seis partes las cuales son; *Rizoma*, *Cepa*, *Basa*, *Sobrebasa*, *Varillón* Y *Copa*; cada una de estas partes es implementada de diferente manera en la industria gracias a su resistencia.

Rizoma.

Es la parte del tallo más baja que conforma la raíz de la planta, ayuda a la estabilización del terreno ya que por su estructura amarra el terreno evitando la erosión del mismo causado por la circulación de agua.

Imagen 3. Rizoma



Fuente: (Galicia digital, 2015).

Cepa.

Esta parte se encuentra ubicada en los primeros cuatro metros de la planta, a nivel estructural es usado para columnas, en cuanto a la resistencia de la planta lo determina los nudos entre más unidos se encuentren la resistencia a la flexión aumenta.

Imagen 4. Ceba



Fuente: (Bambus-Conbam, s.f.)

Basa.

Esta parte de la planta se encuentra ubicada en el tramo de cuatro a ocho metros, su uso principal es para la elaboración de esterilla de guadua, en cuanto al campo de desempeño y uso en la construcción es utilizado para muros, formaletas y casetones.

Imagen 5. Basa



Fuente: (Congote, 2009)

Sobre-basa.

Esta parte de la planta se encuentra ubicada en el tramo de los ocho a doce metros, su uso en construcción es implementado como apoyo de las formaletas cumpliendo el trabajo de puntal para las formaletas, vigas y columnas.

Imagen 6. Sobre basa



Fuente. (Acero Vegetal Guadua bambu Colombia , 2015)

Varillón.

Esta parte de la planta se encuentra ubicada a partir de los dieciséis metros en adelante, esta parte del tallo no se usa en la construcción, este elemento se deja en el lugar de crecimiento de este tipo de planta como abono de material orgánico para el terreno.

Imagen 7. Varillón



Fuente: (Quiroga, 2014)

Copa.

Esta parte se encuentra ubicada en el extremo superior de la planta en donde finaliza la totalidad de etapa de crecimiento esta parte tiene una medida entre un metro veinte y dos metros.

Imagen 8. Copa



Fuente: (Bambus-Conbam, s.f.)

El bambú como elemento natural.

Los Bambú tienen una formación distinta en su hoja de acuerdo al lugar en donde se dé su crecimiento las hojas del tallo son de un color distinto a aquellas que crecen en las ramas obtienen una tonalidad verdosa, es poco probable que presente el crecimiento de flores; Esta planta presenta una característica un poco distinta a otros elementos naturales en cuanto a su capacidad de crecimiento y maduración ya que este material cumple con los requisitos mínimos de maduración a los tres años de crecimiento edad donde ya se puede emplear para procesos de fabricación a nivel industrial. Se considera como un material ecológico y sustentable por su alto nivel de crecimiento.

El Bambú es un elemento natural que cuenta con varios usos. En donde su principal campo de acción es el artesanal en donde elaboran un sin número de piezas de decoración y mobiliario para los hogares, a través de las investigaciones ya realizadas a este material natural se logró determinar que este material posee propiedades físico – mecánicas favorables las cuales logran dar respuesta a las exigencias de diseño y construcción actualmente.

Durante el siglo XIX y principios del siglo XX las nuevas técnicas constructivas establecidas en Colombia fueron bastante variadas y separadas regionalmente en muchos casos: arquitectura de madera en las costas, basada en influencias propias del área del Caribe, la cual se trasladó a la costa pacífica a través de las rutas comerciales del canal de Panamá; arquitectura de piedra y ladrillo en el interior; arquitectura de guadua en la región de la colonización antioqueña. El desarrollo de las técnicas del hierro permitió un uso extendido de enrejados y ornamentaciones. El desarrollo de las técnicas de morteros de cal, cemento y yeso permitió el trabajo de diversos tipos de molduras que ampliaron considerablemente la gama de posibilidades de decoración en la nueva arquitectura y en la modificación de la existencia. Primero hemos de definir el significado de arquitectura tradicional

La arquitectura tradicional es aquella que se estableció en una región o en un lugar desde un tiempo ya pasado, que se produce constantemente en el tiempo y que no ha sufrido cambios o alteraciones que le borren sus características esenciales, es la continuación en el presente de una forma de construir que se formó en el pasado según Fonseca & Saldarriaga, (1992, pág. 23) citado en (Salas, 2006, pág. 85).

En la región de la colonización antioqueña se desarrolló una arquitectura rural “construida con guadua” que posteriormente influyó en la arquitectura urbana de la misma región y se convirtió en una de las tradiciones más firmes y existentes en el país. En Bogotá se inició el desarrollo de una arquitectura construida en ladrillo que posteriormente se convirtió en una de las nuevas tradiciones de la arquitectura popular urbana. La arquitectura de la “colonización antioqueña” es un fenómeno gestado y desarrollado ampliamente durante el siglo XIX, en el que se conjugan herencias hispánicas con vestigios de una tradición prehispánica, la construcción en guadua y los insumos propios del Siglo XIX (Salas, 2006, pág. 85).

El origen de la especialidad de esta arquitectura se encuentra en la herencia hispánica acumulada en la región de Antioquia a lo largo del período colonial. Se identifica fácilmente en el trazado de los pueblos fundados por todo su territorio y en la configuración general de las edificaciones, con patios y corredores, cubiertas en teja de barro y aleros; balcones y demás elementos de la textura arquitectónica (Salas, 2006, pág. 86).

La rigurosa cuadrícula aplicada incluso en situaciones topográficas difíciles, es característica indeleble del urbanismo de esta cultura regional. Muestra cómo la tradición hispánica se acogió por los colonizadores, quienes la aplicaron ya sin la necesidad o el mandato de hacerlo. Se advierten incluso menos deformaciones geométricas en estos trazados que en las poblaciones establecidas en la colonia (Salas, 2006, pág. 86).

Como aspecto particularmente interesante de la herencia hispánica en la arquitectura colombiana debe hacerse énfasis en su distinción regional. No obstante, el hecho de que los elementos básicos son constantes, la expresión arquitectónica es distinta ya se trate de lugares en la costa atlántica, la sabana de Bogotá, el Valle del Cauca, Santander o Nariño por citar sólo algunas regiones en que se denota un predominio de la herencia hispánica (Salas, 2006, pág. 86).

La identidad regional de la herencia hispánica muestra la distinción que, desde los mismos tiempos de la colonia, se efectuó como parte de la adaptación de los modelos hispánicos a la diversidad territorial del país y también al encuentro con las culturas nativas que poblaron los diversos recintos geográficos. Es necesario decir que, así como el bahareque es la herencia constructiva más importante del período prehispánico, el adobe es la herencia hispánica más significativa en cuanto a técnicas se refiere, ya que las ciudades y pueblos fueron construidos con esta técnica. De igual manera es necesario

resaltar, de acuerdo con la historiadora Silvia Arango respecto al período Colonial en su libro Historia de la Arquitectura en Colombia:

“ Si se tiene en cuenta la rápida desaparición de los indígenas y de su cultura y el carácter tremendamente impositivo y sangriento de la conquista Española, podría concluirse que lo que aquí se hizo fue tan solo como un capítulo de las arquitecturas españolas en otro suelo, si con respecto a la arquitectura indígena son más protuberantes las rupturas que las continuidades, puesto que los aspectos tipológicos, constructivos y decorativos que se incorporaron fueron relativamente marginales, también es cierto que la arquitectura neogranadina del período colonial no puede estrictamente ligarse al desenvolvimiento de la arquitectura española.” Según Arango (1989, pág. 39) citado en (Salas, 2006).

La siguiente grafica muestra un índice de aprovechamiento del bambú en Colombia de acuerdo a un estudio realizado por el proyecto MSBC (manejo de sostenible de bosques en Colombia) en el eje cafetero. 2002.

Gráfica 1. Índice de aprovechamiento del bambú en Colombia

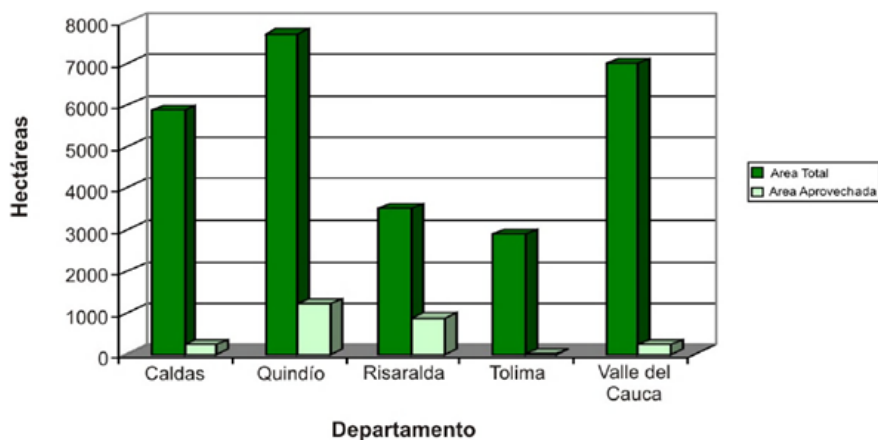


Gráfico 1. Área total en guadua versus Área aprovechada.

Estudio realizado por el proyecto MSBC (Manejo Sostenible de Bosques en Colombia) en el eje cafetero. 2002.

Fuente: (Moreno, s.f., pág. 24).

Gráfica 2. Estructura de la guadua y sus propiedades



Fuente: (Hidalgo, 2003).

La resistencia de este elemento natural no se encuentra especificada como si lo están en otros materiales, por ejemplo el concreto o acero ya que estos materiales si cuentan con un proceso de fabricación realizado bajo unos parámetros técnicos que hacen que se pueda determinar su resistencia final, asunto que no se puede determinar con la guadua ya que su composición y resistencia varían de acuerdo a las condiciones naturales que enfrenta esta planta en su etapa de crecimiento.

Imagen 9. Composición de la guadua a nivel morfológico

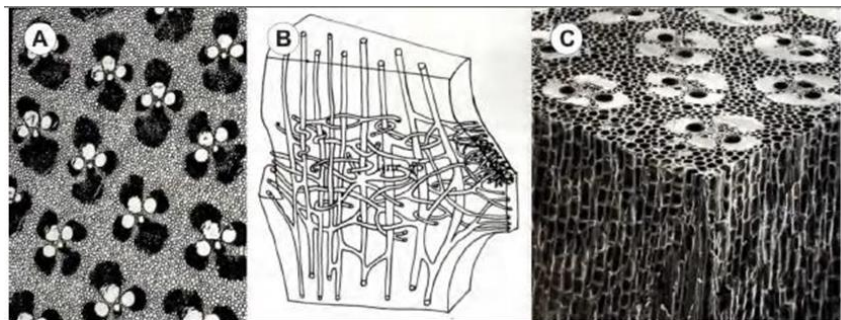


Figura 2.1.3 Morfología básica de la guadua.

A. Haces vasculares embebidos en parénquima (corte transversal), B. Conexiones vasculares en el nudo, C. Vista tridimensional de los haces vasculares embebidos en parénquima.

Fuente: (Liese, 1998)

Edad.

Las mejores propiedades mecánicas se obtienen cuando el culmo este maduro.

Imagen 10. Edad



Fuente: (Agrovitro, s.f.)

Corte.

Cuando tenga la menor cantidad de agua posible, en verano, luna menguante, entre 12pm y 4 am. (Fotosintética de la planta y la atracción lunar es mínima).

Imagen 11. Corte



Fuente: (Sistema de Información Geográfico - SIGGUADUA, s.f.)

Curado.

Se aísla de la humedad (en el guadual) por 20 días, para que los azúcares contenidos se transformen en alcohol- (insectos).

Imagen 12. Curado



Fuente: (Guadua Bambu Colombia, 2016)

Preservación química.

Inmunización, 3-5 días preservante. (4% de ácido bórico+4% de sales de bórax disueltos en agua).

Imagen 13. Preservación química



Fuente: (BambuExport, s.f.)

Secado.

El material debe ser secado por algún método para lograr el contenido de humedad de equilibrio del ambiente. (Fundamental para evitar rajaduras posteriores).

Imagen 14. Secado



Fuente: (Bambú de Colombia, s.f.)

La guadua en la actualidad es un material natural de gran versatilidad, el cual ha demostrado que se puede implementar en varios campos de la construcción como por ejemplo en la fabricación de muros, vigas, columnas entre pisos y muchos más elementos. Alcanzando a tener productos derivados de este como lo son: guadua rolliza, latas de guadua, esterilla, pisos laminados, vigas laminadas.

Imagen 15. Productos derivados de la guadua



Figura 2.3.2 Algunos productos derivados de la guadua.

A. y B. Guadua rolliza, C. y D. Latas de guadua, E. Esterilla,
F. y G. Pisos laminados, H. Vigas laminadas.

Fuente: (Liese, 1998)

- Excelente resistencia a las fuerzas de tensión y compresión axial, siendo la mayor la primera; pero en la práctica es mayor la Resistencia en compresión.
- Excelente relación resistencia/peso.
- La obtención de la guadua requiere menor cantidad de energía que obtener madera de un árbol, o para obtener los elementos del acero.
- El tratamiento adecuado que se le dé desde el corte, preservación, secado y protección en diseño determina la resistencia a factores ambientales.
- Se necesita de un adecuado tratamiento y mantenimiento para asegurar la durabilidad de la guadua.

Como punto de partida en este capítulo es importante resaltar la importancia que ha logrado obtener la guadua en el campo de la construcción a lo largo del tiempo, ya que este material de origen natural ha demostrado grandes resultados al momento de utilizarlo, personas importantes e influyentes en este campo como lo son el arquitecto Colombiano Simón Vélez y el Asesor de desarrollo técnico Jorg Stamm de Nacionalidad Alemana quienes han logrado importantes avances de investigación en el campo de la Guadua; a tal punto que por ejemplo Jorg Stamm en su una investigación Titulada “*Laminados de Guadua*” realiza un análisis a la guadua para modificar su estructura tubular e implementarlo como un elemento laminado después de todo un proceso técnico en donde se muestra el desarrollo del material “Guagua” y obtener un producto que logre en un futuro reemplazar los laminados de madera maciza ya que para la obtención de la materia prima para la elaboración de los laminados se ha afectado de gran manera los bosques tropicales de donde se extrae la madera.

En la actualidad este material de origen natural perteneciente a la familia de las gramíneas, es decir un pasto gigante, es una de las especies vegetales que presentan un mayor crecimiento, este elemento vegetal puede alcanzar un desarrollo de 10 centímetros diarios

aproximadamente, a diferencia de los árboles de bosque tropical quienes necesitan unos treinta años para lograr su máximo crecimiento y lo más importante poder utilizarlos en el campo de la construcción. Teniendo en cuenta todo esto en la actualidad la guadua por su alto índice de crecimiento, a diferencia de los árboles de madera maciza lo hace un elemento idóneo para implementarlo como un tipo de laminado (Stamm, 2002).

Marco Teórico del Ladrillo

En el mercado actual existen varios tipos de ladrillos implementados en la actualidad, con los avances tecnológicos se han podido generar ladrillos o bloques en material reciclado como papel o plástico y los más convencionales en su uso son los de arcilla, cemento, o adobe, pero con nuevas técnicas de uso se han generado nuevas formas y sistemas de implementación para optimizar su uso, generando mejores resultados en la fabricación de viviendas.

Este material se ha implementado hace décadas como Egipto, Mesopotamia palestina según (Arcillas de Colombia, s.f.), ha sido implementado en murallas, palacios etc. Con los avances tecnológicos su forma, dimensión, resistencia ha sido mejorados para brindar mejores resultados en la búsqueda del confort.

