

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COSTO DE PRODUCCIÓN EN LA
SUSTITUCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y MAMPOSTERÍA CONVENCIONALES
POR GUADUA EN EL MODELO DE VIVIENDA RURAL DEL BANCO AGRARIO
DE COLOMBIA

RODRIGO ANDRÉS SILVA FISCAL
rasilva10@ucatolica.edu.co
506610

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA EN INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2021

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COSTO DE PRODUCCIÓN EN LA
SUSTITUCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y MAMPOSTERÍA CONVENCIONALES
POR GUADUA EN EL MODELO DE VIVIENDA RURAL DEL BANCO AGRARIO
DE COLOMBIA

RODRIGO ANDRÉS SILVA FISCAL
rasilva10@ucatolica.edu.co
506610

Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero Civil
elaborado para su aprobación ante el comité de trabajo de grado

Asesor:
CESAR DAVID QUINTANA CABEZA
Ingeniero civil

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA EN INGENIERÍA CIVIL
2021



Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#). [Advertencia.](#)

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



CompartirIgual — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la [misma licencia](#) del original.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, 6 de Junio de 2021

DEDICATORIA

A mis padres que siempre me apoyaron con su confianza y su tiempo, enseñándome e inculcándome desde pequeño la disciplina de estudiar y trabajar duro para lograr nuestros sueños.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, por abrirme un espacio de formación no solo como profesional, sino también como persona, lo cual me permitirá encontrar los mejores caminos para la realización de mis metas.

CESAR DAVID QUINTANA CABEZA, Ingeniero civil, principalmente quien aportó su idea y sus conocimientos para el desarrollo de esta tesis, y dando todo su apoyo para la finalización del proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	3
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	4
1.2 FORMULACION DE LA PREGUNTA A RESOLVER	6
2. JUSTIFICACIÓN	7
2.1 Déficit de vivienda en Colombia	7
2.2 Generación de empleo	7
2.3 Empleo de la guadua como material de construcción en la ciudad	8
3. ANTECEDENTES	9
4. MARCO TEÓRICO	11
5. ESTADO DEL ARTE	13
6. OBJETIVOS	19
6.1 OBJETIVO GENERAL	19
6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	19
7. ALCANCES Y LIMITACIONES	20
8. METODOLOGÍA	22
9. PRESENTACION Y DESCRIPCION DE MODELOS ESCOGIDOS	25
9.1 MODELO 1 (PROYECTO TIPO)	25
9.1.1 Generalidades	25
9.1.2 Arquitectura	26

9.1.3	Configuración Estructural	27
9.1.4	Costo del producto	27
9.2	MODELO 2 (PROYECTO GUADUA)	28
9.2.1	Generalidades	28
9.2.2	Arquitectura	28
9.2.3	Aspectos Constructivos	29
9.2.4	Configuración Estructural	29
9.2.5	Costo del producto	29
10.	TRANSFORMACION ESTRUCTURAL	30
10.1	Cimentación	30
10.2	Columnas	32
10.3	Viga corona	33
10.4	Viga Cinta	33
10.5	Cubierta	34
10.5.1	Modelo 1	34
10.5.2	Modelo 2	34
10.6	Muros	34
10.6.1	Modelo 1	34
10.6.2	Modelo 2	35
11.	CANTIDADES DE OBRA	37
11.1	Cimiento	37
11.2	Estructuras en Concreto	38
11.2.1	Columnas	38
11.2.2	Viga corona	39
11.3	Tejados	40
11.3.1	Viga Cinta	40
11.3.2	Cubierta	40
11.4	Muros	42
12.	ELABORACION DE ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	43
12.1	Cimentación	44

12.2	Columnas	45
12.3	Viga Corona	45
12.4	Viga Cinta	46
12.5	Cubierta	46
12.5.1	Modelo 1	46
12.5.2	Modelo 2	47
12.6	Muros	47
12.6.1	Modelo 1	47
12.6.2	Modelo 2	48
13.	PRESUPUESTOS FINALES	53
14.	CONCLUSIONES	55
15.	RECOMENDACIONES	57
	BIBLIOGRAFIA	58
	ANEXOS	60

LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 1. Institución Educativa La Samaria	13
Imagen 2. Centro de Desarrollo Infantil El Guadual	14
Imagen 3. La Clínica en Medellín	15
Imagen 4. Proyecto Inteligencias Colectivas Palomino	16
Imagen 5. Casa Ensamble Chacarrá	17
Imagen 6. La Potocine	18
Imagen 7. Modelo de Vivienda "Proyecto Tipo"	26
Imagen 8. Modelo de Vivienda "Proyecto Guadua"	28
Imagen 9. Vivienda y Cimentación del Banco Agrario	31
Imagen 10. Modelo de Columnas del Banco Agrario	32
Imagen 11. Modelo de Nuevas Columnas	33
Imagen 12. Teja Termoacústica Trapezoidal	34
Imagen 13. Esquema típico de un muro no estructural	35

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valores mínimos para dimensiones, resistencia de materiales y refuerzo de cimentación.	30
Tabla 2. Cantidades de Obra Cimentación	37
Tabla 3. Cantidades de Obra Sobrecimiento	38
Tabla 4. Cantidades de obra Columnas	39
Tabla 5. Cantidades de Obra Vigas Corona	39
Tabla 6. Cantidades de Obra Viga Cinta	40
Tabla 7. Cantidades de Correas de cubierta	41
Tabla 8. Cantidades de Obra para Cubierta Modelo 1	41
Tabla 9. Cantidades de Obra para Cubierta Modelo 2	41
Tabla 10. Cantidades de Obra para Muros de los Modelos 1 y 2	42
Tabla 11. APU Mortero 1:4	43
Tabla 12. APU Concreto de resistencia de 175 Kg/Cm ²	43
Tabla 13. APU Viga de Cimentación	44
Tabla 14. APU Sobrecimiento	44
Tabla 15. APU Columnas	45
Tabla 16. APU Viga Corona	45
Tabla 17. APU Viga Cinta	46
Tabla 18. APU Cubierta Modelo 1	46
Tabla 19. APU Teja Termoacústica Ajovert Trapezoidal	47
Tabla 20. APU Muro en Mampostería de Bloque N.5	47
Tabla 21. APU Tallo de Guadua Con Ácido Bórico y Bicromato de Sodio	48
Tabla 22. APU Tallo de Guadua Con Sulfato de Cobre, Ácido Bórico y Bicromato de Sodio	49
Tabla 23. APU Tallo de Guadua Con Sales CCA	49
Tabla 24. APU Esterilla de Guadua	49
Tabla 25. APU Madera Estructural Tipo C	50
Tabla 26. APU Malla Para Revoque	50
Tabla 27. APU Malla con Vena	50
Tabla 28. APU Revoque con Malla para Revoque	51
Tabla 29. APU Revoque con Malla con Vena	51
Tabla 30. APU Muro en Bahareque Encementado (Malla para Revoque)	51
Tabla 31. APU Muro en Bahareque Encementado (Malla con Vena)	52
Tabla 32. Presupuesto Modelo 1	53
Tabla 33. Presupuesto Modelo 2	54

RESUMEN

El presente trabajo es una tesis de trabajo de grado en opción de investigación aplicada, que versa sobre un análisis comparativo entre los costos de producción de una vivienda de interés social rural (VISR), hecha de manera convencional (concreto y acero) y sustituyendo esos materiales convencionales por guadua y ubicándola en alguno de los planes zonales de Usme o Norte de Bogotá D.C.

Para desarrollar la sustitución de las mamposterías convencionales por guadua, se utilizará el modelo de vivienda rural del Banco Agrario de Colombia, tiene como fin comparar los costos de producción de ambos sistemas constructivos.

Se proponen los cálculos de las cantidades de obra, los análisis de costo de producción y la comparación de los costos y tiempos de ejecución.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto de investigación tiene como principal propósito realizar un análisis comparativo detallado de cambiar una vivienda convencional de interés social rural, del Banco Agrario de Colombia, por guadua, ubicándola en alguno de los planes zonales de Usme o Norte de Bogotá D.C.

El análisis se enfocará en los costos y presupuestos de fabricación de dichas estructuras y se evalúa cada uno de los aspectos técnicos involucrados en ambos tipos de construcción.

Para esto se estudia, por un lado, la normatividad actual para la construcción de una vivienda de interés social rural del Banco Agrario de Colombia y, por otro lado, los sitios en donde se construyen normalmente.

Se indagarán proyectos en los cuales se estudia el cambio de concreto por guadua, y la normativa actual para la construcción de viviendas en guadua. Con base en esta información se elaborará una estructura con las mismas especificaciones constructivas que la del Banco Agrario de Colombia, pero cambiando su estructura y mampostería por guadua.

El fin de este proyecto no es crear una nueva alternativa de vivienda de interés prioritario, sino remplazar un sistema constructivo por otro y ver si sus costos disminuyen o aumentan.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad existe un objetivo apremiante por cumplir, a saber, reducir el déficit de vivienda popular en Bogotá. Para conseguirlo, hay dos retos principales que superar:

1. Los precios actuales de la vivienda de interés prioritario no son asequibles por personas de bajos o nulos ingresos económicos. Para adquirir una vivienda de interés prioritario se deben cumplir los siguientes requisitos:
 - a) Tener ingresos totales mensuales no superiores a dos salarios mínimos legales mensuales vigentes.
 - b) No ser propietarios de una vivienda en el territorio nacional.
 - c) No haber sido beneficiarios de un subsidio familiar de vivienda efectivamente aplicado, ni de la cobertura de tasa de interés, salvo cuando el beneficiario haya perdido la vivienda por imposibilidad de pago del crédito con el cual la adquirió, o cuando la vivienda haya resultado totalmente destruida o inhabitable como consecuencia de desastres naturales, calamidades públicas, emergencias, o atentados terroristas.
 - d) Contar con un ahorro por un monto equivalente al 5% del valor de la vivienda, es decir, aproximadamente dos millones de pesos.
 - e) Contar con un crédito pre-aprobado por el valor correspondiente a los recursos faltantes para acceder a la vivienda.
 - f) No haber sido inhabilitado por haber presentado documentos o información falsa con el objeto de que le fuera adjudicado un subsidio.

Existe, por lo tanto, un amplio mercado para viviendas de bajo costo. En este mercado existe una oferta parcial de urbanizaciones informales. Sin embargo, los costos para legalizarlas en el futuro serán altos para el gobierno distrital.