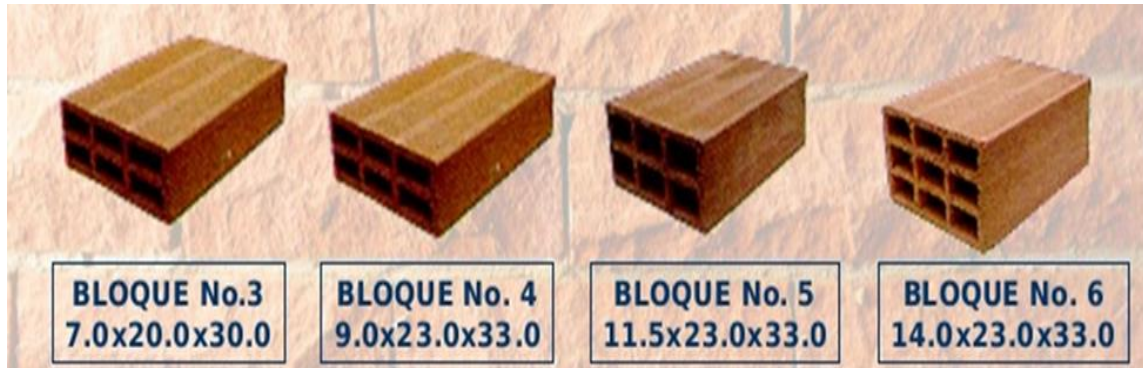
Estos bloques o ladrillos deben de cumplir unas normativas las culés se especifican a continuación:

- NTC 4205 esta norma es la encargada de los requerimientos mínimos que deben de cumplir los ladrillo o bloques y clasificarla según su uso.
- NTC 296 dimensionamiento para los ladrillos en arcilla pre-cocida.
- NTC 4017 muestreo y ensayos de mampostería en arcilla.
- NTC 4051 terminología y definición de los elementos.
- NTC 4205-2 mampostería no estructural.
- NTC 4205-3 mampostería en para fachadas en arcilla.

- NTC 1000 metrología sistema unidades internacionales.

La mampostería en arcilla se divide en tres modos, perforación horizontal (PH), perforación vertical (PV), macizos.

Imagen 16. Perforación horizontal (PH)



Fuente (Rojas, s.f.)

Imagen 17. Macizos



Fuente: (Rojas, s.f.)

Imagen 18. Perforación vertical



Fuente: (ArchiExpo, s.f)

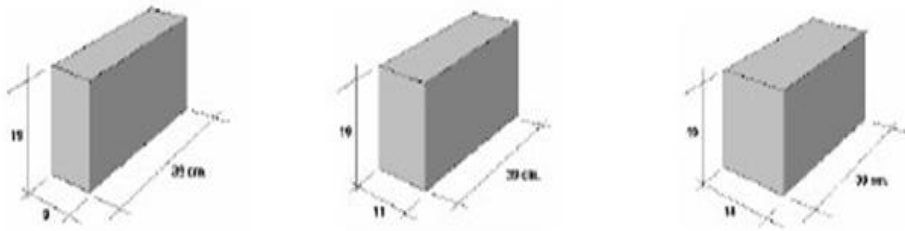
Este material se ha venido implementado en el primer siglo de A.C según (Lee, s.f.), pero a partir del siglo 20 se creó los bloques en cemento de manera comercial, este material por sus características ha brindado nuevas formas constructivas y con los avances tecnológicos se ha mejorado su resistencia, forma.

Estos bloques deben de cumplir unas especificaciones mínimas para el uso de acuerdo a las normativas siguientes:

- NTC 4051 terminología y definición de los elementos.
- NTC 1000 metrología sistema unidades internacionales.
- NTC 4026 bloque y ladrillos en concreto para mampostería estructural.
- NTC 4076 bloques y ladrillos en concreto para mampostería no estructural.

Estos bloques o ladrillos se clasifican en dos tipos macizos bloque con índice macizo superior a 0.8., y huecos bloque con índice macizo entre 0.4 y 0.8 según (Almacenes profesionales para la construcción, 1993).

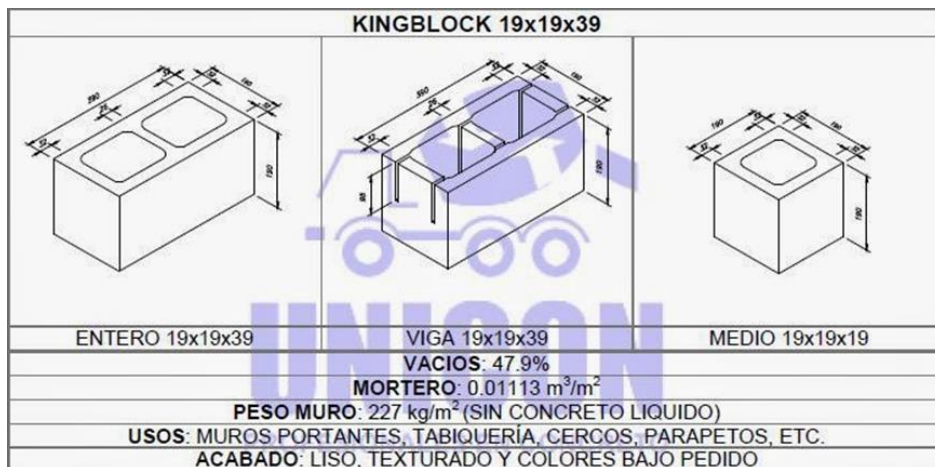
Imagen 19. Dimensiones de ladrillos macizos



código	Medidas modulares	Medidas reales	Peso kg. unidad	Peso kg. palet	Unidades M2	Unidades palet
	9 x 20 x 40	9 x 19 x 39	14	1.680	12.5	120
	12 x 20 x 40	11 x 19 x 39	17	1.630	12.5	96
	15 x 20 x 40	14 x 19 x 39	22	1.408	12.5	64

Fuente: (EIROS, prefabricados de hormigon, s.f.)

Imagen 20. Dimensiones de ladrillos huecos



Fuente: (Ventajas de los muros con bloques de concreto, 2014)

Es uno de los materiales más antiguos conocidos por la humanidad según (Arcillas de Colombia, s.f.). Como se ve en Egipto, Mesopotamia, palestina, considerado uno de los materiales más nobles por sus características e historia por el mundo, este material se compone básicamente por arcillas, paja, estiércol.

Imagen 21. Ladrillos en adobe



Fuente: (Sitio solar, s.f.)

Imagen 22. Muro en adobe



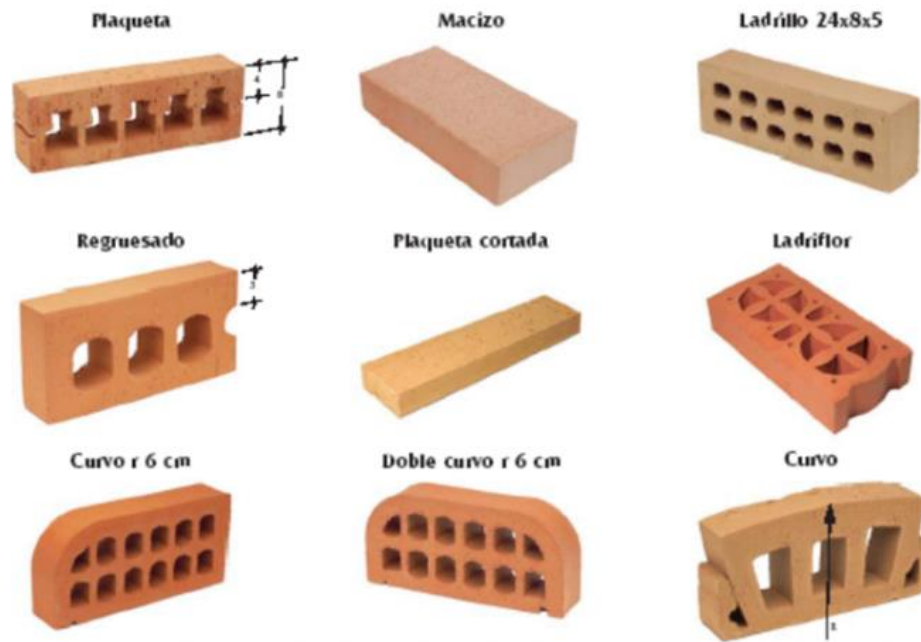
Fuente: (Sitio solar, s.f.)

Los ladrillos o bloques según su forma o diámetro se clasifican en: ladrillo perforado, ladrillo macizo ladrillo tejar o manual, ladrillo aplantillado, ladrillo hueco, ladrillo caravista, ladrillo refractario, ladrillo plaquetas, ladrillo aligerados, ladrillo hidráulico.

1. Ladrillo perforado: son aquellos que superan un 10% de espacio perforado, los cuales se utilizan ya sea para mampostería estructural o no estructural.

2. Ladrillo macizo: son los que poseen un 10% menos de perforaciones y su uso es general ya sea para mampostería estructural o no estructural.
3. Ladrillo tejar o manual: son aquellos que tiene un aspecto rustico el cual brinda una sensación de vejes y clásico.
4. Ladrillo aplantillado: son los que poseen una forma curva, estos son usados generalmente en los bordillos de los andenes (sardineles) o en muretes.
5. Ladrillo hueco: son los que poseen en su núcleo un vacío generando mayor manejo para reducción de cargas rendimiento de corte y se usan principalmente para muros que no reciban demasiada carga. Estos se dividen en ladrillo hueco simple, ladrillo hueco doble, ladrillo hueco triple.
 - Ladrillo hueco simple: son aquellos que solo poseen una sola hilera de perforación.
 - Ladrillo hueco doble: son los que poseen dos hileras de perforaciones.
 - Ladrillo hueco triple: son lo que poseen tres hiladas de perforaciones.
6. Ladrillo caravista: su uso es explosivo para un acabado denotativo.
7. Ladrillo refractario: por sus características son normalmente usados en partes que soportan altas temperaturas por su estructura son los idóneos ya que no se rompen y su acabado es rústico.
8. Ladrillo plaquetas: estos son usados como recubrimientos de fachadas por su dimensión tan delgada permite una apariencia de acabado con ladrillo a l vista.
9. Ladrillo aligerado: son aquellos que poseen una reducción de peso ya sea con viruta, fibras cratón, plástico etc. Reduciendo considerablemente su peso lo cual no son aptos para muros de carga si no solo divisorios.
10. Ladrillo hidráulico: son aquellos que están elaborados en seco con arcillas, limadura de hierro, cloruro de sodio y ceniza.

Imagen 23. Tipos de ladrillos



(Blanco, 2010)

Uno de los factores que influye en el uso del ladrillo o bloque es el método el cómo está fabricado, si ha sido de manera manual industrial hidráulica esto también influye el método de cocción del elemento el cual garantiza la resistencia del elemento, los ladrillos industrializados poseen la característica que sus componentes son exactos ya sea en la temperatura como en los agregados, la fabricación artesanal son aquellas que en su fabricación son de manera artesanal y su tipo de cocción son en hornos un poco más precarios, los hidráulicos se pueden fabricar de dos maneras artesanal e industrial estos se elaboran generalmente en seco o con poca proporción de agua.

Los ladrillos presentan diferentes características no solo físicas ni de proceso si no que se pueden clasificar según su color ya que un color distintivo quiere decir que es más resistente o no o ya se solo para un uso en específico, estos se pueden distinguir en ladrillo con coloración anaranjada, ladrillo con coloración rojiza, ladrillo con coloración casi morado.

1. Ladrillo coloración anaranjada: este color quiere decir que su tiempo de cocción es muy poco y no son muy resistentes lo cual no se recomienda para muros estructurales.

2. Ladrillo con color rojizo: este posee una mayor resistencia que el naranja y su color es el más frecuente en el mercado.
3. Ladrillo color morado: este color significa que ha sido precocido por más tiempo de lo común y su apariencia es con pigmentos negros y coloración morada.

Marco teórico del mortero

Generalmente el mortero es la mezcla de tres ingredientes que son el cemento, la arena y el agua a veces se le puede agregar aditivos los cuales pueden mejorar sus cualidades.

El mortero básicamente en la construcción se utiliza como material para la pega de unidades de mampostería y también como pañete de muros. Y la dosificación casi siempre es 1:3. (una de cemento por 3 de arena, lo que quiere decir que se debe tener en cuenta la unidad de medida que se maneje en la mezcla ya que es de vital importancia para lograr la dosificación requerida de acuerdo a cálculo de resistencia o plasticidad de la misma).

Imagen 24. Mezcla de mortero



Fuente: (Arkiplus, 2013)

Cemento portland gris.

Material mineral llamado Clinker y también de yeso que actúa como regulador del fraguado y de varios componentes como silicatos de calcio el cual lo hace reaccionar como endurecedor al contacto con el agua, después del proceso de fabricación la mezcla se comporta con propiedades físicas, de adherencia y resistencia necesarios para que sirva de aglomerante en la realización de todo tipo de morteros.

El cemento Portland es el más utilizado en la construcción colombiana y mundial. Y se emplea en la industria como un producto de gran variedad de trabajos, desde la fabricación de concretos para cimentación y estructuras como lo son las vigas y columnas en concreto o la preparación de morteros para levantar muros y en gran variedad de restauraciones, fabricaciones específicas o con aditivos que pueden variar sus propiedades hidráulicas y hacerlo más resistente a la acción del agua. Existen varios tipos de cemento según su uso.

Imagen 25. Cemento portland



Fuente: (El Maestro de Obras Xavier Valderas, 2011)

1. Tipo I: Es un tipo de cemento de uso general, y se maneja cuando no es necesario de la implementación de características diferentes que lo protejan del ataque de factores que amenacen la integridad del producto como lo son la temperatura creada por el calor de la hidratación, cloruros y sulfatos.
2. Tipo II: Es un tipo de cemento que se utiliza cuando es necesario la protección contra el ataque moderado de sulfatos es decir cuando las concentraciones de estas sustancias no superen a las normales.
3. Tipo III: Es un tipo de cemento que produce altas resistencias a edades tempranas, entre 3 y 7 días. aquí el cemento se tritura lo más finamente posible durante el paso por la molienda para adquirir esta propiedad, Su utilización se debe a necesidades prioritarias de la construcción, cuando es necesario descimbrar lo más rápido posible ya sea porque la obra tiene que ponerse al servicio de la comunidad esto en el caso de las vías.
4. Tipo IV: Es un tipo de cemento que se utiliza por necesidades en la obra, cuando se requiere que el calor generado por la hidratación sea sostenido a un mínimo. El desarrollo de resistencias de este tipo de cemento es muy lento a comparación de los demás tipos de cemento. El uso de este producto está dirigido a la construcción de estructuras masivas como lo es una compresa.
5. Tipo V: Es un tipo de cemento que se requiere cuando se necesita que sea altamente resistente al ataque de los sulfatos.

La hidratación del cemento comienza en el momento en que entra en contacto con el agua; el endurecimiento de la mezcla da principio habitualmente a las tres horas, y el desarrollo de la resistencia se logra a lo largo de los primeros 28 días.

Los agregados también llamados áridos son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados con el cemento portland en presencia de agua forman todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto.

Los agregados para el mortero de pega deben cumplir con la norma NTC 224036 (ASTM 144).

Imagen 26. Agregados pétreos



Fuente: (Preconcretos, s.f.)

La arena.

Este material puede ser natural o artificial y forma la mayor parte en volumen y masa dependiendo de la cantidad de arena las propiedades del mortero cambian, por ejemplo, cuando se incrementa la proporción de arena aumenta el tiempo de endurecimiento del mortero, pero se reducen las grietas debido a la retracción del mortero en conjunto.

La cantidad de finos en las arenas debe ser de cuidado ya que mientras la deficiencia de estos produce morteros más resistentes, los excesos de finos producen morteros de baja resistencia e incrementan la retracción.

Imagen 27. Arena



Fuente: (Arenas y triturados de Santander S.A.S, s.f.)

Agua.

El agua es un producto natural y de gran importancia en la preparación de un concreto, ya que la dosificación utilizada en relación con la cantidad de cemento depende de la manejabilidad y las resistencias finales. Siempre se debe utilizar agua potable para la preparación de concretos y morteros.

Imagen 28. Agua



Fuente: (Paisajes heliconia, s.f.)

El aditivo es una sustancia química, generalmente dosificada por debajo del 5% de la masa del cemento, distinta del agua, los agregados y el cemento y los refuerzos de fibra, que se emplea como ingrediente de la pasta, del mortero o del concreto, y se agrega al conjunto antes o durante el proceso de mezclado, con el fin de modificar alguna de sus propiedades

físicas, de tal manera que el material se adapte de una mejor forma a las características de la obra o a las necesidades del constructor. Los aditivos se emplean cada vez en mayor escala en la fabricación de morteros y hormigones, ya que para la industria constructora es de gran importancia la elaboración de productos de calidad, en procura de mejorar las características del producto final.

Imagen 29. Aditivos



Fuente: (Apser, s.f.)

Los tipos de mortero se pueden distinguir debido a su endurecimiento, resistencia, ductilidad, retracción y su fraguado.

Contenido de materiales por metro cubico de mortero en proporción 1:5.

Tabla 1. Contenido de materiales de materiales por metro 2 de mortero

material	peso seco (kg)	peso específico (g/cc)	volumen (l)
Cemento	297	2,923	102
Arena	1589	2,538	626
Agua	273	1	273
TOTAL	2159		1000

Fuente: (Carvajalino & Hernandez, 2012)

Aéreos.

Son todos aquellos morteros que se endurecen al perder agua por secado dejándolo a la intemperie y se fraguan lentamente al transcurso de su carbonatación.

Morteros calcáreos.

Son todos aquellos morteros en los cuales interviene la cal como aglomerante, Las cuales aéreas más conocidas son: la cal blanca y la cal gris o también conocida como dolomítica, la arena tiene como función principal en estos morteros evitar el agrietamiento por las contracciones del mortero al ir perdiendo el agua de mezclado. Se recomienda que la arena sea de partículas oblicuas también conocida como arena de peña y que esté libre de materiales orgánicos que puedan dañar su composición. La proporción de cal-arena o cemento -arena más usada para revoque es de 1-2 y para mampostería simple es de 1-3 o de 1-4. Dependiendo la ductilidad que se requiera en el mortero. Si la proporción aumenta el mortero pierde ductilidad y trabajabilidad.

Morteros de yeso.

Son todos aquellos morteros que se preparan con yeso hidratado y agua. Su contenido de agua puede variar según el grado de cocido, propiedad y finura del molido de yeso. En obras normales se le agrega el 50%, para estucos el 60% y para estructuras prefabricadas el 70%. Este tipo de mortero se mezcla a medida que se necesita, porque su fraguado es muy rápido comienza a los cinco minutos y termina más o menos a los quince minutos.

Morteros de cal y cemento.

Son todos aquellos morteros que se proponen cuando se busca una buena ductilidad y una buena retención de agua y alta resistencia mejor a la de los morteros de cal, en estos morteros se reemplaza parte del cemento por cal, y por esta razón se les conoce también como morteros de cemento rebajado.

Las dosificaciones para mortero de mezcla más usadas varían entre; una porción de cemento, dos de cal y seis de arena, y una de cemento, dos de cal y diez de arena el agua varía

según la necesidad de la composición del mortero y a la solidez requerida. El mortero será de alta resistencia en cuanto mayor sea su contenido de cemento y su colocación rápida después de su mezclado para que sea más dúctil. Pero si el contenido de cal es alto será menor su resistencia y por lo tanto será mayor el tiempo entre mezclado y colocación, será más plástico y permeable, pero se obtendrá mayor retracción. Pero si el contenido de arena es alto, la firmeza se reducirá y será poco dúctil, pero tendrá poca retracción. Es por esto que se debe de utilizar la dosis adecuada según el tipo de obra.

Tabla 2. Agregados, clasificación y dosificación.

Tipo de Mortero	Cemento	Agregados/Cemento			
		Fino		Grueso (tamaño < 10 mm)	
	Portland	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Fino	1	2.25	3.5	-	-
Grueso	1	2.25	3.0	1.0	2.0

Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, s.f.)

Son todos aquellos morteros que más se utilizan en nuestro país, se componen de arena, cemento y agua. Este tipo de mortero es del que se obtiene la más alta resistencia y sus entornos de ductilidad son versátiles de acuerdo a la dosificación de arena y cemento que se utilizó este tipo de mortero es hidráulico y debe mezclarse en el menor tiempo posible para su utilización se acostumbra a hacerlo en obra mezclando la arena y el cemento y luego agregándole el agua.

Tabla 3. Uso del mortero en cemento

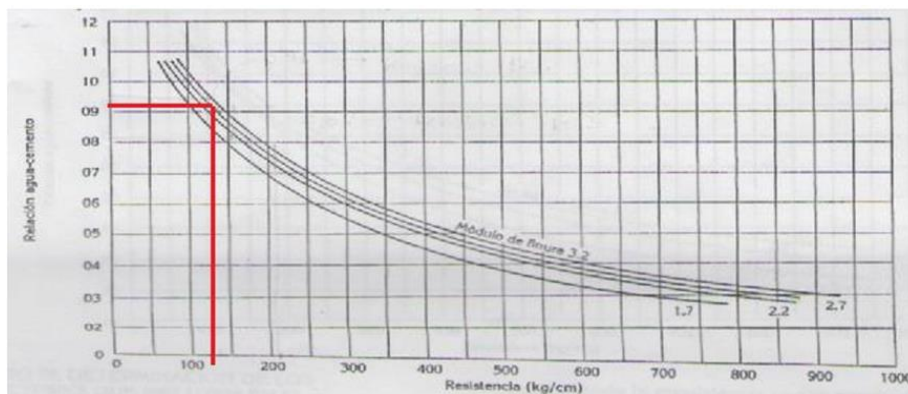
Motero	Usos
1:1	Mortero muyrico para impermeabilizaciones. Rellenos
1:2	Para impermeabilizaciones y pañetes de tanques subterráneos. Rellenos
1:3	Impermeabilizaciones menores. Pisos.
1:4	Pega para ladrillos en muros y baldosines. Pañetes finos.
1:5	Pañetes exteriores. Pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos.
1:6 y 1:7	Pañetes interiores. Pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos.
1:8 y 1:9	Pegas para construcciones que se van a demoler pronto. Estabilización de taludes y cimentaciones.

Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, s.f.)

En el mortero de cemento se debe tener muy en cuenta la granulometría de la arena el cual es una de las características más importantes, así como su forma, textura, módulo de finura y el contenido de material orgánico porque de esto depende la calidad del mortero.

A menudo en estos tipos de mortero se utilizan arenas con un contenido mínimo de arcillas o limos esto se hace para que el mortero adquiera una mayor ductilidad, lo malo es que este tipo de mortero no es muy resistente debido a la utilización de estas arcillas o limos.

Tabla 4. Relación agua-cemento y resistencia a la compresión para morteros.



Nota: Correspondencia entre los valores de relación agua-cemento y resistencia a la compresión para morteros hechos cemento y arena fina. Fuente: (Sanchez, 2001)

Un mortero puede hacerse muy poco dúctil cuando tiene poca cantidad de cemento y las partículas de arena son muy gruesas y predominan en su mezcla, ya que el cemento actúa como lubricante con la formación de su pasta.

Pero por lo contrario si el mortero tiene demasiado cemento puede ser muy resistente, pero con una gran retracción al momento del secado y pueden romperse con facilidad. En la construcción estos morteros se utilizan en obras donde se exijan grandes esfuerzos como por ejemplo en las cimentaciones.

La mayoría de morteros son utilizados como pega o pañetes y no tienen ninguna función estructural, pero por otro lado pueden cumplir con una función estructural cuando se utiliza en la mampostería estructural o donde se maneja como relleno de celdas en los muros,

pero este tipo de morteros deben cumplir con una serie de normas las cuales serán nombradas a continuación.

- La Norma Sismo Resistente del 2010
- La norma NTC 332948 (ASTM C270)
- La norma NTC 335649 (ASTM C1142)

Los morteros de relleno se utilizan para echar en el interior de los muros de cavidad vertical con el objetivo de ampliar la sección neta resistente del muro y ayudar a la unión entre el refuerzo y la mampostería esto con el fin de volver el muro más macizo para resistir más esfuerzos.

Todos los tipos de mortero de pega deben garantizar una buena adherencia con las diferentes unidades de mampostería y desarrollar una buena consistencia y plasticidad además de retener agua para la hidratación del cemento

Tabla 5. Clasificación de los morteros de pega por propiedad o por proporción

Mortero tipo	Especificación de los morteros por propiedad ⁽¹⁾			Especificación de los morteros por proporción				
	Resistencia mínima a la Compresión f'_{cp} MPa ⁽²⁾	Flujo en (%) ⁽³⁾	Retención Mínima de Agua	Cemento Portland	Cal hidratada ⁽⁴⁾	Cemento para Mampostería ⁽⁷⁾	Arena/Material Cementante ⁽⁵⁾	
							Min.	Máx.
H	22.5	115-125	75%	1	0.25	no aplica	2.00	2.5
M	17.5	115-125	75%	1	0.25	no aplica	2.25	3.0
				1	no aplica	1	2.25	2.5
S	12.5	110-120	75%	1	0.25 a 0.50	no aplica	2.50	3.5
				0.5	no aplica	1	2.50	3.0
N ⁽⁶⁾	7.5	105-115	75%	1	0.50 a 1.25	no aplica	3.00	4.5
				0	no aplica	1	3.00	4.0

Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, s.f.)

La norma sismo resistente del 2010 regula el tipo de mortero de relleno y es por la cual especifica que este tipo de mortero que se utiliza en obras de mampostería deben cumplir con la NTC 404851 (ASTM C476).

También este tipo de morteros deben poseer una buena fluidez y consistencia para incluir en las celdas de inyección sin separación.

Tabla 6. Celdas de inyección para morteros

MUROS DE	UNIDADES PERFORACION VERTICAL	Unidades de arcilla o de concreto
MAMPOSTERIA	MORTERO DE PEGA	Convencional o premezclado
REFUERZO DEL	MORTERO DE INYECCION	Mezclado mecánico en obra o de planta
MURO	REFUERZO DEL MURO	Vertical (celdas), Horizontal (juntas), Conectores (intersecciones)

Fuente: (Concretos Livianos, s.f.)

Mortero en estado plástico.

Tabla 7. Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructura y condiciones de colocación

CONSISTENCIA	FLUIDEZ %	CONDICIÓN DE COLOCACIÓN	EJEMPLO DE TIPOS DE ESTRUCTURA	EJEMPLO DE SISTEMA DE COLOCACIÓN
Dura (seca)	80 – 100	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos	Proyección neumática, con vibradores de formaleta
Media (plástica)	100 – 120	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos	Manual con palas y palustres
Fluida (húmeda)	120 – 150	Sin vibración	Pañetes, rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección

Fuente: (Capítulo 3. Morteros , s.f.)

Manejabilidad.

La manejabilidad en el mortero tiene que ver con la facilidad con la que esta mezcla se deje manipular y está relacionada directamente con la consistencia de la misma en cuanto a si

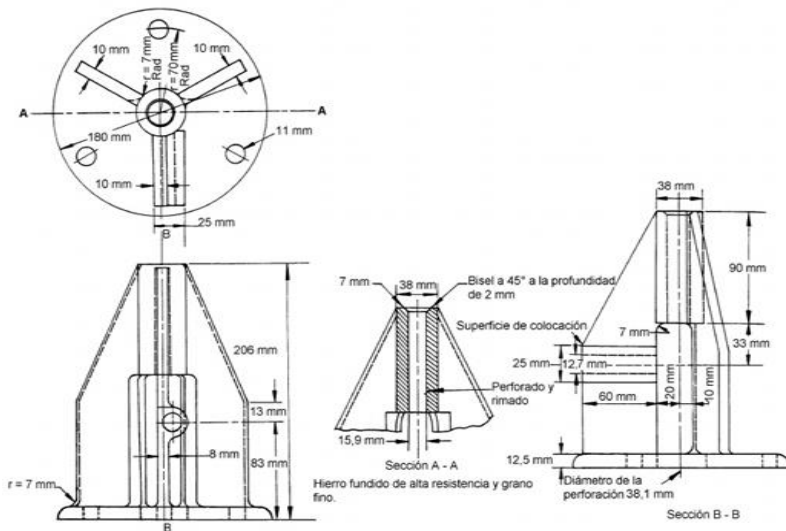
está muy seca o blanda esto se debe según a la proporción de cemento arena y de la calidad de la arena esto en cuanto a su granulometría.

Para medir la manejabilidad del mortero en la práctica se da por la apreciación del maestro de obra, pero esta debe basarse según la norma técnica NTC 111 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 1997), en donde se encuentra descrito el ensayo de fluidez, pero sin embargo se debe tener en cuenta el tipo de mortero utilizado y para qué tipo de obra se va a emplear.

Retracción.

Es el fenómeno por el cual el mortero se agrieta y esto se debe principalmente por la dosificación del mortero es decir contiene un alto porcentaje de cemento.

Ilustración 3. Método de ensayo de fluidez para el mortero



Fuente: (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 1997)

Para evitar estos agrietamientos se recomienda utilizar arenas de textura rugosa y además tener en cuenta el clima donde se va a utilizar debido a que por ejemplo en tierra caliente el agua tiende a evaporarse mucho más rápido y así produce tensiones en el mortero el cual produce las grietas.

Imagen 30. Retracción del mortero



Fuente: (Tolsa Group, s.f.)

Hidráulicos o acuáticos.

Son todos aquellos morteros que se endurecen bajo el agua, debido a que su constitución les permite desarrollar resistencias iniciales relativamente altas. Debido a los materiales que la componen.

Adherencia.

En los morteros se le conoce como la capacidad de absorber, tensiones normales y tangenciales a la superficie que une el mortero y una estructura, por lo tanto, la unidad debe responder como si fuera una sola pieza ante los diferentes esfuerzos. Para que esto suceda es necesario que la mampostería este lo suficiente rugosa para que haya una buena adhesión y se obtenga una buena absorción igual o comparable con la del mortero utilizado en la mezcla.

Imagen 31. Diferencia del mortero



Fuente: (Construex, s.f.)

Tabla 8. Determinación de resistencia a la compresión en cubos de mortero de pega para muretes

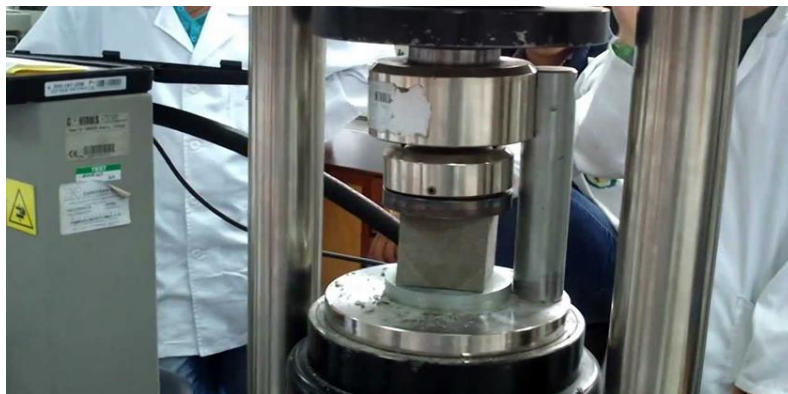
Fabricante	Espécimen	Área (mm ²)	Área prom. (mm ²)	Carga max. (Kn)	resist. Compres (Mpa)	Promedio resist. Compresión (Mpa)	Desv. Estándar (σ)	Coef. De variación (cv)
F1	1	2516	2523	36,02	14,33	15,98	1,43	9%
	2	2507		41,96	16,73			
	3	2547		43,01	16,89			
F2	1	2505	2508	31,07	12,46	12,13	0,29	2%
	2	2527		30,20	11,93			
	3	2492		29,72	11,99			
F3	1	2490	2496	26,25	10,57	10,39	0,15	1%
	2	2504		25,74	10,28			
	3	2493		25,67	10,34			
F4	1	2552	2533	42,07	16,48	16,81	1,75	10%
	2	2522		38,47	15,25			
	3	2525		47,22	18,70			
				Promedio Total		13,83	0,91	6%

Fuente: (Carvajalino & Hernandez, 2012)

Resistencia.