2. La extensa recesión económica que ha soportado el país en el presente año ha disminuido sustancialmente los ingresos de la población, reduciéndolos a cero en algunos casos. “El Gobierno debe estar ya consciente, por eso ha hecho un pronóstico de crecimiento del -5,5% que involucraría el peor crecimiento económico de nuestro país en más de 100 años de historia”, señaló Luis Fernando Mejía, director de Fedesarrollo [1, párr. 4].

Con el fin de dar solución a los anteriores retos y participar del mercado, los constructores, ingenieros y arquitectos han desarrollado nuevas propuestas de vivienda disminuyendo su costo final, con el fin de que las personas o familias con ingresos económicos de hasta de dos salarios mínimos mensuales puedan adquirirlas.

A nivel nacional, además, el programa de vivienda rural en Colombia es una estrategia creada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) con el objetivo de mejorar las condiciones habitacionales de las familias rurales de escasos recursos económicos, mediante el otorgamiento de subsidios familiares de Vivienda de Interés social y prioritario rural, para la construcción de vivienda nueva o mejoramiento de la vivienda existente.

El “Proyecto Tipo” [2], es un proyecto donde se explica, un modelo de diseño el cual facilita la formulación de un proyecto para la construcción de unidades de vivienda de interés social rural convencional, del Banco Agrario de Colombia, hecha en concreto y hierro. En el documento explica de que se trata este proyecto y también incluye una sección acerca del procedimiento constructivo para ejecutar este tipo de proyectos y un análisis de presupuestos estimado.

Lo cual hace que este diseño de vivienda sea uno de los más factibles para la construcción de viviendas de interés social. Este diseño de vivienda de interés social rural, del Banco Agrario de Colombia, es un gran punto de partida para remplazarla por materiales que disminuyan su costo.

1.2 FORMULACION DE LA PREGUNTA A RESOLVER

En la ciudad de Bogotá, los programas de interés social y prioritario han privilegiado ciertos materiales como lo son, por ejemplo, el concreto y el hierro para su construcción, omitiendo otros.

La pregunta, entonces, es consecuencia de detectar esa omisión, y va dirigida hacia poner como una posibilidad real la construcción en guadua.

Con relación a lo planteado surge la siguiente pregunta como síntesis del cuestionamiento inicial hecho por la comunidad de ingenieros y arquitectos sobre la posibilidad de usar guadua en la construcción de viviendas de interés prioritario.

¿Es factible sustituir parte de la estructura y mampostería convencionales por guadua en el modelo de vivienda rural del campo agrario sin que se aumente el costo de producción convencional?

2. JUSTIFICACIÓN

2.1 DÉFICIT DE VIVIENDA EN COLOMBIA

Con el fin de dar solución a los retos planteados, constructores, arquitectos e ingenieros han detectado la necesidad de optar por un mejor aprovechamiento de los recursos naturales. La guadua, *angustifolia kunth*, es, por ejemplo, el recurso natural más utilizado en la construcción de viviendas en el eje cafetero. Siendo así, tiene cabida la investigación sobre la posibilidad de que la guadua, sustituya varios de los materiales más utilizados en la actualidad en la industria de la construcción. Si así es, constituye una alternativa social y ambiental de primer orden para el desarrollo del país.

En Bogotá, parte importante de los proyectos de construcción son de viviendas de interés social, mediante los cuales la población de estratos bajos tiene la posibilidad de acceder a una vivienda digna. Sin embargo en el país hay grandes falencias de vivienda de interés rural, social y prioritario. Es un reto para el futuro, por consiguiente, el desarrollo sostenible de las grandes ciudades satisfaciendo las necesidades habitacionales de la población.

Existe una demanda creciente de vivienda por una población en aumento, con ingresos económicos bajos y un déficit de unidades habitacionales. Este déficit ha generado hacinamiento y asentamientos humanos subnormales, cuya intervención es acuciante.

2.2 GENERACIÓN DE EMPLEO

Iniciativas gestadas y/o desarrolladas por las comunidades para construir sus propias viviendas, pueden tener un papel activo en la construcción de las viviendas en guadua. Las comunidades tienen la capacidad de participar en el uso de materias primas para la construcción de sus viviendas. Esta participación genera empleo y bienestar, sin embargo, actualmente, el uso de esas materias primas genera efectos ambientales adversos y, por ende, reduce la cuota de bienestar social e incrementa los riesgos para la sostenibilidad de las comunidades humanas.

2.3 EMPLEO DE LA GUADUA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN EN LA CIUDAD

Las ciudades deben procurar un desarrollo sostenible, mediante un proceso continuo de mejoramiento del diseño arquitectónico y de la reglamentación social, económica, política y ambiental.

El distanciamiento entre el ser humano de la ciudad y los ecosistemas implica un riesgo ambiental de grandes proporciones sobre la naturaleza. La expansión de ciudades genera, explotaciones intensivas, la extracción de materiales de construcción en zonas muy concentradas influye negativamente sobre los ecosistemas cercanos.

Sin embargo, a pesar del distanciamiento humano respecto a los ecosistemas vitales, no anula la posibilidad de la existencia de ciudades saludables para el futuro, es decir, ciudades en las que el ser humano acorte esa distancia. Implementar la guadua, de tal manera que cada urbe sea única y con personalidad propia, es la mejor oportunidad para crear ciudades ecológicamente más amigables con el medio ambiente

3. ANTECEDENTES

Universidad Católica de Colombia

La tesis de los ingenieros Nidia Constanza Nieto Vergara y Antonio Trujillo Sánchez [3]. Es una propuesta para un modelo de viviendas de interés social hecha en guadua. La tesis, cuenta con diseños y cálculos estructurales.

La tesis propuesta por los ingenieros María Camila Bulla Rodríguez y Ronald Steven Galindo Vásquez [4]. Se basa en la fabricación de una estación de Transmilenio en guadua basándose en la estación de Transmilenio tradicional, con la finalidad de establecer una propuesta sostenible para la ciudad de Bogotá.

Universidad Nacional de Colombia

En la tesis para optar por el título de magister en medio ambiente y desarrollo del ingeniero Felipe Villegas Gonzáles [5], se analiza el volumen de energía utilizada en la construcción de dos viviendas de interés social, una en guadua y la otra en concreto. El ingeniero hizo una valoración energética de acuerdo con: horas – equipo, horas – herramienta, horas – hombre, tonelada – kilometro, galones. Hizo, además, un análisis comparativo de las cantidades de cada parámetro.

Universidad de los Andes

En la tesis del ingeniero Sergio Andrés Granados López [6], se hace un análisis económico de viviendas de interés social en bahareque encementado en la ciudad de Bogotá, y se compara con sistemas tradicionales de construcción.

En el trabajo propuesto por el ingeniero Gyovanny Alfredo Salas Araque [7, pp. 37-43], la guadua aparece como un material alternativo para la reducción de costos en la edificación de vivienda popular.

Universidad Minuto de Dios

En el trabajo para optar por el título de especialista en gerencia de proyectos, de William Ramírez egresado de la Corporación Universitaria Minuto de Dios [8], se estudia la factibilidad de la construcción en guadua para una vivienda en el municipio de Melgar, departamento del Tolima.

Universidad La Gran Colombia

En el trabajo de grado para optar por el título de especialista en costos y presupuestos de los ingenieros. Omar Leonardo Agatón Gonzales y Hector Ferney Ortiz Cartagena [9], Hay una proyección de la disminución del costo de producción en una vivienda de interés social (VIS).

4. MARCO TEÓRICO

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) ha dispuesto la normatividad para la incorporación de la Guadua *Angustifolia kunth* en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, inicialmente en la NSR-98, capítulo E.7. “Casas de uno y dos pisos en bahareque encementado” [10]. Este reglamento estipula los requisitos mínimos para que las casas de dichas características disminuyan la probabilidad de colapso durante eventos sísmicos fuertes.

En el año 2010 se publica la NSR-10 donde se incluye el capítulo G.12. “Estructuras de Guadua” [11], que establece los requisitos para el diseño estructural y sismo resistente de estructuras cuyo elemento resistente principal es el bambú guadua *Angustifolia kunth*, Aquí el diseño se limita a edificaciones de máximo dos pisos para vivienda, comercio, industria y educación. Este capítulo complementa el capítulo E.7, el capítulo E.8. “Entrepisos y uniones en bahareque encementado” [12], y el capítulo E.9. “Cubiertas para construcción en bahareque encementado” [13].

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) ha publicado varios documentos que dictan las pautas para llevar a cabo diferentes estudios o trabajos estandarizados, tales como los documentos: NTC 5300 de 2008 “Cosecha y postcosecha del culmo de Guadua *Angustifolia kunth*” [14], NTC 5301 de 2007 “Preservación y secado del culmo de Guadua *Angustifolia Kunth*” [15], NTC 5407 de 2006 “Uniones de estructuras de guadua *angustifolia kunth*” [16], NTC 5525 de 2007 “Métodos de Ensayo para Determinar las Propiedades Físicas y Mecánicas de la Guadua *Angustifolia kunth*” [17], la cual es una adopción modificada de la norma ISO 22157-1:2004 y dicta los parámetros para ensayos de laboratorio de contenido de humedad, densidad, contracción, compresión paralela a las fibras, flexión, corte paralelo y tensión paralela.

A nivel nacional se han desarrollado diversas investigaciones sobre propiedades físicas y mecánicas de la guadua *Angustifolia kunth*, aunque también se han explorado otros temas como, por ejemplo, el comportamiento sismo resistente de estructuras en bahareque, como lo hicieron López y Silva en el 2000 y, Camacho y Páez en 2002, quienes examinan diferentes tipos de conexiones de guadua solicitadas a momento flector. Cheatle y López, en ese mismo año, publican el trabajo “Diseño de uniones y elementos en estructuras de Guadua” [18].

En cuanto a las investigaciones físico mecánicas, existe la tesis de pregrado de Castrillón y Malaver de 2004, donde elaboran procedimientos para determinar las propiedades de resistencia mecánica y el contenido de humedad de la guadua. Otros trabajos se han centrado en estudiar específicamente una sollicitación mecánica de la guadua *Angustifolia kunth*, como, por ejemplo, los trabajos de González y Leguizamón en 2012 que evaluaron la resistencia a la compresión paralela de las fibras y determinaron su disminución con el incremento del contenido de humedad, González y Takeuchi que en 2007, por su parte, establecieron la resistencia a la compresión paralela a la fibra y establecieron los parámetros del módulo de elasticidad.