Si el mortero se va a utilizar para soportar cargas este debe poseer una buena resistencia a la compresión como en el caso de la mampostería estructural y si el mortero va a ser utilizado como pega este debe poseer una buena unión. El mortero es más resistente en cuanto contenga un mayor porcentaje de cemento, así como una cantidad de arenas finas y esto también hará al mortero impermeable debido a su mayor densidad esto quiere decir que el mortero posee una gran cantidad de material sólido.

Imagen 32. Prueba de resistencia del mortero



Fuente: (William [Nickname], 2013)

También se debe tener en cuenta que el agua tiene un papel importante en la resistencia de los morteros ya que si son demasiado húmedos no generan la resistencia adecuada debido a su densidad entonces podemos decir que un mortero seco genera mayor resistencia y por otro lado un mortero hecho con arena gruesa no es tan resistente como si se hiciera con arena fina.

Durabilidad.

La durabilidad en el mortero se debe a la resistencia que efectúa ante agentes como la abrasión, la corrosión la permeabilidad con el agua y bajas temperaturas por esto se puede decir que este tipo de morteros tienen una buena resistencia a la compresión y por lo tanto son muy durables.

Apariencia.

La apariencia del mortero logra verse después del fraguado ya que si en su mezcla habían arenas demasiado gruesas se alcanza a notar grumos o partículas muy grandes por ejemplo en la mampostería de ladrillo a la vista, para lograr buen aspecto es necesario aplicar morteros de buena plasticidad esto se logra haciendo una buena dosificación del mortero.

Imagen 33. Durabilidad del mortero



Fuente: (Cemento Cruz Azul, s.f.)

Existen muchos métodos para hacer morteros la mayoría se hacen en obra y es con método del ensayo y error, pero para hacer una buena mezcla se deben realizar una serie de ensayos en un laboratorio estos diseños también se le hacen a los concretos.

La densidad aparente se define como la relación del volumen que ocupan sus partículas y el peso de su masa corporal, también se debe aclarar que la densidad aparente se puede realizar en estado húmedo o seco según el grado de saturación de los poros.

$$\text{Densidad aparente} = \text{PS}/\text{Vm}$$

Donde PS = peso seco de la masa (m)

Vm = volumen ocupado por la masa (m)

La densidad aparente del agregado pende de la constitución mineralógica de la roca madre y por lo tanto de su densidad, así como también de la totalidad de huecos o poros que contenga. Por lo general, la cuantía de esta densidad en los agregados pétreos oscila entre 2.30 g/cm³ y 2.8 g/cm³ según la roca de umbral.

La tecnología del mortero es la densidad aparente debido a que naturalmente con ella es que se determina su peso en cantidades de agregado requerida para un volumen unitario de concreto, porque los poros interiores de las partículas de agregado van a dominar un volumen dentro de la masa de concreto y por qué el agua que se aloja dentro de los poros saturables no hace parte del agua de mezclado; entendiéndose como el agua de mezclado tanto el agua de hidratación del cemento como el agua libre que en combinación con el cemento produce la pasta lubricante de los agregados cuando la mezcla se encuentra en estado plástico.

Este ensayo se debe al incremento en el peso del material ya que el agua ocupa el espacio de los poros, pero sin incluir el agua de su superficie esto se expresa como un porcentaje de masa seca y esto se realiza a una temperatura de 110 grados centígrados o hasta 115 grados centígrados lo suficiente para remover aguas combinadas.

Después de haber sometido el material durante 24 horas se obtiene un porcentaje entre el uno y el cuatro por ciento de absorción, después de esto se procede a secar el material por encima y luego se calcula la diferencia del peso del material antes de ser sumergido y después de ser sumergido y así se logra el porcentaje de absorción.

La cantidad de agua absorbida estima la porosidad de las partículas del agregado. Conocer la cantidad de agua que puede ser alojada por el agregado siempre resulta de mucha utilidad, en ocasiones se emplea como un valor que se especifica para aprobar o rechazar el agregado en una cierta aplicación.

Tabla 9. Ensayo de fluidez del mortero para muretes

Fabricante	tipo de mortero	Diámetro de muestra (mm)	Diámetro base (mm)	% de fluidez
F1,F2,F3,F4	Pañete	203	100	99,125
		196		
		195		
		202,5		
F1,F2, F3,F4	Pegal	194	100	93,25
		192		
		192		
		195		

Fuente: (Carvajalino & Hernandez, 2012)

El peso específico del cemento (densidad, peso volumétrico, peso unitario, masa unitaria) se define como el peso de cemento por unidad de volumen de los sólidos o partículas, excluyéndose el aire entre las partículas. La masa específica se presenta en mega gramos por metro cúbico o gramos por centímetro cúbico (el valor numérico es el mismo en las dos unidades). El peso específico del cemento varía de 3.10 hasta 3.25, con promedio de 3.15 Mg/m³. El cemento portland de alto horno y el portland puzolánico tiene pesos específicos que varían de 2.90 hasta 3.15, con promedio de 3.05 Mg/m³. El peso específico del cemento no es una indicación de la calidad del cemento, su principal uso es en los cálculos de las proporciones de la mezcla.

Para el proporcionamiento de la mezcla, puede ser más útil expresar la densidad como densidad relativa, también llamada de gravedad específica o densidad absoluta. La densidad relativa es un número adimensional determinado por la división de la densidad del cemento por la densidad del agua a 4°C, la cual es 1.0 Mg/m³ (1.0 g/cm³, 1000 kg/m³ o 62.4 lb/pies³).

Se supone la densidad relativa del cemento portland como siendo 3.15 para su uso en los cálculos volumétricos del proporcionamiento de la mezcla de concreto. Como las proporciones de la mezcla traen las cantidades de los ingredientes del concreto en kilogramos o libras, se debe multiplicar la densidad relativa por la densidad del agua a 4°C, establecida como 1000 kg/m³ (62.4 lb/pies³), para la determinación de la densidad o el peso específico de las partículas de cemento en kg/m³ o lb/pies³.⁵⁶

Cuando el agregado está expuesto a la lluvia, se acumula una cantidad considerable de humedad en la superficie de las partículas, a excepción de la parte superior de la pila, esa humedad se conserva durante mucho tiempo. Esto ocurre especialmente cuando se trata de agregado fino y la humedad superficial o libre, se debe tomar en cuenta en el cálculo de cantidades para la muestra. La humedad superficial se expresa como un porcentaje del peso del agregado saturado y superficialmente seco y se le conoce como el contenido de humedad.

Como el contenido de humedad del agregado cambia con el clima y varía también de una pila a otra, es necesario determinar con frecuencia el valor del contenido de humedad; para ello se han ideado varios métodos. El más antiguo de ellos consiste simple y sencillamente en encontrar la pérdida de peso de una muestra de agregado sometida a secado en una charola colocada sobre una fuente de calor, se requiere cuidado para evitar el sobre secado; la arena debe estar en condición de flujo libre, sin calentarse más. Este estado puede determinarse al tacto o formando montones de arena mediante un molde cónico; al quitar el molde el material se debe desplazar libremente, cuando la arena adquiere un tono café es indicio inequívoco de sobre secado. Este ensayo es fundamental para que no ocurran variaciones significativas en las cantidades de mezclas o tandas si se dosifican por volumen; por ello deben tenerse las precauciones del caso.

El análisis granulométrico de la arena tiene por objeto determinar las cantidades en que están presentes partículas de ciertos tamaños en el material.

La distribución de los tamaños de las partículas se realiza mediante el empleo de mallas de aberturas cuadradas, de los tamaños siguientes: 3/8", Números 4, 8, 16, 30, 50 y 100

respectivamente. La prueba consiste en hacer pasar la muestra a través de dichas mallas y se determina el porcentaje de material que se retiene en cada una.

Los resultados de la prueba se grafican junto con los límites que especifican los porcentajes aceptables para cada tamaño, a fin de verificar si la distribución de tamaños es adecuada. En la norma de la ASTM C 33 se estipulan los requisitos que permiten una relativa amplitud de variación en la granulometría del agregado fino.

En mezclas pobres o cuando se usan agregados gruesos de tamaño pequeño, es conveniente una granulometría que se aproxime al porcentaje máximo recomendado que pasa por cada criba, para lograr un aumento de manejabilidad. En mezclas ricas, por economía, son más convenientes las granulometrías gruesas (ASTM International, 2008).

Agua – cemento y eligiendo correctamente la relación agregado - fino agregado grueso, puede emplearse agregado fino con una amplia variación granulométrica, sin que se produzca un efecto apreciable en la resistencia.

Imagen 34. Tamices



Fuente: (Ingenieria Civil, s.f.)

El módulo de finura, es el índice aproximado que nos describe en forma rápida y breve la proporción de finos o de gruesos que se tiene en las partículas que lo constituyen.

El módulo de finura de la arena se calcula sumando los porcentajes acumulados en las mallas siguientes: Numero 4, 8, 16, 30, 50 y 100 inclusive y dividiendo el total entre cien.

Es un indicador de la finura de un agregado: cuanto mayor sea el módulo de finura, más grueso es el agregado.

Es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto; este ensayo se debe realizar a todos los morteros que se vayan a utilizar en obras de construcción y se deben realizar varias pruebas al mismo mortero esto con el fin de comparar los datos y llegar a una conclusión esta prueba generalmente también se le realiza a los prismas; un prisma es un módulo de mampostería hecho con dos o tres unidades colocadas verticalmente una encima de la otra.

Tabla 10. Ensayo de fluidez del mortero para prismas.

Fabricante	Tipo de mortero	Diámetro de la muestra (mm)	Diámetro de la base (mm)	% de fluidez
F1,F2,F3,F4	Pega2	191	100	89,63
		192		
		185		
		190,5		

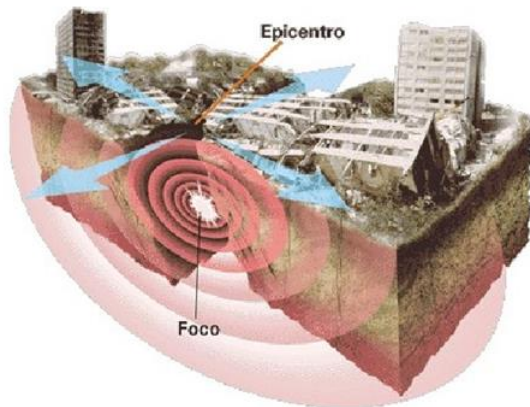
Fuente: (Carvajalino & Hernandez, 2012)

Marco Teórico del Sismo

El terremoto es un movimiento brusco de la superficie de la tierra, por causas del impacto de las placas tectónicas las cuales son capas de tierra de un promedio de 70 km de espesor según (Universidad de Coruña, s.f.) Estos movimientos son liberados tras años de espera lo cual es el choque de dos placas que a su vez generan una honda en el hipocentro es

el punto inicial del sismo y este se traslada al epicentro el cual es a donde va dirigida la mayor carga de fuerza, vale aclarar que un sismo se dirige a varios sitios como se ve en la (ilustración 35) pero por su localización de sismo es a donde la energía llega con más impacto.

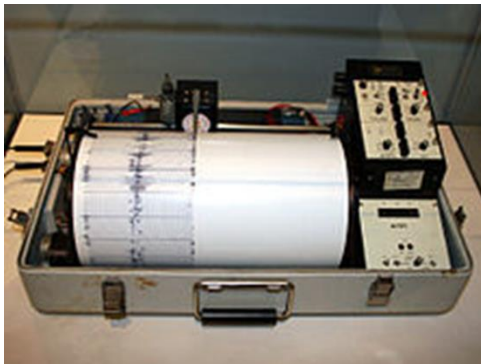
Imagen 35. Análisis del terremoto



Fuente: (+Tipos de, s.f.)

El sismógrafo es un elemento tecnológico el cual es sensible a los movimientos telúricos de la tierra y este a su vez es plasmado en un papel utilizando una aguja y la finalidad de este es llegar a conocer su magnitud y duración

Imagen 36. Sismógrafo



Fuente: (High School Earth Science / Measuring and Predicting Earthquakes, 2016)

Este tipo de sismógrafo registra dos tipos de ondas según (Universidad de Coruña, s.f.) Las superficiales las cuales son las que se generan en el momento del terremoto y son las más

peligrosas ya que son las que estas actuando en la superficie terrestre y las centrales son aquellas las que van por la parte interna de las placas.

Es la medición de la magnitud que genera las ondas a las cuales se les adopta una serie de magnitudes para cuantificar su daño, este tipo de ondas se mide por una serie de redes sísmicas las cuales están situadas en diferentes partes del mundo para saber la onda de expansión y la magnitud que ejerce según (Universidad de Coruña, s.f.) Los terremotos poseen una magnitud única y su efecto varía según la distancia factores de terreno factores de construcción entre otros.

Es la energía liberada en un sismo la cual es clasificada en una serie de escalas.

- 3.5 – 5.4 A menudo se siente, pero sólo causa daños menores.
- 5.5 - 6.0 Ocasiona daños ligeros a edificios.
- 6.1 - 6.9 Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas.
- 7.0 - 7.9 Terremoto mayor. Causa graves daños.
- 8 o mayor Gran terremoto. Destrucción total a Comunidades cercanas.

El anterior dato una escala de 3.5 no es el doble que 5.5 es equivalente a 100 veces más según (Universidad de Coruña, s.f.). A continuación, se muestra una tabla de la cantidad de energía liberada en un sismo representada en detonación de TNT.

Tabla 11. Cantidad de TNT liberada en un sismo

Magnitud Richter	Equivalencia en TNT	Ejemplo
-1.5	1 gr	Romper una piedra
1.0	6 onz	barreno pequeño
1.5	2 libras	
2.0	13 libras	
2.5	63 libras	
3.0	397 libras	
3.5	1000 libras	Mina
4.0	6 tn	
4.5	32 tn	Tornado
5.0	199 tn	
5.5	500 tn	Terremotos
6.0	1270 tn	
6.5	31550 tn	
7.0	199000 tn	
7.5	1 Megatón	
8.0	3.27 Megatonnes	
8.5	31.55 Megatonnes	
9.0	200 Megatonnes	
10.0	6300 Megatonnes	Falla de San Andrés
12.0	1 Gigatón	Romper la tierra en 2 o Energía solar diariamente recibida

Fuente: (Universidad de Coruña, s.f.)

Unos de los aspectos que afectan las viviendas son los sismos y estos a su vez son afectados por una serie de factores según (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, s.f.)

- Aspectos geométricos: como irregularidad en planta, exceso de muros en la vivienda, irregularidad en altura.
- Aspectos constructivos: estos los afectan calidad de pega en las uniones o pegas, posición de los mampuestos y un factor importante calidad de los materiales.
- Aspectos estructurales: estos son los aspectos que afectan a una vivienda por causa de mal diseño como muros confinados y reforzados, vigas de amarre o coronas, características de las aberturas, entrepisos, amarre de cubiertas.

Marco Teórico de la Mampostería

Es un sistema de construcción el cual consta de sobre poner mampuestos uno sobre otro, es decir, colocar de manera descendente a ascendente los elementos dispuestos para esta función, estos elementos pueden ser ladrillos piedras bloques etc.; La mampostería se divide en mampostería no reforzada, mampostería confinada, mampostería reforzada.

- Mampostería no reforzada: son aquellas que no poseen ningún tipo de reforzamiento y solo la carga que recibe es el de su mismo peso.

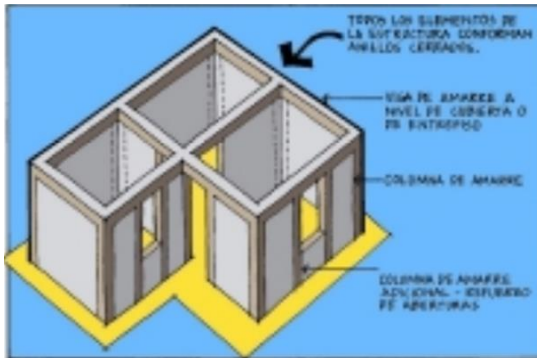
Ilustración 4. Mampostería no reforzada



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, s.f.)

Mampostería confinada: este tipo de mampostería consta del alzado del muro el cual tendrá un refuerzo en los laterales “columnas” y en la parte superior se cierra el circuito con una viga el cual conforma un marco de esta forma darles un refuerzo a los muros..

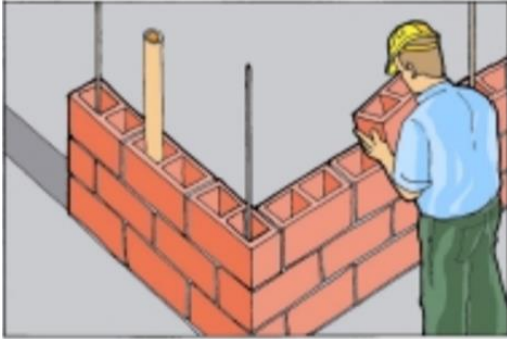
Ilustración 5. Mampostería confinada



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, s.f.)

Mampostería reforzada: este tipo de estructura consta del reforzamiento de los mampuestos ya sea en arcilla o cemento, los cuales se rellena las cavidades con mortero de manera vertical utilizando varillas como reforzamiento “la distancia lo da ingeniero estructural”

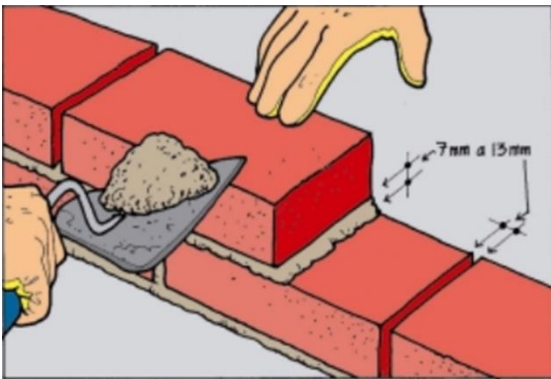
Ilustración 6. Mampostería reforzada



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, s.f.)

Toda mampostería deberá de cumplir un requerimiento según la NSR título D capítulo 4.2 detalles de refuerzo. El cual trata de la disposición mínima de la colocación de cada mampuesto debe de ser de 4 mm entre juntas, el diámetro no debe de exceder la mitad del espesor del mortero de pega según (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, s.f.).

Ilustración 7. Distanciamiento entre juntas



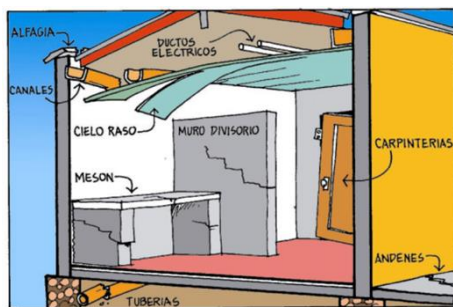
Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, s.f.)

Uno de los problemas que se presentan en el agrietamiento de los muros no es por asentamientos ni por sismos, estos se dan por un mal proceso constructivo ya sea por malas juntas o diseño irregular entre otros. Unos de estos aspectos son las juntas las cuales tiene tres aspectos baja, media y alta.

- Vulnerabilidad Baja: espesores uniformes, mortero de buena calidad, juntas de mortero vertical y horizontal.
- Vulnerabilidad media: juntas que ni son uniformes, no existen juntas verticales.
- Vulnerabilidad alta: poca pega, no existen juntas verticales, irregularidad en las juntas

Otro aspecto que se deberá de tener en cuenta es el de la calidad de los materiales, ya que un buen material ayuda a la trasmisión de fuerzas y soportes de cargas ya sean por su propio peso. Esta serie de daños se dividen en 7 módulos rotación del muro, deslizamiento de las juntas horizontales, mecanismo de tensión diagonal, rotación en elementos de soporte, vigas dinteles y antepechos, flexión/rotura de la base/ desplazamientos de las juntas horizontales, grietas por flexión/ rotura de la base, flexión fuera del plano del muro (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, s.f.). Esta serie de elementos por lo general son los que provoca mayor accidentalidad en un sismo o asentamientos, ya que estos como no poseen un refuerzo o anclaje rígido son más susceptibles a los daños ver ilustración 50, estos tipos de daños son más constantes en una vivienda que posea un mal diseño estructural pero más económicos en reparar, pero no obstante ya mencionado son de un alto riesgo para la integridad de las personas.

Ilustración 8. Daños típicos de elementos no estructurales en una vivienda



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, s.f.)

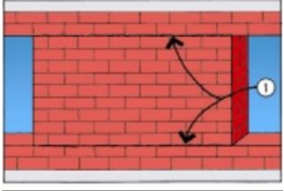
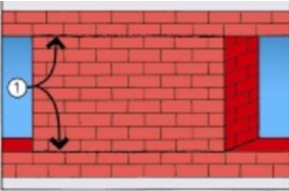
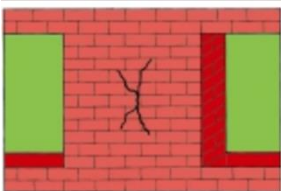
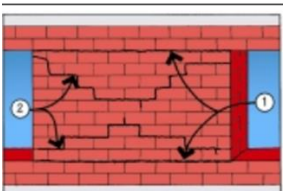
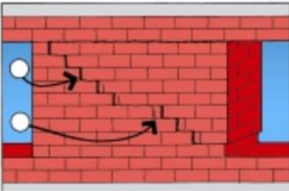
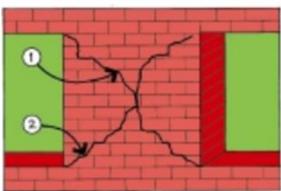
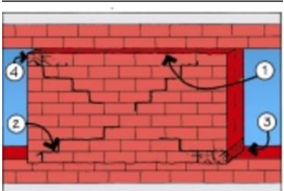
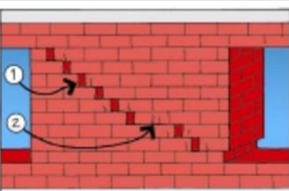
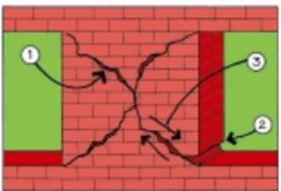
Toda edificación deberá de cumplir un fundamento básico estructural el cual permitirá un mejor soporte el cual consiste construcciones geométricas simétricas ya que las formas irregulares poseen un mayor grado de debilidad estructural, otra forma inaceptable es las

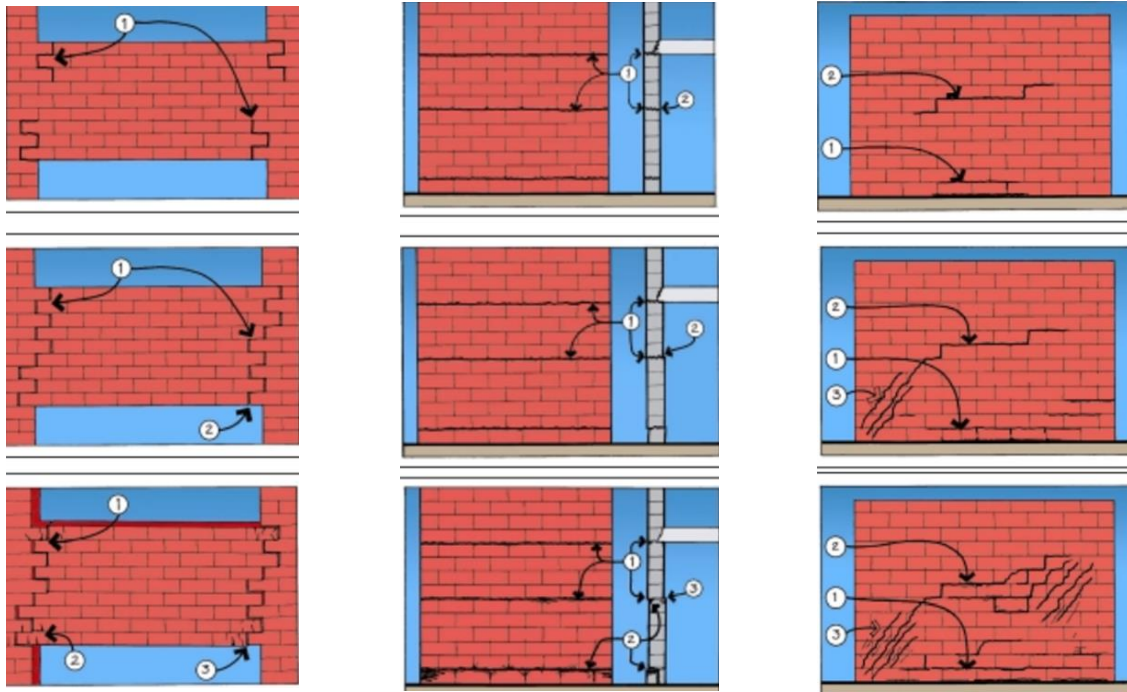
alargadas ya que al poseer una dimensión larga pero angosta son probables al colapso ya que una edificación no deberá superar más de dos veces de su ancho, es decir.

- $A \times A2$

Esta ecuación trata que un lado a no deberá de superar más de dos veces su ancho como se ve en la ilustración 51 otro aspecto que se deberá de tener en cuenta es la uniformidad de los materiales ya que si no hay buena adherencia de estos la edificación falla no por un sismo si no por mala conexión de estos mismos según (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, s.f.). Uno de los factores que generan fallas en las edificaciones son la falta de continuidad estructural ya que si no existe un continuo orden estructural sus cargas no serán redirigidas a los cimientos y por ende se presenta cortes en la placa y en los muros generan agrietamientos.

Imagen 37. Continuidad estructural

Rotación del Muro	Deslizamiento de las Juntas Horizontales	Mecanismo de Tención Diagonal
		
		
		
<p>rotación en elementos de soporte</p>	<p>flexión/ rotura de la base/ desplazamiento de las juntas horizontales</p>	<p>rotación y eventual desplazamiento relativo en elementos de soporte</p>



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, s.f.)

A lo largo del tiempo en el campo de la construcción se han desarrollado una cantidad de métodos y sistemas constructivos los cuales responden a diferentes problemáticas y necesidades de quien habita estos espacios, uno de los que se destaca dentro de esta gran variedad es la Mampostería, el cual es uno de los métodos constructivos más implementado a lo largo de la historia. Civilizaciones antiguas como lo es la egipcia, con la construcción de sus pirámides, la cultura china con el desarrollo de su muralla, dan muestra de la resistencia y durabilidad que alcanza este material.

Ilustración 9. Configuración estructural



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, s.f.)

Metodología

Elementos para el Proceso de Elaboración de Muretes

Proceso de elaboración de muretes con bloques # 5 recocidos con perforación horizontal " ladrillera santa fe" con refuerzos en listones de guadua.

Imagen 38. Herramientas y materiales necesarios para la fabricación

Nivel de agua para construcción



Plomada para construcción



Palustre de construcción



Pala para construcción



Boquillera para construcción.



Balde para construcción



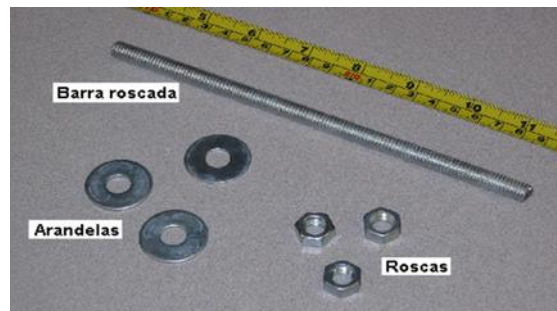
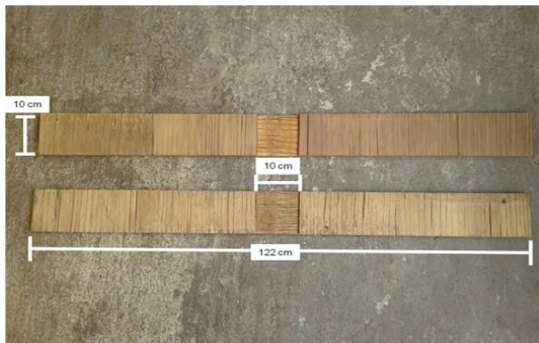
Bloque N°5 SANTAFE perforación horizontal

Mortero de pega dosificación 1:3 marca topex



Listones de láminas de guadua de 1.22 x 10

varillas roscadas con tuercas y arandelas $\frac{3}{4}$



Fuente: tesis "rehabilitación sísmica de mampostería no estructural mediante listones de madera"

Fuente: elaboración propia

Imagen 39. Transporte, Descargue y Almacenamiento de Materiales

Descargue

Almacenamiento

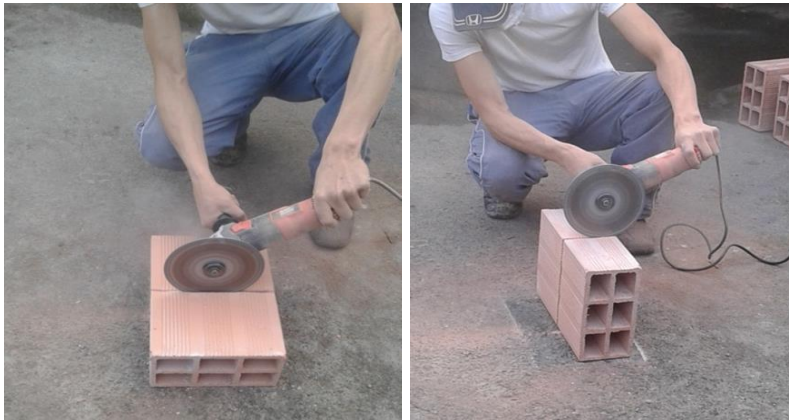


Fuente: elaboración propia

Elaboración de Muretes

Para la elaboración de cada murete se necesitaron 10 bloques completos y 4 medios en arcilla recocida # 5 ladrillera Santa Fe; para obtener los medios se necesitó una pulidora con disco de tungsteno. Su procedimiento fue el siguiente: se utilizaron 2 bloques completos que se cortaron de forma horizontal y vertical.