En 2006, González, Montoya y Bedoya, establecieron los esfuerzos de tensión en guadua y observaron la influencia de la humedad relativa y el comportamiento en las diferentes secciones del culmo. El trabajo de Pantoja y Acuña, de 2005, muestra los resultados de resistencia a corte paralelo a las fibras de guadua *Angustifolia kunth*. En este mismo año, Ciro, Osorio y Vélez, establecieron los valores últimos de los esfuerzos a cizalladura o corte. En el año 2010, gracias a la financiación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR-UNAL), el Grupo de Investigación de Madera y Guadua de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, realizó el trabajo de investigación titulado “*Validación de la Guadua Angustifolia como material estructural para diseño, por el método de esfuerzos admisibles*” [19]. El trabajo se estructuró en dos partes. La primera presenta una caracterización física y mecánica de culmos provenientes de Quindío, Valle del Cauca y Cundinamarca (Yacopí y Pacho). La segunda contiene la metodología de diseño para estructuras de guadua y se establecen, los esfuerzos admisibles ante diferentes sollicitaciones y se construye un protocolo de control de calidad. El trabajo sirvió de apoyo para la redacción del capítulo G.12 de la NSR-10.

Durante 2013, en coordinación con el Departamento Nacional de Planeación (DNP), la gerencia de vivienda del Banco Agrario de Colombia fue partícipe del proyecto “*Evaluación del programa de Vivienda de interés Social rural (VISR)*” [20], realizado por la Unión temporal G Exponencial Ipsos Napoleón Franco, este fue el primer estudio que se le ha realizado al programa y comprendió el periodo 2000-2012.

5. ESTADO DEL ARTE

En Colombia existen actualmente seis proyectos de gran importancia porque en ellos, la guadua se ha empleado como un recurso constructivo y estético. A continuación, se hará una descripción de cada uno de ellos.

Institución Educativa la Samaria [21]. En un terreno localizado en el sur de la ciudad de Pereira, en la cordillera central de Colombia se localiza esta institución educativa pública. La guadua, se emplea como cerramiento y elemento de control solar. Es un referente estético y de vínculo cultural, produciendo la sensación de un material natural, enmarcado y contrastado por materiales industriales como el concreto y el ladrillo.

Imagen 1. Institución Educativa La Samaria



Fuente Archdaily

Centro de Desarrollo Infantil El Guadual [22]. Es considerado un proceso participativo con el que se buscó generar en la comunidad un sentido de pertenencia. Talleres de diseño participativo con niños y niñas, madres comunitarias, padres de familia y líderes de la comunidad fueron los insumos de diseño para el proyecto.

El proyecto es un ejemplo de construcción de baja tecnología, responsable con el ambiente y perdurable en el tiempo. Las estrategias de recolección de agua, uso de luz y ventilación natural, orientación de las aulas respecto al sol y el viento, el uso de materiales locales y reciclables, la reinterpretación de técnicas tradicionales de construcción y la creación de espacios públicos y culturales como parte del esquema general, son todos factores que contribuyen con el funcionamiento exitoso del centro [22, párr. 5].

Imagen 2. Centro de Desarrollo Infantil El Guadual



Fuente Archdaily

La Clínica en Medellín [23]. El proyecto intenta ser un espacio natural. Todos sus componentes como, el piso, el techo, las paredes, y hasta la plaza se diseñaron con la impresión de parecer, agua, un cielo estrellado, y nubes blancas.

La configuración del proyecto pretende generar formas “naturales” utilizando instrumentos y métodos sencillos, económicos, artesanales, a partir de pequeños elementos modulares que se ensamblan para formar composiciones complejas. En el uso de los materiales se quiso reinterpretar la tradición milenaria de la construcción en guadua, la vibración de la textura y la relación contundente con la luz natural pero utilizando colores y formas inéditas [23, párr. 3].

Imagen 3. La Clínica en Medellín



Fuente Archdaily

Proyecto Inteligencias Colectivas Palomino [24]. Es un proyecto en construcción donde se pretenden analizar, entender y abordar los problemas de un territorio, una región, un pueblo y sus habitantes, a través de propuestas concretas de diseño y arquitectura. Colaborar desde la academia en la búsqueda de soluciones a algunos de las problemáticas de Colombia, representadas en el pueblo de Palomino.

La propuesta parte de la conformación de una red de agentes para trabajar con una comunidad y una población altamente vulnerable, con la intención de proponer alternativas concretas, viables y sostenibles para la mejora de la calidad de vida de sus habitantes.

Imagen 4. Proyecto Inteligencias Colectivas Palomino



Fuente Archdaily

Casa Ensamble Chacarrá [25]. Un proyecto ubicado en Pereira. Con énfasis en la construcción de comunidad y el uso de materiales locales, el proyecto busca ser un lugar para la cultura y la diversidad en un barrio al que han llegado cientos de familias desplazadas por el conflicto armado interno del país.

Su composición es el testimonio de técnicas y materiales locales, usando barriles de petróleo como zapatas, triángulos de guadua como estructura, esterilla como piel y zinc como cubierta. Entre anclajes simples y procesos sistemáticos, se levanta soportado por trípodes, un triángulo de luz resplandeciente como recuerdo del poder de la colectividad.

Imagen 5. Casa Ensamble Chacarrá



Fuente Archdaily

La Potocine [26]. Primera sala de cine comunitario en la localidad de Ciudad Bolívar en de Bogotá. El proyecto nace de una propuesta liderada por Ojo al Sancocho, un colectivo audiovisual que durante diez años ha liderado una escuela y un festival de cine comunitario en el barrio Potosí. A esta labor se han sumado el proyecto escuela-comunidad 'Instituto Cerros del Sur', que ha cedido en comodato el terreno para la obra, y el colectivo Arquitectura Expandida, que aporta la metodología, diseños y estrategia para la construcción de este espacio.

El diseño se hace a partir de dos plataformas de hormigón anteriormente ocupadas por un par de casetas prefabricadas de las cuales se conserva la superior. La falta de apoyo de instituciones condiciona fuertemente el espacio y los métodos de trabajo. Sin embargo, dicha caseta es reutilizada como parte del proyecto al dar acceso a la sala de talleres, a la sala de producción audiovisual y la sala de sonido.

Imagen 6. La Potocine



Fuente Archdaily

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar la sustitución de la estructura y mampostería convencionales del modelo de vivienda rural del Banco Agrario de Colombia por guadua a fin de comparar los costos de producción de ambos sistemas constructivos.

6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Sustituir parte de la estructura convencional del modelo de vivienda rural del Banco Agrario de Colombia por mampostería en guadua.
- Estimar el costo de producción del modelo de vivienda rural del Banco Agrario de Colombia en guadua para el sitio de Bogotá.
- Estimar el costo de producción del modelo de vivienda rural del Banco Agrario de Colombia convencional para el sitio de Bogotá.

7. ALCANCES Y LIMITACIONES

El presente proyecto de investigación pretende determinar los costos de construcción del sistema de guadua recubierta con bahareque encementado y el sistema de construcción convencional de la vivienda (VISR) propuesta por el Banco Agrario de Colombia, en la ciudad de Bogotá.

Con la recopilación de datos y los resultados obtenidos, se pretende generar una serie de recomendaciones que en primera instancia solo serían directamente aplicables para casos similares en Bogotá.

La recopilación de información sobre los costos de los sistemas constructivos y de la elaboración de los análisis de precios unitarios necesarios para la adecuada presupuestación de los modelos, puede llevar a presentar información de costos o existencia de recursos en diferentes partes del país.

El proyecto de investigación, por lo tanto, no pretende realizar diseños arquitectónicos, sino, basado en diseños previamente desarrollados y calculados, realizar las mismas modificaciones necesarias para adecuar las viviendas al sistema constructivo convencional del Banco Agrario de Colombia. Esto con el fin de poner el foco únicamente en la generación de presupuestos detallados para el sistema constructivo bajo estudio y, además, tener una fuente argumentada de comparación de los costos obtenidos.

El proyecto se limita con relación a que es más teórico que práctico, por lo que haría falta hacer un estudio de campo, para determinar en qué lugar de Bogotá, sería indicado el diseño de estas viviendas.

Debido al crecimiento de la ciudad, y al suelo que se fue agotando en los últimos años para el desarrollo formal, hoy solo quedan unas zonas al borde de los ríos Bogotá y Fucha, y las de los planes zonales de Usme y Norte de Bogotá. Por lo cual estos son los únicos lugares, en los cuales se podría generar el estudio de campo, y así determinar cuál es el mejor lugar para la construcción de dicha vivienda en la ciudad de Bogotá.

No se puede olvidar, no obstante, que la pandemia global causada por el covid-19 ha causado una serie de limitaciones al trabajo. El cierre de instituciones y de bibliotecas ha limitado el trabajo de archivo (indagación de fuentes primarias y secundarias) a la literatura que existe en internet. Existen documentos en bibliotecas, de difícil o nulo acceso en internet, por lo que el marco teórico y el marco contextual adolecen de un grupo más nutrido de bibliografía.

Otro limitante debido a la pandemia tuvo que ver con los recursos económicos. Existen algunos documentos en internet cuya consulta depende de un pago (a modo de suscripción a una página web determinada o a modo de pago por cada consulta).

Aunque para este momento no se han utilizado muchos recursos de papelería o de transporte en un futuro para presentar el proyecto completo será una gran limitante.

El recurso humano fue otra gran limitante. Al hacer el trabajo de grado de manera individual y no contar con algún compañero de la facultad, la carga de trabajo fue mayor para desarrollar de manera adecuada todos los aspectos que debe tener la propuesta de trabajo de grado. Trabajar solo limita generación de nuevas ideas y el abanico de puntos de vista.

Por último, siendo una de las mayores limitaciones para la entrega de la propuesta de trabajo de grado, fue el del asesoramiento virtual. Considero que aunque las llamadas, video llamadas, o correos electrónicos, son buenas herramientas, en este caso considero que para un mayor entendimiento o un mejor aprovechamiento de ideas es necesario tener la posibilidad de hacer reuniones personalmente, trabajar directamente con la población objetivo del proyecto, con un profesor que pueda generar nuevas ideas, o con el asesor de la propuesta de grado para que de esta manera el trabajo sea mucho más eficiente.

8. METODOLOGÍA

La metodología empleada para este trabajo, que permitirá responder a una investigación comparativa de análisis costo-beneficio, se basa en escoger un proyecto de vivienda construido con un sistema tradicional en concreto, remplazarlo por uno en guadua y, finalmente, hacer la correspondiente comparación.

Para esto se aprovecha la experiencia de diseño y construcción del “Proyecto Tipo” [2], una vivienda VISR hecha por el Departamento Nacional de Planeación, Minagricultura y el Banco Agrario de Colombia.