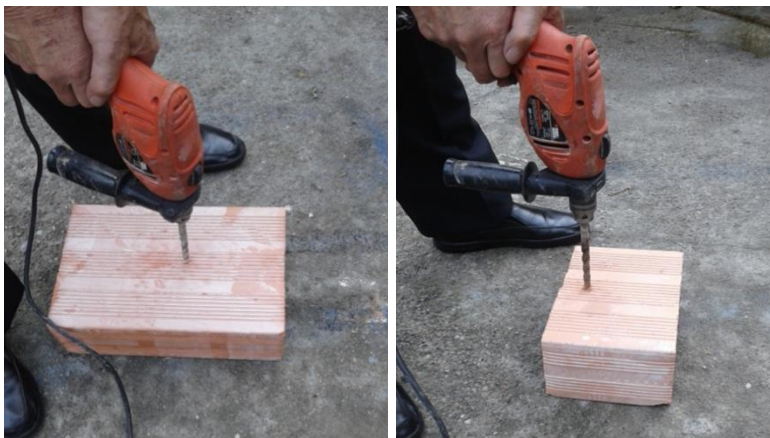
Imagen 40. (izquierda) Corte horizontal (derecha) Corte vertical



Fuente: elaboración propia

Para cada murete se necesitó perforar 2 bloques completos y 2 medios # 5 "ladrillera Santa Fe" con un taladro y una broca 3/4 para muro, y después insertar las varillas roscadas de 3/4 las cuales servirán de anclaje de las tiras de lamina de guadua como se muestra en la

Imagen 41. Perforación de medio bloque y de bloque completo



Fuente: elaboración propia

Se procede a mezclar un bulto de mortero marca TOPEX de 40 kilos con una dosificación 1:3 es decir 10 kilos de cemento y 30 kilos de arena de peña. Se le agregó 8.5 litros de agua potable de acuerdo con especificaciones del fabricante

Imagen 42. Preparación (izquierdo) Mezcla de mortero y (derecho) Especificaciones



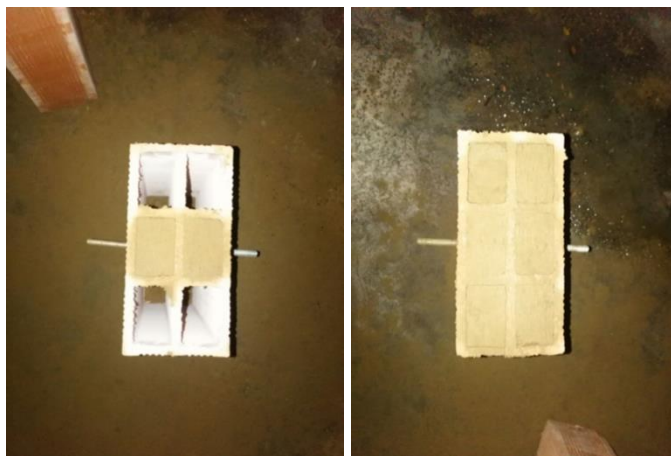
PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

- Dosis de agua: Agregue agua hasta alcanzar la consistencia deseada no excediendo los 8.5 litros de agua potable para cada saco de 40 kilos Topex Mortero Pega - Pañete.
- Mezcla Manual: en una superficie limpia y plana o en una batea, vierta Topex Mortero Pega - Pañete, dejando una cavidad al centro para verter 4 litros, mezcle y termine de homogenizar, adicionando 2.5 litros de agua.
- Mezcla en trompo: Incorpore al equipo 3 litros de agua. Luego, agregue Topex Mortero Pega Pañete y revuelva, incorpore los 3,5 litros de agua final y mezcle hasta homogenizar.

Fuente: elaboración propia

Todos los bloques que fueron perforados se les incorporó las varillas roscadas y luego fueron rellenos con mortero dosificación 1:3 para darle una mejor resistencia, al momento de sujetar las tuercas en la instalación de las tiras de lamina de guadua.

Imagen 43. Incorporación de varillas roscadas y Relleno de bloques con mortero



Fuente: elaboración propia

Después de tener rellenos de mortero dos bloques completos y dos medios se procede a la elaboración de un murete el cual se hizo de la siguiente forma: sobre una tabla burra, la cual servirá de soporte en el momento del traslado al laboratorio, se construye la primera hilada con tres bloques completos # 5 "ladrillera Santa Fe", dos de los cuales están rellenos de mortero dosificación 1.3 y con sus varillas respectivas en $\frac{3}{4}$.

Imagen 44. Elaboración primera hilada



Fuente: elaboración propia

Se realizaron los respectivos pasos de nivelación horizontal y vertical con un nivel de agua y una plomada, respectivamente, en cada una de las hiladas, para que los muretes quedaran bien nivelados y plomados.

Imagen 45. Nivelación horizontal y vertical



Fuente: elaboración propia

Se repite este procedimiento hasta terminar completamente los muretes los cuales son de cuatro hiladas por tres bloques # 5 "ladrillera Santa Fe" cada una

Imagen 46. Terminado de los muretes

Un murete terminado



Dos muretes terminados



Tres muretes terminados



Fuente: elaboración propia

Reforzamiento de Muretes

Posteriormente se realizarón las aberturas para las cajas de aseguramiento de las intersecciones para los listones de lamina de guadua, la cual se hizo manualmente con una segueta

Imagen 47. caja de aseguramiento



Fuente: elaboración propia

Se perforaron los listones de lamina de guadua con un taladro y una broca 3/4 para despues proceder al aseguramiento a los muretes con las tuercas y arandelas de 3/4, respectivamente, presentar el muro terminado.

Imagen 48. Aseguramiento de la lámina guadua al murete



Fuente: elaboración propia

Quince días después se realizó un marco alrededor del murete con unos listones de madera de 4x4, con marco terminado, esto para darle un mejor manejo en el momento del traslado del sitio de elaboración de los muretes, es decir, hasta el laboratorio donde se someterán a ensayos de tracción diagonal.

Imagen 49. Clavado de puntillas al marco



Fuente: elaboración propia

Imagen 50. Clavado de puntillas al marco



Fuente: elaboración propia

Imagen 51. Marco terminado



Fuente: elaboración propia

Transporte de Muretes

Se trasladaron los muretes desde el sitio de elaboración hasta el transporte para luego trasladarlo al laboratorio donde se le realizaran los ensayos:

1. Se le colocó una cuerda de 2 cm de diámetro al murete para un mejor agarre de este al momento de trasladarlos del sitio de elaboración al transporte respectivo.

Imagen 52. Amarre de muretes



Fuente: elaboración propia

2. Se colocó una tabla burra en las escaleras para poder deslizar el murete con más facilidad.

Imagen 53. Colocación tabla burra en la escalera



Fuente: elaboración propia

3. Se colocó el murete en la punta de la tabla burra, para comenzar a deslizarlo sobre ella, esto entre tres personas una jalando hacia abajo, otra empujándolo con precaución y también jalando para que no se vaya a bajar muy rápido y la otra verificando que no se fuera hacia los costados.

Imagen 54. Deslizamiento sobre la tabla burra en las escaleras



Fuente: elaboración propia

4. Después que el murete ya se había bajado la primera sección de escalera se tomó un ligero descanso.

Imagen 55. Descanso



Fuente: elaboración propia

5. Se tuvo que alzar el muro a pulso para bajarlo al descanso que tiene la escalera y así volver a hacer el mismo proceso de la tabla burra para bajarlo al segundo piso.

Imagen 56. Alzado de muro a pulso



Fuente: elaboración propia

6. Se colocó la tabla burra en la escalera para volver a hacer el mismo procedimiento de deslizarlo sobre ella.

Imagen 57. Colocación tabla burra y Deslizamiento del murete



Fuente: elaboración propia

7. Se tuvo que entrar el murete a un baño que se encuentra frente a la bajada de la escalera del tercer piso, con el fin de disminuir el paso de alzarlo a pulso.

Imagen 58. Paso adicional para evitar alzada a pulso



Fuente: elaboración propia

8. Se hizo el mismo procedimiento de la tabla burra para poder deslizar el murete hasta el descanso de la escalera que queda entre el segundo y primer piso y luego hasta el primer piso.

Imagen 59. Paso del segundo al primer piso



Fuente: elaboración propia

9. Después se hizo el mismo procedimiento para los dos muretes restantes hasta lograr bajarlos al garaje de la casa.

Imagen 60. Muretes en el primer piso



Fuente: elaboración propia

10. Subida de los muretes al vehículo que los transportó hasta el laboratorio, el cual se hizo de la siguiente manera:
- Se colocó la misma tabla burra desde la entrada del garaje hasta la entrada del vehículo mencionado, con el fin de deslizar los muretes y no alzarlos a pulso ya que estos pesan aproximadamente 120 kilos.

Imagen 61. Rampla entre garaje y vehículo



Fuente: elaboración propia

- Se descargaron los muretes en el laboratorio con la ayuda de un montacargas

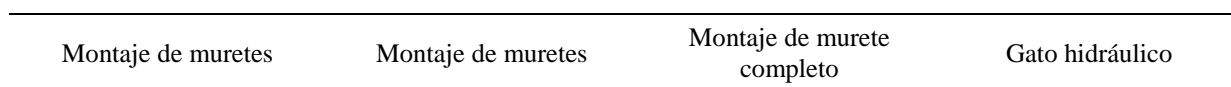
Imagen 62. Descargue de los muretes



Fuente: elaboración propia

11. Se hizo el montaje de los muretes para posteriormente practicarle las pruebas de tracción diagonal

Imagen 63. Montaje para pruebas

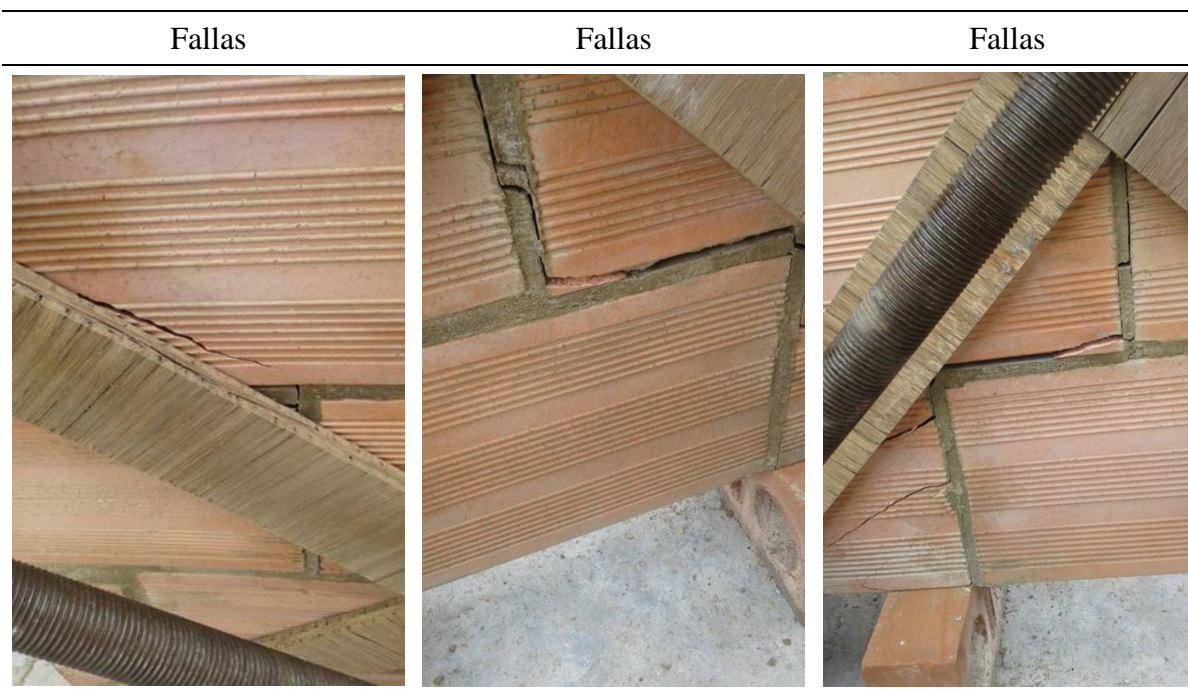




Fuente: elaboración propia

12. A continuación se detallan algunas de las fallas que presentaron los muretes

Imagen 64. Fallas presentadas en los muretes



Fuente: elaboración propia

Resultados de la Prueba Realizada en los Muretes

Resultado de pruebas de los muretes elaborados con bloques #5 y reforzados con listones de guadua sometidos a tracción diagonal.

Tabla 12. Variables registradas durante la prueba

	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	P máx. (Kg)	τ máx. (K Pa)
Muestra 1	95,6	102,2	11,5	3.224	193
Muestra 2	94,5	102,6	11,4	3.157	195
Muestra 3	95,6	102,2	11,3	3.023	188
Promedio	95,2	102,3	11,4	3.135	192

Fuente: elaboración propia

Análisis y discusión de resultados

De acuerdo a la investigación realizada teniendo en cuenta la NSR-10 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, s.f.), título A se establece un modelo con material alternativo como reforzamiento para muros no estructurales usando la guadua como material principal, creando unas diagonales para generar un reforzamiento externo mejorando su comportamiento estructural, teniendo en cuenta el comportamiento que presenta una mampostería sin refuerzo según (Molano & Serrano, 2005), rehabilitación sísmica de mampostería no estructural reforzada con listones de madera, el cual establece un modelo de murete sin reforzamiento alguno.

Por otro lado se generó una serie de resultados evidenciados en la investigación anterior donde se generaron tres tipos de ensayos los cuales arrojaron un promedio de 3,135 kg/m², teniendo en cuenta que su tiempo de fraguado fue de 17 días, lo cual llegamos a concluir que su resistencia obtenida a los 28 días de fraguado pudo llegar a ser de 6.000 kg/m².

Uno de los aspectos principales que llegaron al debilitamiento de los muretes fue el traslado de estos mismos a la zona de ensayo, ya que su pudo presentar fallas o fisuras internas que al momento de someter cada elemento a las pruebas determina una resistencia no esperada.

Otro factor que pudo generar una variante no esperada fue que al momento de alistar los material como el mortero sus tiempos de paga fueron distintos lo cual genera la perdida de propiedades químicas y físicas.

Una variante que puede establecer la variación de los resultados obtenidos es que los materiales implementados en la fabricación de los muretes no cuentan con el mismo lote de producción y por ende su resistencia varía los momentos de hacer las pruebas.

Una característica principal que se debe de tener en cuenta es la disposición del corte ya que sus fibras quedaron de manera horizontal y su comportamiento estructural para las transmisiones de cargas se comportan mejor a lo largo que lo ancho que como se desarrolló en la investigación.

El tipo de anclaje que se desarrolló en la investigación fueron varillas roscadas, lo cual no es pertinente por que debilita el material ya que se debe perforar el elemento y este a su vez genera debilitamiento del elemento ya que este por su configuración es hueco y no posee un cuerpo sólido como lo es los ladrillos macizos, de esta forma se determina que su tipo de anclaje no deberá de intervenir el elemento con perforaciones y así poder determinar si su resistencia aumentaría.

El tipo de refuerzo implementado en la investigación fue para dar respuesta a sismos oscilatorios ya que este presenta un movimiento horizontal por sus tipos de ondas expansivas en el momento.

Matriz Comparativa de Costos

Teniendo en cuenta el campo de aplicabilidad del proyecto (industria de la construcción), es necesario llevar a cabo el desarrollo de una matriz comparativa de costos para determinar el valor construido por metro cuadrado, y así poder determinar la factibilidad de este sistema de refuerzo al momento de utilizarlo en el campo de la construcción.

Se tomó como base la investigación realizada por (Molano & Serrano, 2005), en donde se desarrolla un sistema de refuerzo similar al empleado en la investigación actual, teniendo en cuenta esto se toma como referencia el capítulo 4, conclusiones y recomendaciones página 127; en donde se muestra un cuadro de costos por metro cuadrado de la elaboración del sistema de refuerzo el cual sirve como referencia ante el sistema propuesto actualmente.