Para este sistema constructivo, la unidad de vivienda cuenta con área de 55 m² empleando un sistema estructural de mampostería confinada – muros no estructurales. En este sistema los muros cumplen únicamente la función de separar espacios dentro de la casa, y por tanto no soportan ninguna carga adicional al peso propio. Los elementos básicos, medidas y especificaciones se encuentran en los planos anexos del “Proyecto Tipo”.

La construcción de las vigas de cimentación se realizará de acuerdo a la norma NSR-10, conformando anillos de acuerdo a las dimensiones señaladas en la planificación anexa, las caras de las vigas deben quedar lisas sin residuos de mezcla sobre ellas.

Todo el concreto hecho en obra requerido tendrá una resistencia de 175 kg/cm² (2500 psi), con la dosificación teórica establecida.

La construcción del sobrecimiento se realizará con ladrillo común de 0.06m x 0.12m x 0.24m conformando dos hiladas sobre la viga de cimentación con mortero 1:4 de pega, este debe tener buena plasticidad y consistencia garantizado la retención mínima de agua para la hidratación del cemento, estableciendo las dosificaciones apropiadas y su resistencia mínima a la compresión será de 76,5 kg/cm², cumpliendo con las NSR-10.

La construcción de las vigas de sobrecimiento se realizará de acuerdo con la norma NSR-10, conformando anillos de acuerdo con los niveles y dimensiones señalados en la planimetría. Las caras de las vigas deben quedar lisas sin residuos de mezcla sobre ellas.

La construcción de la placa de contrapiso en concreto de 175 kg/cm² (2500 psi) con un $e=0,08m$, incluye malla electrosoldada de 4mm con hueco de 15 x 15, antes de fundir la placa el terreno debe cumplir con las condiciones adecuadas para su ejecución.

Toda la construcción de la estructura, levantamiento de muros, instalación de cubierta, instalaciones de canales y bajantes, instalación de puertas en madera, instalaciones metálicas, instalación de redes hidráulicas, instalación de redes sanitarias, instalación de redes eléctricas, acabados, y presupuestos, están específicamente explicados en el documento donde se presenta el “Proyecto Tipo”.

De este proyecto se debe hacer su respectivo cálculo y análisis de cantidades de obra.

El paso para seguir consiste en realizar el diseño y el análisis estructural de esa misma vivienda, pero empleando guadua como material de construcción y calcular las cantidades de obra. He usado el modelo de vivienda de interés social rural hecha en guadua, propuesto por los ingenieros egresados de la Universidad Católica de Colombia, Nidia Constanza Nieto Vergara y Antonio Trujillo Sánchez [3], que cuenta con diseños y cálculos estructurales.

Las dos viviendas deben tener las mismas dimensiones, una construida en guadua y otra construida con hierro y cemento. Para el estudio comparativo he usado los parámetros comparativos expuestos en la tesis del ingeniero Felipe Villegas Gonzales [5], quien expone con claridad la relación entre costos y beneficios económicos.

Esta tesis del ingeniero Villegas hace un estudio económico de comparación entre una vivienda VIS existente, construida en guadua recubierta en bahareque encementado, y una vivienda construida con métodos tradicionales (mampostería hecha en concreto y hierro).

De acuerdo con la tesis del ingeniero Villegas, el análisis económico tiene en cuenta las siguientes determinantes variables: cimientos, estructura, mampostería y cubierta. En contraste, actividades como: pintura o, instalación, se analizan como constantes e independientes del sistema estructural adoptado para un modelo dado. Según el ingeniero: “tenerlos en cuenta solo implica agregar distorsión al análisis por que se estaría sumando una constante a ambos lados de una eventual desigualdad”.

Teniendo claro los capítulos principales para hacer el análisis económico, se tendrán en cuenta otros aspectos para ampliar la dimensión analítica.

- Aspectos climáticos: proteger factores como lluvia, humedad, la temperatura, los vientos, el brillo solar, etc.
- Contaminación por ruido: en Bogotá es importante considerar el aspecto de la contaminación sonora para la construcción de soluciones de VIS cercanas a las vías e intersecciones muy transitadas
- Características sismorresistentes: aunque se sabe que existe un decreto que reglamenta los mínimos requeridos para la construcción sismorresistente de estas dos estructuras, se puede hacer una recopilación de registros históricos para ver qué tipo de estructura tiende a resistir sismos de diferentes magnitudes en forma adecuada.
- Desarrollo sostenible: en la industria de la construcción se persigue minimizar el consumo de recursos no renovables, (cemento, acero) maximizar la reutilización de recursos, proteger el medio ambiente, crear un ambiente saludable y no toxico y buscar calidad en la creación de ambientes de construcción.

El análisis tendrá como fin responder, entonces, la siguiente pregunta: ¿Qué sistema estructural resultó más barato, qué tanto y por qué?

9. PRESENTACION Y DESCRIPCION DE MODELOS ESCOGIDOS

Dentro del alcance de este estudio, se buscó un modelo que cumpliera, claramente, con los requisitos mínimos de la norma sismo resistente (NSR-10). Igualmente, se hicieron ciertos supuestos que permitieron centrar el estudio en los costos del sistema evitando distraer la atención en aspectos de tipo estructural, geotécnico, sanitario, etc. A lo largo del presente informe, se harán explícitos estos supuestos.

A continuación se presentan los dos modelos escogidos.

9.1 MODELO 1 (PROYECTO TIPO)

[2]

9.1.1 Generalidades

El modelo 1 tiene como nombre “PROYECTO TIPO” el cual fue uno de los proyectos desarrollados por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), Minagricultura y el Banco Agrario de Colombia. Fue este diseño el que facilitó la formulación de un proyecto para la construcción de unidades de vivienda de interés social rural, tuvo como objetivo mejorar las condiciones habitacionales de las familias rurales de escasos recursos económicos, mediante el otorgamiento de subsidios de vivienda de interés social rural para la construcción de vivienda nueva en sitio propio o el mejoramiento y saneamiento básico de la existente.

Dichos subsidios son otorgados por el Banco Agrario de Colombia S.A. en calidad de Entidad Otorgante y administradora de los subsidios, según decreto 1071 de 2015 artículo 2.2.1.1.12.

Según el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, en su artículo 88, párrafo 1. Para las entidades territoriales que financien vivienda en los municipios de categorías 3, 4, 5 y 6 de la ley 617 de 2000, solo podrán hacerlo en viviendas de interés social prioritario. El cual aplica para este proyecto, cuyo valor máximo será de setenta salarios mínimos legales mensuales vigentes (70 smlmv).

Es importante aclarar que el Modelo “PROYECTO TIPO”, al igual que los demás modelos desarrollados en el estudio, son propuestas esquemáticas (prototipos) de vivienda progresiva, las cuales, por su naturaleza, no pueden considerarse como diseños aplicables en forma directa. El propósito de los dos modelos presentados, es el de mostrar guías para diseños arquitectónicos y estructurales, los cuales deberán ser realizados en forma cuidadosa en proyectos específicos de vivienda popular. El alcance de la propuesta era, por lo tanto, diseñar modelos que pudieran servir de base a constructores y promotores de proyectos de vivienda de interés social en el futuro.

A partir de lo anterior se desprende que el prototipo es adecuado para los fines que se buscan en el presente estudio pero aún debe ser revisado con respecto al diseño eléctrico, hidráulico y sanitario, presentado por la guía del Banco Agrario [2]. Igualmente, se desprende que el prototipo es susceptible de ser modificado ligeramente en su estructura para poder adaptarlo al sistema estructural bajo estudio.

9.1.2 Arquitectura

El predio que se utilice para la construcción de esta vivienda de un piso, debe tener disponibilidad para la implantación del diseño con un área promedio construida de 55 m². Usando teja fibrocemento N° 5,6 y 8, para la cubierta de acuerdo al diseño.

Cada modelo está compuesto por: tres habitaciones, sala comedor, un cuarto de herramientas, una cocina, una alberca y un baño.

En el anexo 2 se puede observar el diseño de las columnas en planta. A partir de éste se puede tener una visión más clara de la configuración general del prototipo y la distribución de los espacios. Igualmente a continuación se presenta una vista del modelado de la vivienda, que permite tener una mejor vista de las fachadas de la estructura.

Imagen 7. Modelo de Vivienda "Proyecto Tipo"



Fuente Propia

9.1.3 Configuración Estructural

El sistema estructural está conformado por muros confinados (mampostería confinada) de 9,14m y 2,9m de longitud en la dirección X y Y respectivamente.

La construcción de las vigas de cimentación se realizará de acuerdo a la norma NSR10, conformando anillos de acuerdo a las dimensiones señaladas en el anexo 1, donde se muestra la vista en planta de la cimentación. Teniendo en cuenta que las caras de las vigas deben quedar lisas sin residuos de mezcla sobre ellas.

Para realizar esta actividad se debe cumplir con la NSR-10 teniendo en cuenta las dimensiones y refuerzo requerido según el documento del banco agrario [2]. Las columnas estarán ancladas a la cimentación y debe tener como mínimo 200 cm², colocadas en las intersecciones con otros muros estructurales a distancias no mayores de 35 veces el espesor efectivo del muro. Al fundir cada una de las columnas y columnetas estas deben estar vibradas con el fin de evitar burbujas de aire dentro de la misma.

La construcción de muros y culatas deberán ser en bloque de arcilla N° 5 o similar que cumpla la norma NTC 4205, calidad que se debe exigir al proveedor, así mismo y previo a la construcción del muro todos los ladrillos deben estar humedecidos.

En el anexo 2 además de observarse el diseño de las columnas en planta. También se presenta una vista en isométrico de las columnas, vigas corona y vigas cinta. Que permite comprender mejor la distribución espacial de los volúmenes.

9.1.4 Costo del producto

El documento guía del “PROYECTO TIPO” nos presentó un presupuesto aproximado dividido en dos rublos generales: presupuesto de obra y presupuesto de interventoría.

Como parte de este documento se puede observar el presupuesto resumido, a precios de mayo del 2021, no tomando en cuenta el rublo de interventoría, ni el presupuesto para el sistema hidráulico, eléctrico y sanitario. Ya que estos no son necesarios para el propósito de esta investigación.

9.2 MODELO 2 (PROYECTO GUADUA)

9.2.1 Generalidades

El modelo 2, denominado "PROYECTO GUADUA" es uno de los diseños desarrollados por la Universidad Católica de Colombia como parte de un estudio de comparación de costos. Teniendo en cuenta el diseño de una vivienda en guadua [3].

Este modelo tuvo la misma configuración estructural que la del modelo 1, pero presentando modificaciones en su mampostería, cambiándola por elementos hechos en guadua, los cuales son más amigables con el medio ambiente.

9.2.2 Arquitectura

El diseño propuesto de la vivienda está compuesta por un área promedio construida de 55 m². Compuesta por tres habitaciones, sala comedor, un cuarto de herramientas, una cocina, una alberca y un baño, Usando elementos de guadua angustifolia Kunth. Para la cubierta, sugiriéndose el uso de teja termo acústica más específicamente una teja ajover trapezoidal, amigable con el medio ambiente y fácil instalación.

Para la mampostería, el diseño propuesto está compuesto por esterilla de guadua y mortero para su revestimiento, lo que le da un acabado arquitectónico y también amigable con el medio ambiente.

Imagen 8. Modelo de Vivienda "Proyecto Guadua"



Fuente Propia

9.2.3 Aspectos Constructivos

El carácter del prototipo lo hace óptimo para sistemas constructivos tradicionales hechos con mampostería y estructura en guadua. Esto lo hace apto para casi cualquier sistema constructivo, siendo muy flexible en cuanto a posibilidades constructivas.

9.2.4 Configuración Estructural

La Norma Colombiana Sismo Resístete (NSR-10) en su título E “Casas de uno y dos pisos” define las especificaciones técnicas de diseño para la construcción de este tipo de viviendas. También para este proyecto, se ha tomado como base el título G “Estructuras de madera y estructuras de guadua” y la tipología empleada por el ministerio de Agricultura y Desarrollo rural elaborada por el Banco Agrario.

9.2.5 Costo del producto

Como parte del anexo 3 se puede observar el presupuesto resumido, a precios de febrero 2021 para el modelo 2. Una descripción detallada sobre el procedimiento empleado para su construcción se presenta como parte del Capítulo 6.

10. TRANSFORMACION ESTRUCTURAL

Como se expresó anteriormente, el alcance del presente estudio no incluye la realización de diseños estructurales detallados para el sistema estructural bajo estudio. No obstante lo anterior, es necesario transformar la estructura original a una de muros de bahareque encementado con el fin de tener una medida adecuada de las cantidades de obra y así elaborar un presupuesto correcto.

Con el fin de conciliar los dos aspectos anteriormente expuestos, se escogieron dos modelos que cumplen con todos los requisitos mínimos exigidos por la NSR-10. Por lo tanto, se pueden tomar las dimensiones y características de la estructura allí descrita sin necesidad de adelantar ningún análisis y diseño extra.

10.1 CIMENTACIÓN

A continuación se presentan los distintos factores que se tuvieron en cuenta para determinar el tipo y características de la cimentación a utilizar.

- El sistema estructural original del modelo 1 “PROYECTO TIPO” es mampostería confinada. Lo cual se muestra en el documento del Banco Agrario, que se plantean con vigas de sección 0.20 x 0.25 m.
- Los requerimientos mínimos para viviendas de un piso construido en mampostería confinada. Fueron tomados del título E de la NSR-10. Los cuales se podrán evidenciar en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores mínimos para dimensiones, resistencia de materiales y refuerzo de cimentación.

	Sistema Estructural	Un piso	Dos Pisos	Resistencia Mínima, MP _a	
				f_y	f_c
Anchura	Mampostería	250 mm	300 mm	420	17
	Bahareque	200 mm	250 mm		
Altura	Mampostería	200 mm	300 mm		
	Bahareque	150 mm	200 mm		
Acero Longitudinal		4 No. 3 (ó 10M)	4 No. 4 (ó 12M)	240	
Estribos		No. 2 a 200 mm	No. 2 a 200 mm		
Acero para anclaje de muros	Mampostería	No. 3	No. 3	412	
	Bahareque	No. 3	No. 4		

Fuente NSR-10

A partir de lo anterior, se definió que la cimentación para ambos modelos será la misma, conformado por vigas de 0.20 x 0.25 m con los refuerzos indicados en el

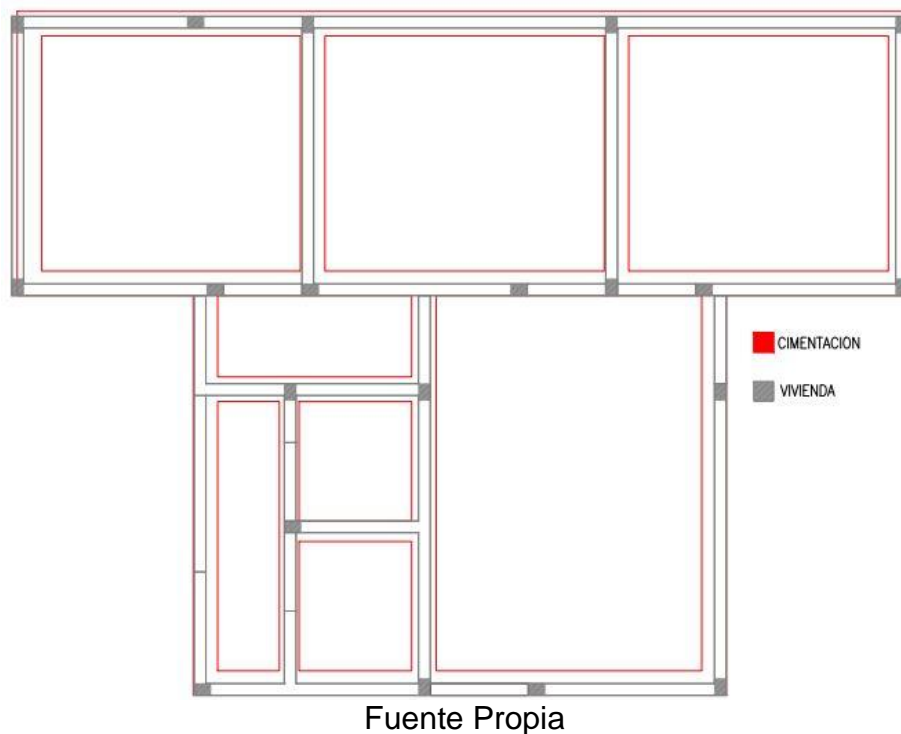
documento del Banco Agrario, los cuales cumplen con los refuerzos mínimos indicados en la Tabla 1.

En el anexo 1 se puede observar el esquema detallado de cimentación y sobrecimiento propuesto para el modelo 1 y el modelo 2.

Con el fin de cumplir con el título E.2.2.4 Sobrecimientos de la NSR-10. Se tomaran para los dos modelos, las especificaciones del documento del Banco Agrario que nos presenta un sobrecimiento construido en mampostería confinada con ladrillo común de 0.06 x 0.12 x 0.24 m conformando dos hiladas sobre la viga de cimentación con mortero 1:4 de pega, el sobrecimiento debe anclarse a la cimentación mediante barras de refuerzo.

Por último, se realizaron algunas modificaciones a las dimensiones propuestas por el Banco agrario, buscando un diseño óptimo para el estudio de los dos modelos. Al modelar la cimentación y las columnas de la vivienda, se pudo evidenciar que las dimensiones no eran correctas, ya que al acoplar la vivienda sobre la cimentación, las dimensiones de la vivienda se hallaban fuera de la cimentación. Como lo podemos evidenciar en la imagen 2.

Imagen 9. Vivienda y Cimentación del Banco Agrario



A partir de lo anterior, se define las dimensiones para la cimentación de este estudio, en el anexo 1.

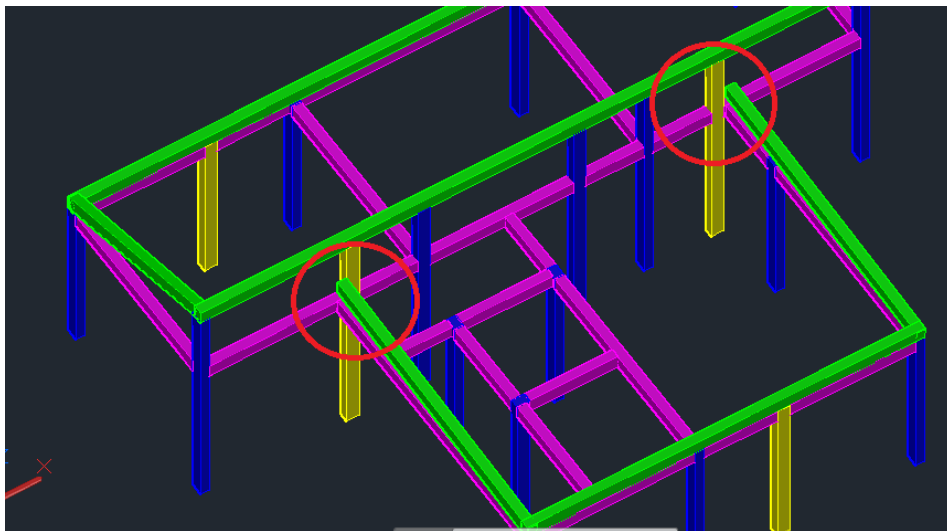
10.2 COLUMNAS

Para ambos modelos el diseño de las columnas partió del diseño original del Banco Agrario, con columnas de dimensiones de 0.17 x 0.12 m.

Pero como se mencionó en el capítulo anterior las dimensiones de las luces entre columnas debieron ser modificadas para encontrar el diseño óptimo para el estudio de los dos modelos.

La razón principal de estos cambios fue que las conexiones entre columnetas y vigas corona no eran correctas, también se diseñaron columnetas de apoyo a dos ventanas las cuales eran innecesarias y no se diseñaron con un criterio específico para todas las ventanas como podemos evidenciar en la imagen 3.