Tabla 13. Tabla de costos láminas de madera

Instalación del sistema de refuerzo m ²						
Ref	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor total	
Mano de obra	Cuadrilla mampostería (of+ayud)	hc	0,8	10202	8161,6	
	Listones de madera	ml	8	731	5848	
Materiales	Varillas	ml	0,8	2100	1680	
	Arandela	lb	0,08	3200	256	
	Pernos	un	8	42	336	
	Mortero de pega (1:3)					
	Cemento	Kg	3,33	350	1165,5	
	Arena lavada de peña	m3	0,0077	25000	192,5	
	Agua	lt	1,62	12	19,44	
	Bloque No 5	un	13	897	11661	
	Mortero de relleno (1:3)					
	Cemento	Kg	7,84	350	2744	
	Arena lavada de peña	m3	0,018	25000	450	
	Agua	lt	3,8	12	45,6	
	Total					32559,64

Fuente: (Molano & Serrano, 2005)

Reforzamiento de un muro de ladrillo con reforzamiento de laminados de fibra de vidrio, según "Reparación y reforzamiento de un muro de albañilería confinada mediante fibra de vidrio"

Imagen 65. Reforzamiento de muros con fibra de carbono



Fuente: (San Bartolome & Coronel, 2010, pág. 7)

Tabla 14. Tabla de costos láminas de fibra de vidrio

1 Materiales				
Nombre	U.M	Vr.Unitario	Cantidad	Vr.Parcial
Mbrace lámina CF-130	M2	\$ 181.627	0,43	\$ 78.100
Mbrace pasta	KG	\$ 21.530	0,74	\$ 15.932
Mbrace primario	KG	\$ 54.055	0,22	\$ 11.892
Mbrace saturante	KG	\$ 27.468	0,30	\$ 8.240
Herramienta y equipo menor	GLB	\$ 3.483	1,00	\$ 3.483
				\$ 117.481
2 Equipos				
Nombre	U.M	Vr.Unitario	Cantidad	Vr.Parcial
Andamio multidireccional 1.4 x 3	DIA	\$ 9.164	0,15	\$ 1.375
				\$ 1.375
3 Mano de Obra				
Nombre	U.M	Vr.Unitario	Cantidad	Vr.Parcial
Cuadrilla especializada of. + ay.	HC	\$ 22.536	2,42	\$ 54.537
				\$ 54.537
4 Transporte				
Nombre	U.M	Vr.Unitario	Cantidad	Vr.Parcial
				\$ 0
Valor Unitario Total:				\$ 173.559
Vr. Unitario en SMMLV				0.269

Fuente: (Ahumada, 2015)

Reforzamiento de un muro de ladrillo con reforzamiento de varillas de fibra de vidrio según (San Bartolome & Loayza, 2008).

Imagen 66. Reforzamiento con varilla de fibra de vidrio



Fuente: (Flores, s.f.)

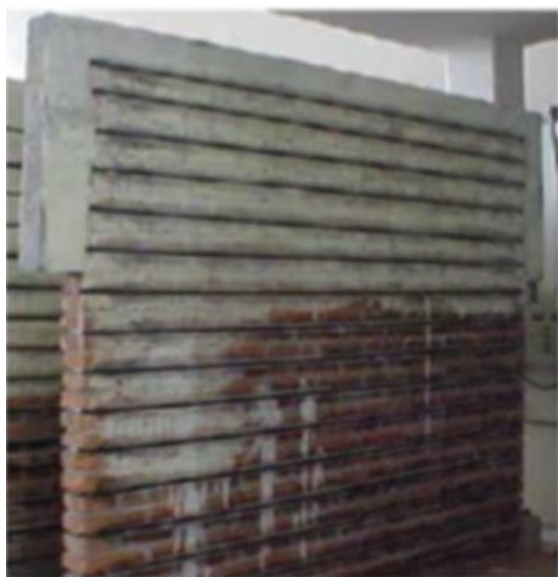
Tabla 15. Tabla de costos con varilla de fibra de vidrio

1 Materiales				
Nombre	U.M	Vr.Unitario	Cantidad	Vr.Parcial
Varilla 1/4" fibra de vidrio	ML	\$ 8.000	4,58	\$ 36.640
Arena lavada de peña	M3	\$ 75.160	0,01	\$ 750
Cemento gris	KG	\$ 500	1,56	\$ 780
Herramienta y equipo menor	GLB	\$ 1.000	0,10	\$ 100
Sikadur 31- adhesivo epóxico	KG	\$ 47.560	0,20	\$ 9.512
				\$ 47.782
2 Equipos				
Nombre	U.M	Vr.Unitario	Cantidad	Vr.Parcial
Andamio multidireccional 1.40 x 3.0	D	\$ 9164	0,15	\$ 1.375
				\$ 1.375
3 Mano de Obra				
Nombre	U.M	Vr.Unitario	Cantidad	Vr.Parcial
cuadrilla especializada	HC	\$ 22.536	1,68	\$ 37.860
				\$ 37.860
4 Transporte				
Nombre	U.M	Vr.Unitario	Cantidad	Vr.Parcial
				\$ 0
Valor Unitario Total:				\$ 87.017
Vr. Unitario en SMMLV				0.135

Fuente: (Ahumada, 2015)

Reforzamiento de un muro de ladrillo con reforzamiento de correas de acero.

Imagen 67. Reforzamiento con correas de acero



Fuente: (Ahumada, 2015)

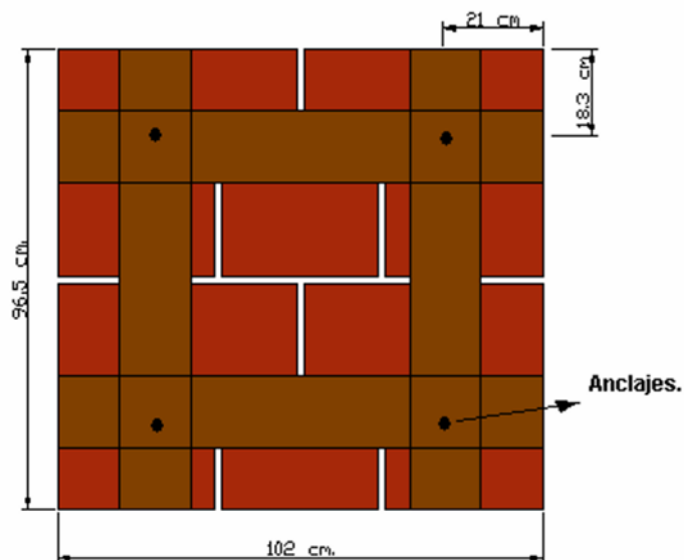
Tabla 16. Tabla de costos reforzamiento con correas de acero

1 Materiales				
Nombre	U.M	Vr.Unitario	Cantidad	Vr.Parcial
Abrazadera 2 sin salid.tipo 3	Un	\$ 5.757	2,65	\$ 15.256
Grafil de 60000 psi	Kg	\$ 1.879	2,14	\$ 4.021
Herramienta y equipo menor	GLB	\$ 1.000	0,10	\$ 100
Perno roscado d= 5/8" mm x 6"	Un	\$ 110	5,30	\$ 583
				\$ 19.960
2 Equipos				
Nombre	U.M	Vr.Unitario	Cantidad	Vr.Parcial
Andamio multidireccional 1.40 x 3.0	D	\$ 9.164	0,15	\$ 1.375
				\$ 1.375
3 Mano de Obra				
Nombre	U.M	Vr.Unitario	Cantidad	Vr.Parcial
Cuadrilla de albañilería oficial + ayudante	HC	\$ 18.780	1,19	\$ 22.348
				\$ 22.348
4 Transporte				
Nombre	U.M	Vr.Unitario	Cantidad	Vr.Parcial
				\$ 0
Valor Unitario Total:				\$ 43.683
Vr. Unitario en SMMLV				0.068

Fuente: (San Bartolome & Loayza, 2008)

Reforzamiento de un muro de ladrillo con reforzamiento listones de madera según (Molano & Serrano, 2005)

Ilustración 10. Ubicación de los anclajes de los muretes



Fuente: (Molano & Serrano, 2005)

Tabla 17. Tabla de costos reforzamiento con listones en madera

Instalación del sistema de refuerzo m ²						
Ref	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor total	
Mano de obra	Cuadrilla mampostería (of+ayud)	hc	0,8	10202	8161,6	
	Listones de madera	ml	8	731	5848	
Materiales	Varillas	ml	0,8	2100	1680	
	Arandela	lb	0,08	3200	256	
	Pernos	un	8	42	336	
	Mortero de pega (1:3)					
	Cemento	Kg	3,33	350	1165,5	
	Arena lavada de peña	m3	0,0077	25000	192,5	
	Agua	lt	1,62	12	19,44	
	Bloque No 5	un	13	897	11661	
	Mortero de relleno (1:3)					
	Cemento	Kg	7,84	350	2744	
	Arena lavada de peña	m3	0,018	25000	450	
	Agua	lt	3,8	12	45,6	
	Total					32559,64

Fuente: (San Bartolome & Loayza, 2008)

Reforzamiento de un muro de bloque # 5 con listones en guadua según (*San Bartolome & Loayza, 2008*)

Imagen 68. Reforzamiento con listones en guadua



Fuente: elaboración propia

Tabla 18. Tabla costos autores propios

COSTO DE FABRICACION POR METRO CUADRADO DEL SISTEMA DE REFUERZO CON LISTONES DE GUADUA LAMINADA PARA MAMPOSTERIA NO ESTRUCTURAL					
RELACIÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
MANO DE OBRA	CUADRILLA DE MAMPOSTERIA	HC	1	\$ 2.474	\$ 2.474
MATERIALES A UTILIZAR	LISTONES DE GUADUA LAMINADA	ML	4	\$ 8.216	\$ 32.864
	VARILLA ROSCADA	UN	5	\$ 2.500	\$ 12.500
	TUERCA	UN	10	\$ 316	\$ 3.160
	ARANDELA	LB	10	\$ 300	\$ 3.000
	MORTERO DE PEGA (1:3)				
	CEMENTO	KG	10	\$ 348	\$ 3.475
	ARENA LAVADA DE PEÑA	KG	30	\$ 290	\$ 8.700
	AGUA	M3	0,011	\$ 2.210	\$ 24
	BLOQUE N° 5 MARCA SANTAFÉ	UN	12		\$ -
	TOTAL				

Fuente: elaboración propia

Conclusiones y Recomendaciones

Esta investigación pretende dar a conocer que mediante recursos naturales como la guadua el cual es uno de los recursos renovables por su tipo de crecimiento rápido ha tenido un amplio uso como reforzamiento y de elementos principales en el ámbito de la construcción, se pretende desarrollar reforzamientos con laminados de guadua prensados el cual mediante estudios investigativos como lo menciona el artículo scielo de estudio exploratorio de los laminados del bambú guadua angustifolia como material estructural (López & Correal, 2009) llegan a la conclusión que los laminados de guadua poseen mejor comportamiento ante otros tipos de maderas de esta forma daremos a conocer los resultados que se lograron mediante listones de guadua para mayor información dirigirse a metodología.

- La resistencia adquirida a 17 días de fraguado fue de 3,135 kg/m².
- Su método de implementación como elemento de refuerzo es óptima ya que por el sistema de listones su manipulación es mejor y no genera desgaste en el proceso de elaboración.
- A pesar de que los laminados son poco vistos como elementos de refuerzo su costo está en el promedio como se menciona en el capítulo de matriz comparativa de costos.
- Se deberá tener en cuenta al momento del corte de los listones de guadua tendrán que ser de manera paralela al largo de la lámina.
- Cabe aclarar que como los materiales presentan diferencias de tiempos de fabricación o de lote su resultado es variable ya que el comportamiento de cada material es diferente ante el resto.
- Se puede concluir que su resultado fue satisfactorio ya que la resistencia obtenida en la tesis de la Pontificia universidad Javeriana Bogotá Colombia de rehabilitación sísmica de mampostería no estructural mediante listones de madera (Molano & Serrano, 2005) el

resultado a 28 días de fraguado fue de 7600 kg/m² y el obtenido con laminados de guadua fue de 3.135 kg/m² con una diferencia de ,665 kg/m².

- Se recomienda generar laminados de manera artesanal para bajar el costo de fabricación.

Un punto que logro afectar la resistencia obtenida por los muretes a pesar de que se obtuvo un resultado estándar de comportamiento, fue el traslado de los mismo a la zona de ensayo ya que se elaboraron en un lugar no adecuado. Y el proceso que se desarrolla en la toma de ensayos de otros tipos de refuerzo se emplea en situ en donde no se afecta los elementos a ensayar por el corto desplazamiento y con un adecuado equipo de traslado a la zona de pruebas.

Se recomienda elaborar los muretes en el sitio de ensayo para que no se afecte sus componentes al momento de someterlos a pruebas. Y así poder garantizar un mejor índice de comportamiento.

Proyectos Futuros

- Será posible la creación de un laminado de guadua el cual se genere de forma artesanal para lograr la reducción de costos de fabricación ante los ya existentes en el mercado.
- Será posible la implementación de este sistema de refuerzo en el presupuesto de una obra de una edificación ya existente tomándola como estudio de caso para poder determinar su factibilidad.
- Será posible generar un tipo de reforzamiento para los diferentes tipos de sismos que se mencionan en la investigación. Ya que este solo está enfocado al tipo de sismo oscilatorio.
- Será posible que al modificar el tipo de anclaje que se utiliza en la presente investigación el comportamiento estructural aumentara su resistencia ante los diferentes prototipos ya propuestos en la actualidad.

Referencias Bibliográficas

- +Tipos de. (s.f.). *Tipos de terremoto*. Recuperado de <http://www.mastiposde.com/terremoto.html>
- Acero Vegetal Guadua bambu Colombia . (30 de abril de 2015). *Detalles y errores en la construccion con guadua*. Recuperado de <https://guaduabambucolombia.com/tag/esterilla-de-guadua/>
- Agrovitro. (s.f.). *Guadua angustifolia*. Recuperado de <http://www.bambooinvitro.com/plantas-de-bambu-costa-rica/guadua-angustifolia>
- Ahumada, G. (2015). Reforzamiento y rehabilitación de fachadas de mampostería, construidas en Bogotá D.C.- Colombia, antes de la expedición del reglamento NSR-10. (Tesis para optar el título de Magister en Construcción). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/50148/1/79292529.2015.pdf>
- Almacenes profesionales para la construcción. (1993). *Bloque de Hormigon*. Recuperado de <http://www.aldino.com/imagenes/descargas/03.pdf>
- Apser. (s.f.). *Aditivos para concretos*. Recuperado de <http://apser.com.mx/index.php>
- Arango, S. (1989). *Historia de la arquitectura en Colombia*. Bogotá: Centro Editorial y Facultad de Artes, Universidad Nacional de Colombia.
- ArchiExpo. (s.f.). *El salón online de la arquitectura y el diseño*. Recuperado de <http://www.archiexpo.es/prod/ibl-spa/product-131841-1435747.html>
- Arcillas de Colombia. (s.f.). *Historia del Ladrillo*. Recuperado de <http://www.arcillasdecolombia.com/index.php?contenido/1/7/Historia-del-Ladrillo.html>

- Arenas y triturados de Santander S.A.S. (s.f.). *Materiales pétreos*. Recuperado de <http://www.atrisan.com/petreatos.html>
- Arkiplus. (05 de agosto de 2013). *Mortero*. Recuperado de <http://www.arkiplus.com/mortero>
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica . (2010). *Titulo A. Rrequisitos generales de diseño y construccion sismo resistente*. Bogotá: Camacol.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS]. (s.f.). *NSR-98. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente*. Recuperado de http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/docentes/oscar_gutierrez/descargas/Txtulo F.pdf
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (s.f.). *Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mamposteria*. Recuperado de http://www.desenredando.org/public/libros/2001/cersrv/mamposteria_lared.pdf
- ASTM International. (2008). *ASTM C33/C33M. Historical Standard: Especificación Normalizada de Agregados para Concreto*. Amsterdam: ASTM International.
- ASTM International. (2013). *ASTM C1142. Standard Specification for Extended Life Mortar for Unit Masonry*. Amsterdam: ASTM International.
- ASTM International. (s.f.). *ASTM C270. Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*. Amsterdam : ASTM International.
- Bambú de Colombia. (s.f.). *What we offer*. Recuperado de <http://www.bambudecolombia.com/products.html>
- BambuExport. (s.f.). *Bambú Guadua Angustifolia Kunth*. Recuperado de <http://www.bambuexport.com.ec/productos/bambu-guadua-angustifolia-kunth/>
- Bambus-Conbam. (s.f.). *Construir con Bambú 'Guadua angustifolia' - Ciencia y Técnica: características*. Recuperado de <http://www.conbam.info/pagesES/properties.html>

Bambus-Conbam. (s.f.). *Construir con Bambú 'Guadua angustifolia' - Ciencia y Técnica: Guadua*. Recuperado de <http://www.conbam.info/pagesES/guadua.html>