Imagen 10. Modelo de Columnas del Banco Agrario

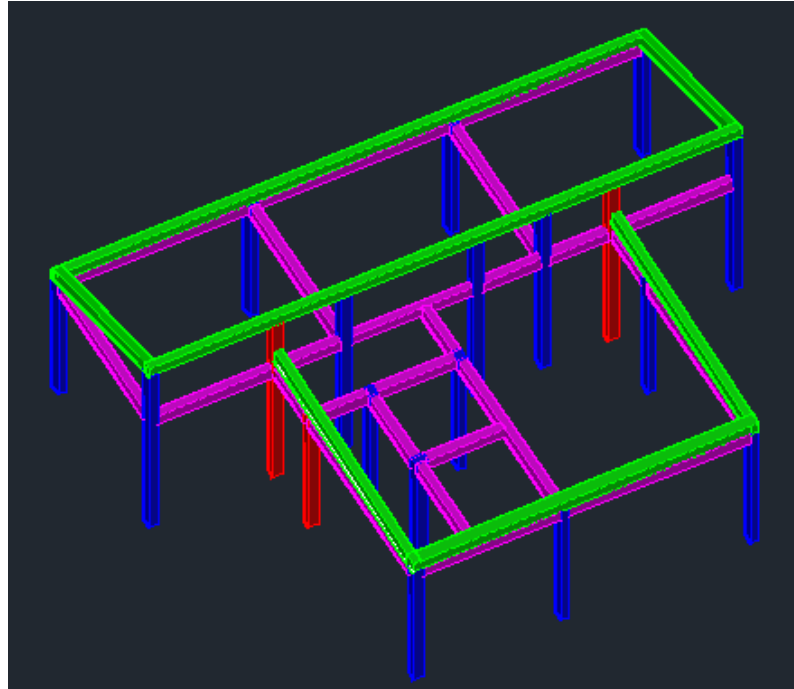


Fuente Propia

Notamos que las columnetas de color amarillo son las que presentan un diseño el cual no es óptimo para todo el sistema estructural de la vivienda. Al no prestar una conexión con las vigas corona y las vigas cinta que se presentan en la imagen 4.

Por lo cual, para este estudio se decidió retirar estas columnas y agregar 3 columnas nuevas las cuales mejorarían el conjunto de conexiones estructurales para esta vivienda, que podemos evidenciar de color rojo en la imagen 5.

Imagen 11. Modelo de Nuevas Columnas



Fuente Propia

A partir de lo anterior, se define las dimensiones de las luces entre columnas para este estudio, en el anexo 2.

10.3 VIGA CORONA

En ambos modelos se conservó las vigas aéreas con dimensiones de 0.17 x 0.12 m, tal cual como esta en el la guía del Banco Agrario, en el anexo 2 se puede evidenciar las distancias de cada una de las vigas.

10.4 VIGA CINTA

Para ambos modelos se conservó las vigas cinta planteadas por el documento del Banco Agrario, con dimensiones de 0.17 x 0.12 m.

10.5 CUBIERTA

10.5.1 Modelo 1

Para el modelo 1 se presentó la misma instalación con teja en fibrocemento N. 5, 6 y 8 de acuerdo al diseño. Debido a que el documento del Banco Agrario no presenta los planos de los cortes en fachadas, se asumió una teja fibrocemento N. 6 para toda la vivienda.

10.5.2 Modelo 2

Para el modelo 2 se utilizó una teja termo acústica, ajover trapezoidal. Sus dimensiones se pueden apreciar en el anexo 4.

La conexión de las correas con los muros se debe hacer con los piederechos. Esto se logra mediante un perno embebido dentro del último cañuto completo del extremo superior del piederecho. Este debe atravesar la solera y la correa. Tanto el cañuto completo, como cualquier segmento de cañuto por encima de él, deben rellenarse con mortero de cemento y confinarse con zuncho para evitar la fisuración longitudinal de la guadua debido a las tensiones de cortante por carga horizontal.

Imagen 12. Teja Termoacústica Trapezoidal



Fuente Ajover

10.6 MUROS

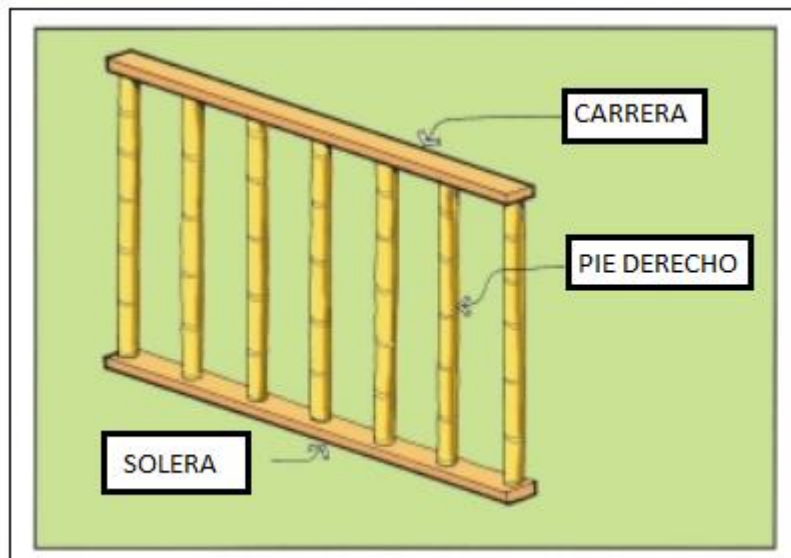
10.6.1 Modelo 1

En el anexo 2 se puede observar una vista en planta y una perspectiva de los muros escogidos para el modelo 1. En esta actividad se hizo uso de muros en bloque de arcilla N. 5. Para las cantidades de obra, el levantamiento de muros y con pañetes a una altura de 1,7 metros, solo en las zonas húmedas y para muros internos como la cocina y el baño, se tuvo en cuenta mortero de pega 1:4, con un espesor aproximado de 0.01 m distribuida uniformemente entre las juntas verticales y horizontales.

10.6.2 Modelo 2

Para el modelo 2 las dimensiones de sus muros serán las mismas que la del modelo 1, las cuales se podrán observar en el anexo 2. Por lo cual, ya que para este estudio se trata de un sistema de mampostería confinada. Se asumió muros no estructurales de bahareque encementado que se conforman con un entramado de guaduas y/o madera, compuesto por elementos horizontales llamados solera y carrera, elementos verticales llamados pie derecho, y recubrimiento de mortero.

Imagen 13. Esquema típico de un muro no estructural



Fuente Asociación colombiana de ingeniería sísmica

Para el recubrimiento de mortero se necesita una malla de alambre delgado o malla de lámina expandida como la que se utiliza para revoques. En este caso se utilizó una malla de alambre delgado con vena. La malla se puede clavar directamente sobre la guadua o sobre la esterilla de guadua, que a su vez, se clava contra las guaduas.

Teniendo en cuenta la longitud de los muros se especificaron las siguientes características.

- Se asumió un diámetro promedio de las guaduas de 10 cm. Por lo tanto, el espesor del muro sin pañetar será de 10 cm.
- Soleras y carreras en madera de al menos 10 cm de ancho por 10 cm de altura. Se recomienda construir las soleras, inferior y superior de cada muro en madera aserrada, ya que sus uniones permiten mayor rigidez y son menos susceptibles al aplastamiento que los elementos en guadua.

- Pie derechos cada 30 o 40 cm.
- Revoque con mortero 1:4 sobre malla con o sin vena.
- La unión entre los muros y el diafragma de entrepiso será igual a la unión entre los muros y la cimentación, mediante pernos y tuercas que atraviesan las soleras de madera, en los extremos de los muros o cada 1.5m.

11. CANTIDADES DE OBRA

11.1 CIMIENTO

A partir de la planta de cimentación presentada en el anexo 1, se calculó la longitud de vigas de cimentación necesaria para este modelo los resultados se presentan a continuación.

Tabla 2. Cantidades de Obra Cimentación

Cimentacion (ML)	
Eje	Viga 0,20 x 0,25 M
1	2,4
2	3,83
3	2,75
4	2,4
5	3,83
6	2,4
7	3,83
8	2,4
A	9,14
B	9,14
C	2,04
D	1,15
E	5,44
TOTAL	50,75

Fuente Propia

A partir de lo expresado en el capítulo 2, se debe construir un sobrecimiento para evitar el contacto directo de los muros con el terreno y su humedad. Al ser de dos hiladas se muestran sus cantidades de obra en ML.

Tabla 3. Cantidades de Obra Sobrecimiento

Sobrecimiento (ML)	
Eje	Viga
1	2,51
2	3,84
3	2,82
4	2,51
5	3,84
6	2,51
7	3,74
8	2,51
A	8,66
B	8,1
C	2
D	1,2
E	4,92
TOTAL	49,16

Fuente Propia

11.2 ESTRUCTURAS EN CONCRETO

11.2.1 Columnas

Este ítem se refiere a la construcción de elementos verticales reforzados, columnas o columnetas que se colocan embebidos en el muro para resistir las fuerzas horizontales producidas por un sismo. Las dimensiones de las luces para las columnas se pueden observar en el anexo 2, y el cálculo de sus cantidades de obra fue por ML.

Tabla 4. Cantidades de obra Columnas

Columnas (ML)		
Altura	Cantidad	A*C
2,3	12	27,6
3,2	7	22,4
Suma		50

Fuente Propia

11.2.2 Viga corona

Este ítem se refiere a la construcción de elementos estructurales de remate superior de la edificación, las cantidades de obra para estas vigas aéreas se tomaron en unidades de ML.

Tabla 5. Cantidades de Obra Vigas Corona

Viga Corona (ML)	
Eje	Viga
1	2,51
2	3,84
3	2,82
4	2,51
5	3,84
6	2,51
7	3,74
8	2,51
A	8,66
B	8,1
C	2
D	1,2
E	4,92
TOTAL	49,16

Fuente Propia

11.3 TEJADOS

11.3.1 Viga Cinta

Este ítem se refiere a la ejecución de un tipo de viga que su función es confinar los muros de culata y soportar la cubierta de tal manera que trabajen solidariamente frente a las cargas laterales como vientos o terremotos. Para esta actividad su cálculo de cantidades se presentó por ML.

Tabla 6. Cantidades de Obra Viga Cinta

Viga Cinta (ML)	
Eje	Viga
1	2,99
2	4,07
7	4,07
8	2,99
A	8,90
B	8,90
E	5,10
TOTAL	37,02

Fuente Propia

11.3.2 Cubierta

Para el diseño de las cubiertas para ambos modelos, se tuvieron en cuenta aspectos básicos para la instalación de las respectivas cubiertas para cada modelo. Las cuales se mencionan a continuación.

- La pendiente mínima recomendada es del 10% o 5,30°
- El solape transversal debe ser de 10 cm mínimo a 25 cm máximo dependiendo de la pendiente
- La separación entre apoyos máxima será de 1,37 m
- Para evitar roturas el vuelo de alero máximo será de 35 cm

Teniendo claro lo anterior la cantidad de apoyos para cada modelo se muestra a continuación.

Tabla 7. Cantidades de Correas de cubierta

Correas (dis Max 1,37m)			
	Superior	Inferior	Total
Modelo 1	2	3	5
Modelo 2	2	3	5

Fuente Propia

Modelo 1.