Blanco, F. (2010). *Materiales de construcción petreos artificiales*. Recuperado de <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Tema4.MaterialesCONSTRUCCION.PetreosArtificiales.TipologiaPIEZAS.Ensayos.2009.2010.pdf>

Botero, L. (s.f.). Reproducción de la guadua angustifolia por el método de chusquines. Guayaquil, Ecuador: International Network For Bamboo And Rattan (Inbar). Recuperado de <http://www.inbar.int/sites/default/files/chusquines.pdf>

Capítulo 3. Morteros. (s.f.). Recuperado de http://www.bdigital.unal.edu.co/6167/17/9589322824_Parte5.pdf

Carvajalino, G., & Hernandez, J. (10 de abril de 2012). Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques h-10 utilizados en el municipio de ocaña. (Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Civil). Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/194/1/25108.pdf>

Cemento Cruz Azul. (s.f.). *Cemento de Albañilería (Mortero)*. Recuperado de http://cementocruzazul-pruebas.com.mx/?page_id=1949

Concejo de santa fe de Bogotá. (20 de octubre de 1995). *Acuerdo 20. Por el cual se adopta el código de construcción del distrito capital de bogotá, se fijan sus políticas generales y su alcance, se establecen los mecanismos para su aplicación, se fijan plazos para su reglamentación prioritaria*. Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2052>

Concretos Livianos. (s.f.). *Mampostería estructural*. Recuperado de <http://blogguernuevo.blogspot.com.co/2016/06/mamposteria-estructural.html>

Congote, N. (8 de febrero de 2009). *Ecogúa_guadua sin desperdicios, Madera y Guadua, una segunda etapa*. Recuperado de <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/ecogua-guadua-sin-desperdicios.html>

Congreso de Colombia. (19 de agosto de 1997). *Ley 400. Por la cual se adoptan normas sobre Construcciones Sismo Resistentes*. Recuperado de miniambiente: http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0400_1997.pdf

Construex. (s.f.). *¿Conoces los mejores pegantes y morteros? : Máxima Adherencia y Resistencia (CADECO ADITIVOS)*. Recuperado de http://www.tolsa.com/aditivos/productos_soluciones/reduccion-de-la-retraccion-y-agrietamiento/

EIROS, prefabricados de hormigon. (s.f.). *Bloques macizos*. Recuperado de <http://www.eiros.es/productos.php?id=14&ids=16&idp=7>

El Maestro de Obras Xavier Valderas. (3 de abril de 2011). *Elaborado del mortero*. Recuperado de <http://elmaestrodecasas.blogspot.com.co/2011/04/elaborado-del-mortero.html>

Flores, F. (s.f.). *Curso de tecnología de los materiales*. Recuperado de <http://es.slideshare.net/mobile/freddyramirofloresvega/tecnologia-de-los-materiales-37888794>

Fonseca, L., & Saldarriaga, A. (1992). *Arquitectura popular en Colombia*. altamir ediciones.

Galicia digital. (5 de diciembre de 2015). *Reproducciones alternativas en vegetales*. Recuperado de <http://www.galiciadigital.com/opinion/opinion.14432.php>

Godoy, L., & construcción, C. I. (s.f.). *¿Qué es una falla estructural?* Recuperado de <http://civilgeeks.com/2014/08/03/que-es-una-falla-estructural/>

Guadua Bambu Colombia. (12 de septiembre de 2016). *Carder entrega mapa para el uso legal de la guadua*. Recuperado de <https://guaduabambucolombia.com/2016/09/12/carder-entrega-mapa-para-el-uso-legal-de-la-guadua/>

Hidalgo, O. (2003). *Bamboo : the gift of the gods*. Bogotá: The Author.

High School Earth Science / Measuring and Predicting Earthquakes. (02 de March de 2016). *Wikibooks, The Free Textbook Project*. Recuperado de https://en.wikibooks.org/w/index.php?title=Special:CiteThisPage&page=High_School_Earth_Science%2FMeasuring_and_Predicting_Earthquakes&id=3053311

Ingenieria Civil. (s.f.). *Características de los Agregados*. Recuperado de <http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/05/caracteristicas-de-los-agregados.html>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (27 de Febrero de 1997). *NTC 111. Norma técnica colombiana. Ingeniería civil y arquitectura: Método para determinar la fluidez de morteros de cemento hidráulico*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/223574775/NTC-111-Metodo-para-Determinar-la-Fluidez-de-Morteros-de-Cemento-Hidraulico-pdf>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2000). *NTC 296. Ingeniería civil y arquitectura. Dimensiones modulares de unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos*. Bogotá: Icontec.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2000). *NTC 4205. Ingeniería civil y Arquitectura. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos*. Bogotá: Icontec.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2000). *NTC 4205-2. unidades de mampostería de arcilla cocida. ladrillos y bloques cerámicos. parte 2: mampostería no estructural*. Bogotá: Icontec.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2004). *metrologia, sistema internacional de unidades*. Bogotá: Icontec. Recuperado de <http://gemini.udistrital.edu.co/comunidad/grupos/gispud/RAIZDC/contenidoprogramatico/capitulo1/archivos/ntc1000.PDF>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y de Certificación [ICONTEC]. (2005). *NTC 4017. Metodos para muestreo y ensayos de unidades de moamposteria y otros productos de arcilla*. Bogotá: Icontec.

Lee, L. (s.f.). *La historia de los bloques de hormigón*. Recuperado de http://www.ehowenespanol.com/historia-bloques-hormigon-hechos_328125/

Liese, W. (1998). *The Anatomy of Bamboo Culms*. Beijing: BRILL.

López, L., & Correal, J. (11 de 2009). Estudio exploratorio de los laminados de bambú *Guadua angustifolia* como material estructural. *Maderas. Ciencia y tecnología*, *11*(3), 171-182. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2009000300001>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (s.f.). *NSR-10. Reglamento colombiano de construccion sismo resistente - Mampostería estructural*. Recuperado de <http://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/4titulo-d-nsr-100.pdf>

Molano, M., & Serrano, A. (2005). *Evaluación sísmica de mampostería no estructural reforzada con listones de madera*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis125.pdf>

Moreno, R. (s.f.). *Impacto socio económico regional y nacional de la guadua*. Recuperado de <http://www.sigguadua.gov.co/sites/default/files/archivos/CONFECARTAGO%20SEN A.pdf>

Naturaeduca. (s.f.). *El Hombre y la Tierra: degradación del medio ambiente*. Recuperado de http://www.natureduca.com/hom_degrad_suelo1.php

- Paisajes heliconia. (s.f.). *Arquitectura del agua*. Recuperado de <http://www.arquitecturapaisajesheliconia.com/arquitectura-del-agua>
- Preconcretos. (s.f.). *Agregados petreos*. Recuperado de <http://www.preconcretos.co/?p=1734>
- Quiroga, M. (24 de julio de 2014). *Por qué el bambú es tan bueno para el medioambiente*. Recuperado de <https://martinbambu.wordpress.com/2014/07/24/por-que-el-bambu-es-tan-bueno-para-el-medioambiente/>
- Rojas, D. (s.f.). *Mamposteria estructural: tipos de unidades de mamposteria segun las perforaciones*. Recuperado de <https://www.google.com.co/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fimage.slidesharecdn.com%2F1normativacolombianaenconstruccionesde1y2pisos-141104111740-conversion-gate02%2F95%2Fmampostera-estructural-40-638.jpg%3Fcb%3D1415099984&imgrefurl=http%3A%2F%2Fes.slideshare.net>
- Salas, E. (2006). *Actualidad y futuro de la arquitectura de bambu en Colombia: La cultura de la guadua en Colombia*. (Tesis Doctoral) Barcelona, España: Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Construccions Arquitectòniques I. Recuperado de <http://www.tdx.cat/handle/10803/6130>
- San Bartolome, A., & Coronel, C. (2010). *Reparación y reforzamiento de un muro de albañilería confinada mediante fibra de carbono*. Peru : Pontificia Universidad Católica del Perú .
- San Bartolome, Á., & Loayza, J. (2008). *Reparación y reforzamiento con varillas de fibra de vidrio en un muro de albañilería confinada*. Peru: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Sanchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá: Bhandar Editores.
- Sistema de Información Geográfico - SIGGUADUA. (s.f.). *Corte*. Recuperado de <http://www.sigguadua.gov.co/?q=node/237>

Sitio solar. (s.f.). *La construcción con tierra cruda: el adobe y la tapia*. Recuperado de <http://www.sitiosolar.com/la-construccion-con-tierra-cruda-el-adobe-y-la-tapia/>

Stamm, J. (2002). Laminados de guadua. *Seminario - Taller Avances en la investigación sobre Guadua*. pereira.

Tolsa Group. (s.f.). *Reducción de la retracción y formación de grietas*. Recuperado de http://www.tolsa.com/aditivos/productos_soluciones/reduccion-de-la-retraccion-y-agrietamiento/

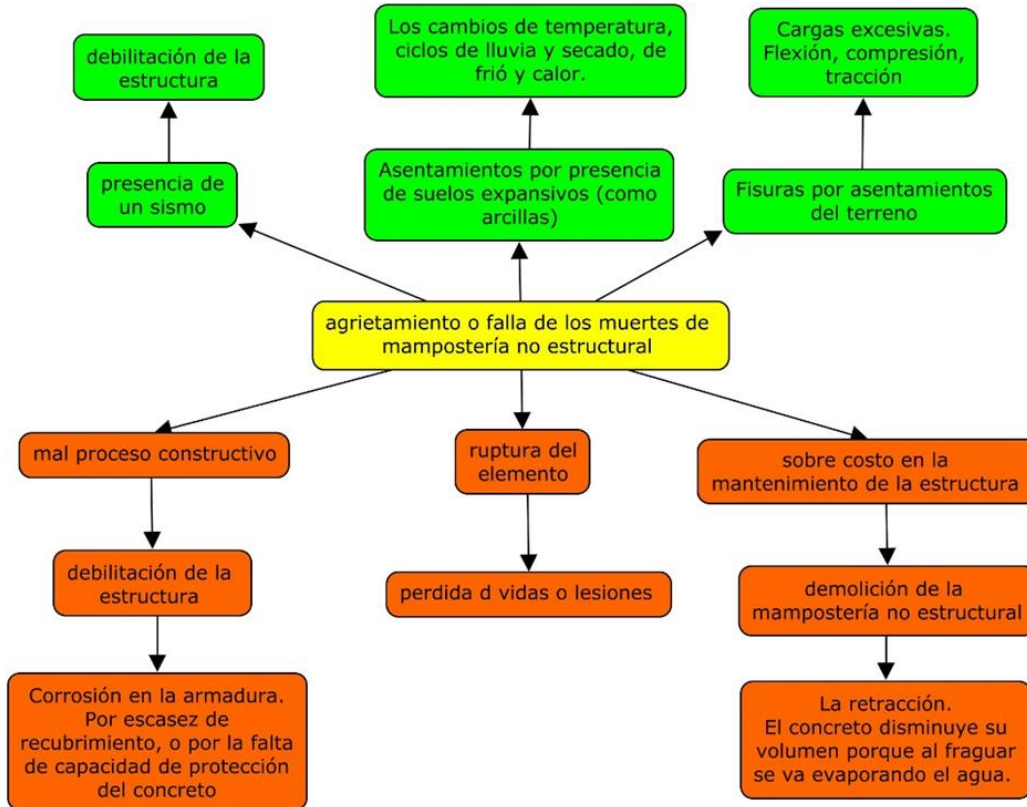
Universidad de Coruña. (s.f.). *¿Que es un terremoto?* Recuperado de http://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC/Investigacion/Terremotos/QUE_ES.htm

Ventajas de los muros con bloques de concreto. (2014). *Revista Digital Apuntes de Arquitectura*. Recuperado de <http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com.co/2014/07/tecnicas-constructivas-la-albanileria.html>

William [Nickname]. (2013). *Resistencia del cemento en cubos de mortero NTC-220*. Universidad Militar Nueva Granada. [video de youtube]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=o9eQjizbLaU>

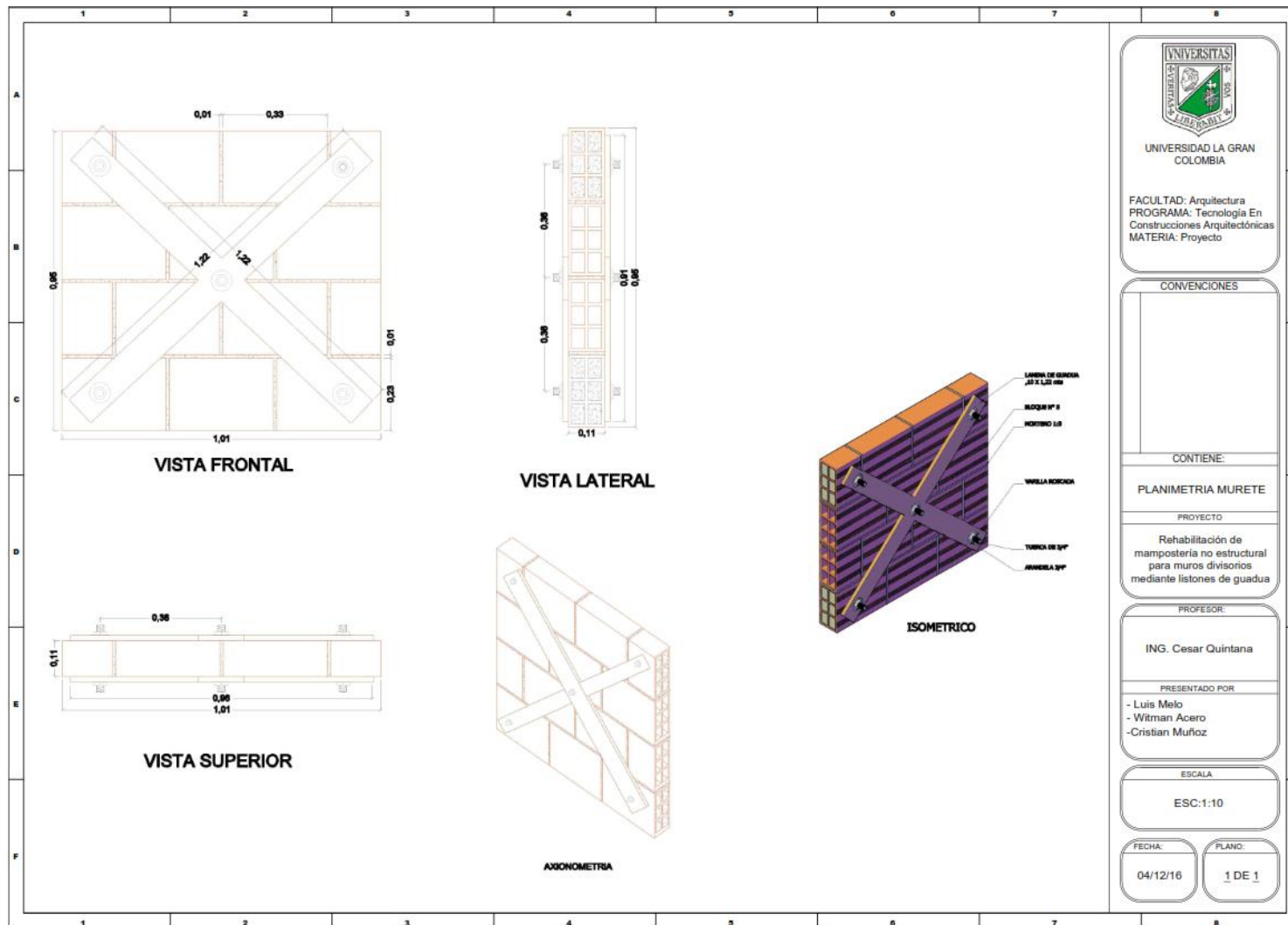
Anexos

Anexo 1. Árbol de problemas



FUENTE: Autores del proyecto

Anexo 2 planimetría



FUENTE: Autores del proyecto