A partir de la planta de cubierta presentada en el anexo 3, se estimaron las cantidades de obra necesarias para su construcción. A continuación se presentan los resultados.

Tabla 8. Cantidades de Obra para Cubierta Modelo 1

Cubierta Modelo 1 (M2)			
Nº	X (m)	Y (m)	M2
Superior	9,90	3,42	33,85
Inferior	7,48	4,48	33,51
Suma			67,36

Fuente Propia

Modelo 2.

A partir de la planta de cubierta presentada en el anexo 4, se estimaron las cantidades de obra necesarias para su construcción. A continuación se presentan los resultados.

Tabla 9. Cantidades de Obra para Cubierta Modelo 2

Cubierta Modelo 2 (M2)			
Nº	X (m)	Y (m)	M2
Superior	9,80	3,42	33,51
Inferior	7,45	4,48	33,38
Suma			66,88

Fuente Propia

11.4 MUROS

En este ítem para ambos muros se calculó las cantidades de obra respectivamente a los ejes en planta presentados en el anexo 2. Los ítems respectivamente para los muros del modelo 1 y del modelo 2 se podrán evidenciar en el capítulo 4.

Tabla 10. Cantidades de Obra para Muros de los Modelos 1 y 2

Muros Modelo 1 y 2 (M2)	
Eje	M2
1	6,18
2	4,56
3	3,02
4	6,32
5	6,14
6	6,18
7	4,94
8	6,18
A	14,13
B	16,57
C	2,87
D	2,52
E	8,73
TOTAL	88,36

Fuente Propia

12. ELABORACION DE ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Según el documento del Banco Agrario [2] para instalación de pañetes y pega de mamposterías se utilizó mortero con mezcla 1:4. También se utilizó el suministro e instalación de concreto con resistencia 175 Kg/cm² para vigas de cimentación, columnas, vigas corona y vigas cinta.

A continuación se presentan los análisis de precios unitarios para estos dos ítems.

Tabla 11. APU Mortero 1:4

ITEM:	1.1			UNIDAD	M3
DESCRIPCION:				CANT.	1
MORTERO 1:4					
	DESCRIPCION	Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO
1. Equipo y Transporte	Transporte Arena	M3	\$ 60.000	1,000	\$60.000
Total 1 Equipo y Transporte					\$60.000
2. Materiales	Cemento	KG	\$ 500	364,000	\$ 182.000
	Agua	LT	\$ 17	185,000	\$ 3.145
	Arena de peña	M3	\$ 140.000	1,180	\$ 165.200
Total 2 Materiales					\$ 350.345
3. Mano de Obra	Cuadrilla (Oficial+Ayudante)	HR	15.500	0,400	\$ 6.200
Total 3 Mano de Obra					\$6.200
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$416.545

Fuente Propia

Tabla 12. APU Concreto de resistencia de 175 Kg/Cm²

ITEM:	1.2			UNIDAD	M3
DESCRIPCION:				CANT.	1
CONCRETO DE 175 Kg/cm²					
	DESCRIPCION	Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO
1. Equipo y Transporte	Transporte	M3	\$ 60.000	1,000	\$60.000
Total 1 Equipo y Transporte					\$60.000
2. Materiales	Cemento (50 Kg)	KG	\$ 25.000	8,000	\$ 200.000
	Agua	LT	\$ 17	200,000	\$ 3.400
	Triturado	M3	\$ 277	0,700	\$ 194
	Arena de Rio	M3	\$ 90.000	0,600	\$ 54.000
Total 2 Materiales					\$ 257.594
3. Mano de Obra	Cuadrilla (Oficial+Ayudante)	HR	15.500	0,400	\$ 6.200
Total 3 Mano de Obra					\$6.200
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$323.794

Fuente Propia

12.1 CIMENTACIÓN

Para ambos modelos se utilizó la misma cimentación y sobrecimiento. A continuación se presentan los APU básicos utilizados en el análisis.

Tabla 13. APU Viga de Cimentación

ITEM:	2.6			UNIDAD	ML
DESCRIPCION:				CANT.	1
VIGAS DE CIMENTACIÓN 0,25x0,20 CONCRETO DE 17,5 Mpa (INCLUYE REFUERZO)					
DESCRIPCION		Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO
1. Equipo y Transporte	Herramienta menor	GL	\$ 2.000	0,500	\$1.000
	Vibrador Tipo Aguja	Día	\$ 40.191	0,050	\$2.010
Total 1 Equipo y Transporte					\$3.010
2. Materiales	A. C. P. M.	GAL	\$ 8.365	0,010	\$ 84
	Acero figurado No. 2 (ø1/4") Fy=260 Mpa	KG	\$ 3.100	1,365	\$ 4.232
	Acero figurado No. 3 (ø3/8") Fy=240 Mpa	KG	\$ 4.759	2,464	\$ 11.726
	Concreto De 175 Kg/cm ²	M3	\$ 323.794	0,050	\$ 16.190
	Alambre recocido No. 18	KG	\$ 2.360	0,030	\$ 71
	Durmiente en Ordinario 2.9x0.04x0.04	UN	\$ 15.700	0,500	\$ 7.850
	Puntilla	LB	\$ 22.000	0,200	\$ 4.400
	Tabla burra en ordinario 2.9x0.28x0.025	UN	\$ 21.500	0,700	\$ 15.050
Total 2 Materiales					\$59.602
3. Mano de Obra	Cuadrilla (Oficial+Ayudante)	HR	15.500	1,000	\$15.500
Total 3 Mano de Obra					\$15.500
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$78.111

Fuente Propia

Tabla 14. APU Sobrecimiento

ITEM:	2.7			UNIDAD	ML
DESCRIPCION:				CANT.	1
SOBRECIMIENTO 0.15					
DESCRIPCION		Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO
1. Equipo y Transporte	Herramienta menor	GL	\$ 2.000	0,200	\$400
Total 1 Equipo y Transporte					\$400
2. Materiales	Mortero 1:4	M3	\$ 416.545	0,0005	\$ 199
	Ladrillo Común 0,24x0,12x0,06 m	UN	\$ 610	8,0000	\$ 4.880
Total 2 Materiales					\$ 5.079
3. Mano de Obra	Cuadrilla (Oficial+Ayudante)	HR	15.500	0,500	\$ 7.750
Total 3 Mano de Obra					\$7.750
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$13.229

Fuente Propia

12.2 COLUMNAS

Para ambos modelos se utilizó las misma Columnas. A continuación se presenta el APU básico utilizado en el análisis.

Tabla 15. APU Columnas

ITEM:	3.1			UNIDAD	ML
DESCRIPCION:				CANT.	1
COLUMNETA DE 0.17x0.12 CONCRETO 17.5 Mpa (INCLUYE REFUERZO)					
DESCRIPCION		Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO
1. Equipo y Transporte	Herramienta menor	GL	\$ 2.000	0,500	\$1.000
	Andamio tubular 1.5"1.5 c/cruceta	DIA	\$ 812	1,000	\$812
	Parales corriente metalicos 2.8 a 3.5 m	DIA	\$ 161	1,000	\$161
	Vibrador Tipo Aguja	DIA	\$ 40.191	0,010	\$402
Total 1 Equipo y Transporte					\$2.375
2. Materiales	A. C. P. M.	GAL	\$ 8.365	0,010	\$ 84
	Acero figurado No. 2 (e1/4")Fy=260 Mpa	KG	\$ 3.100	0,805	\$ 2.496
	Acero figurado No. 3 (e3/8")Fy=240 Mpa	KG	\$ 4.759	2,464	\$ 11.726
	Concreto De 175 Kg/cm2	M3	\$ 323.794	0,020	\$ 6.605
	Alambre recocido No. 18	KG	\$ 2.360	0,030	\$ 71
	Durmiente en Ordinario 2.9x0.04x0.04	UN	\$ 15.700	0,500	\$ 7.850
	Puntilla	LB	\$ 22.000	0,200	\$ 4.400
Tabla burra en ordinario 2.9x0.28x0.025	UN	\$ 21.500	0,700	\$ 15.050	
Total 2 Materiales					\$ 48.282
3. Mano de Obra	Cuadrilla (Oficial+Ayudante)	HR	11.154	1,000	\$ 11.154
Total 3 Mano de Obra					\$11.154
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$61.810

Fuente Propia

12.3 VIGA CORONA

Para ambos modelos se utilizó las mismas Viga Coronas. A continuación se presenta el APU básico utilizado en el análisis.

Tabla 16. APU Viga Corona

ITEM:	3.2			UNIDAD	ML
DESCRIPCION:				CANT.	1
VIGA CORONA DE 0.17 x 0.12 m CONCRETO 21 Mpa (INCLUYE REFUERZO)					
DESCRIPCION		Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO
1. Equipo y Transporte	Herramienta menor	GL	\$ 2.000	0,500	\$1.000
	Andamio tubular 1.5"1.5 c/cruceta	DIA	\$ 812	0,200	\$162
	Vibrador Tipo Aguja	DIA	\$ 40.191	0,010	\$402
Total 1 Equipo y Transporte					\$1.564
2. Materiales	A. C. P. M.	GAL	\$ 8.365	0,010	\$ 84
	Acero figurado No. 2 (e1/4")Fy=260 Mpa	KG	\$ 3.100	0,805	\$ 2.496
	Acero figurado No. 3 (e3/8")Fy=240 Mpa	KG	\$ 4.759	2,464	\$ 11.726
	Concreto De 175 Kg/cm2	M3	\$ 323.794	0,020	\$ 6.605
	Alambre recocido No. 18	KG	\$ 2.360	0,030	\$ 71
	Durmiente en Ordinario 2.9x0.04x0.04	UN	\$ 15.700	0,500	\$ 7.850
	Puntilla	LB	\$ 22.000	0,200	\$ 4.400
Tabla burra en ordinario 2.9x0.28x0.025	UN	\$ 21.500	0,700	\$ 15.050	
Total 2 Materiales					\$ 48.282
3. Mano de Obra	Cuadrilla (Oficial+Ayudante)	HR	15.500	1,000	\$ 15.500
Total 3 Mano de Obra					\$15.500
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$65.346

Fuente Propia

12.4 VIGA CINTA

Para ambos modelos se utilizó las mismas Viga Cinta. A continuación se presenta el APU básico utilizado en el análisis.

Tabla 17. APU Viga Cinta

ITEM:	6.1			UNIDAD	ML
DESCRIPCION:				CANT.	1
VIGA CINTA CONCRETO 175 Kg/m2 Mpa (INCLUYE REFUERZO)					
DESCRIPCION	Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO	
1. Equipo y Transporte	Herramienta menor	GL	\$ 2.000	0,800	\$1.600
Total 1 Equipo y Transporte					\$1.600
2. Materiales	A.C.P.M.	GAL	\$ 8.365	0,010	\$ 84
	Acero figurado No. 2 (e1/4")Fy=260 Mpa	KG	\$ 3.100	0,805	\$ 2.496
	Acero figurado No. 3 (e3/8")Fy=240 Mpa	KG	\$ 4.759	1,232	\$ 5.863
	Concreto De 175 Kg/cm2	M3	\$ 323.794	0,020	\$ 6.605
	Alambre recocido No. 18	KG	\$ 2.360	0,030	\$ 71
	Durmiente en Ordinario 2.9x0.04x0.04	UN	\$ 15.700	0,500	\$ 7.850
	Puntilla	LB	\$ 22.000	0,200	\$ 4.400
	Tabla burra en ordinario 2.9x0.28x0.025	UN	\$ 21.500	0,700	\$ 15.050
Total 2 Materiales					\$ 42.418
3. Mano de Obra	Cuadrilla (Oficial+Ayudante)	HR	15.500	0,800	\$12.400
Total 3 Mano de Obra					\$12.400
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$56.418

Fuente Propia

12.5 CUBIERTA

12.5.1 Modelo 1

Para el modelo 1 se utilizó una teja fibrocemento N° 6. A continuación se presenta el APU básico utilizado en el análisis.

Tabla 18. APU Cubierta Modelo 1

ITEM:	6.2			UNIDAD	M2
DESCRIPCION:				CANT.	1
SUMINISTRO E INSTALACIÓN TEJA EN FIBROCEMENTO N. 6					
DESCRIPCION	Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO	
1. Equipo y Transporte	Herramienta menor	GL	\$ 2.000	0,800	\$1.600
Total 1 Equipo y Transporte					\$1.600
2. Materiales	Teja Fibrocemento N.6	M2	\$ 17.762,000	1,000	\$ 17.762
Total 2 Materiales					\$ 17.762
3. Mano de Obra	Cuadrilla (Oficial+Ayudante)	HR	15.500	0,800	\$12.400
Total 3 Mano de Obra					\$12.400
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$31.762

Fuente Propia

12.5.2 Modelo 2

Para el modelo 2 se utilizó una teja termoacústica ajover trapezoidal. A continuación se presenta el APU básico utilizado en el análisis.

Tabla 19. APU Teja Termoacústica Ajover Trapezoidal

ITEM:	5.2			UNIDAD	M2
DESCRIPCION:				CANT.	1
TEJA TERMOACUSTICA AJOVER TRAPEZOIDAL					
DESCRIPCION		Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO
1. Equipo y Transporte	Herramienta menor	GL	\$ 2.000	0,800	\$1.600
Total 1 Equipo y Transporte					\$1.600
2. Materiales	Teja Termoacustica	M2	\$ 50.938,000	1,000	\$ 50.938
Total 2 Materiales					\$ 50.938
3. Mano de Obra	Cuadrilla (Oficial+Ayudante)	HR	15.500	0,800	\$ 12.400
Total 3 Mano de Obra					\$12.400
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$64.938

Fuente Propia

12.6 MUROS

12.6.1 Modelo 1

Para el modelo 1 se utilizaron muros de mampostería en bloque de arcilla N.5. A continuación se presenta el APU básico utilizado en el análisis.

Tabla 20. APU Muro en Mampostería de Bloque N.5

ITEM:	4.1			UNIDAD	M2
DESCRIPCION:				CANT.	1
SUMINISTRO E INSTALACIÓN MAMPOSTERIA EN BLOQUE N. 5					
DESCRIPCION		Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO
1. Equipo y Transporte	Herramienta menor	GL	\$ 2.000	0,300	\$600
	Concretera	HR	\$3.231	0,007	\$23
Total 1 Equipo y Transporte					\$623
2. Materiales	Bloque Divisorio de perforación Horizontal N. 5, 33x11,5x23 cm.	UN	\$ 900	12,250	\$ 11.025
	Mortero 1:4	M3	\$ 416.545	0,008	\$ 3.492
	Clavos de acero.	KG	\$ 6.200	0,030	\$ 188
Total 2 Materiales					\$ 14.703
3. Mano de Obra	Cuadrilla (Oficial+Ayudante)	HR	15.500	0,800	\$ 12.400
Total 3 Mano de Obra					\$12.400
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$27.725

Fuente Propia

12.6.2 Modelo 2

Los muros en mampostería de bahareque encementado, varían respecto a los distintos tipos de materiales para un solo muro.

Por lo cual la primera variable importante es el tipo de inmunización que se utilice en los tallos de guadua. Para este análisis se tomaron en cuentas tres formas diferentes de inmunización de los tallos de guadua. La primera de estas incluye baños con ácido bórico y bicromático de sodio, la segunda es un baño muy similar al que se agrega sulfato de cobre. El tercer tipo de inmunización, el cual es el más costoso, se hace con sales CCA.

La segunda Variable que influye definitivamente en el costo de los muros en bahareque encementado es el tipo de malla que se use.

Para esta investigación se escogieron dos muros tipos en bahareque encementado. El primero muros con revoque con malla para revoque y el segundo con malla con vena. El precio de la guadua se obtuvo como un promedio entre los precios de las guaduas estudiadas. Para este análisis se tomaron en cuenta solamente muros en bahareque encementado pañetados por ambos lados.

A continuación se presentan los APU básicos utilizados en el análisis.

Tabla 21. APU Tallo de Guadua Con Ácido Bórico y Bicromato de Sodio

ITEM:	1.1			UNIDAD	ML
DESCRIPCION:				CANT.	1
TALLO DE GUADUA INMUNIZADO CON ÁCIDO BÓRICO Y BICROMATO DE SODIO					
DESCRIPCION		Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO
1. Equipo y Transporte	Transporte	UN	\$ 60.000	0,010	\$600
Total 1 Equipo y Transporte					\$600
2. Materiales	Tallo de guadua (4 años)	ML	\$ 15.795	1,000	\$ 15.795
	Baño Caliente Frio	un/m3	\$ 19.250	0,010	\$ 193
Total 2 Materiales					\$ 15.988
3. Mano de Obra	Cuadrilla (Oficial+Ayudante)		0	0,000	\$ 0
Total 3 Mano de Obra					\$0
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$16.588

Fuente Propia

Tabla 22. APU Tallo de Guadua Con Sulfato de Cobre, Ácido Bórico y Bicromato de Sodio

ITEM:	1.2			UNIDAD	ML
DESCRIPCION:				CANT.	1
TALLO DE GUADUA INMUNIZADO CON SULFATO DE COBRE, ACIDO BÓRICO Y BICROMATO DE SODIO					
DESCRIPCION		Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO
1. Equipo y Transporte	Transporte	UN	\$ 60.000	0,010	\$600
Total 1 Equipo y Transporte					\$600
2. Materiales	Tallo de guadua (4 años)	ML	\$ 15.795	1,000	\$ 15.795
	Baño Caliente Frio	un/m3	\$ 22.110	0,010	\$ 221
Total 2 Materiales					\$ 16.016
3. Mano de Obra			0	0,000	\$ 0
Total 3 Mano de Obra					\$0
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$16.616

Fuente Propia

Tabla 23. APU Tallo de Guadua Con Sales CCA

ITEM:	1.3			UNIDAD	ML
DESCRIPCION:				CANT.	1
TALLO DE GUADUA INMUNIZADO CON SALES CCA					
DESCRIPCION		Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO
1. Equipo y Transporte	Transporte	UN	\$ 60.000	0,010	\$600
Total 1 Equipo y Transporte					\$600
2. Materiales	Tallo de guadua (4 años)	ML	\$ 15.795	1,000	\$ 15.795
	Vacio (inmunizacion)	un/m3	\$ 198.000	0,010	\$ 1.980
Total 2 Materiales					\$ 17.775
3. Mano de Obra			0	0,000	\$ 0
Total 3 Mano de Obra					\$0
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$18.375

Fuente Propia

Tabla 24. APU Esterilla de Guadua

ITEM:	1.4			UNIDAD	M2
DESCRIPCION:				CANT.	1
ESTERILLA DE GUADUA					
DESCRIPCION		Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO
1. Equipo y Transporte	Transporte	UN	\$ 0	0,000	\$0
Total 1 Equipo y Transporte					\$0
2. Materiales	Esterilla de guadua	M2	\$ 10.500	1,000	\$ 10.500
Total 2 Materiales					\$ 10.500
3. Mano de Obra			0	0,000	\$ 0
Total 3 Mano de Obra					\$0
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$10.500

Fuente Propia

Tabla 25. APU Madera Estructural Tipo C

ITEM:	1.5			UNIDAD	ML
DESCRIPCION:				CANT.	1
MADERA ESTRUCTURAL TIPO C					
DESCRIPCION		Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO
1. Equipo y Transporte	Transporte	UN	\$ 60.000	0,030	\$1.800
Total 1 Equipo y Transporte					\$1.800
2. Materiales	Madera Aserrada	ML	\$ 8.633	1,000	\$ 8.633
	Inmunizacion	un/m3	\$ 17.241	0,100	\$ 1.724
Total 2 Materiales					\$ 10.357
3. Mano de Obra			0	0,000	\$ 0
Total 3 Mano de Obra					\$0
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$12.157

Fuente Propia

Tabla 26. APU Malla Para Revoque

ITEM:	1.6			UNIDAD	M2
DESCRIPCION:				CANT.	1
MALLA PARA REVOQUE					
DESCRIPCION		Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO
1. Equipo y Transporte	Transporte	UN	\$ 60.000	0,010	\$600
Total 1 Equipo y Transporte					\$600
2. Materiales	Malla para revoque	M2	\$ 3.983	1,000	\$ 3.983
Total 2 Materiales					\$ 3.983
3. Mano de Obra			0	0,000	\$ 0
Total 3 Mano de Obra					\$0
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$4.583

Fuente Propia

Tabla 27. APU Malla con Vena

ITEM:	1.7			UNIDAD	M2
DESCRIPCION:				CANT.	1
MALLA CON VENA ESTRUCTURAL					
DESCRIPCION		Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO
1. Equipo y Transporte	Transporte	UN	\$ 60.000	0,010	\$600
Total 1 Equipo y Transporte					\$600
2. Materiales	Malla para revoque	M2	\$ 5.458	1,000	\$ 5.458
Total 2 Materiales					\$ 5.458
3. Mano de Obra			0	0,000	\$ 0
Total 3 Mano de Obra					\$0
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$6.058

Fuente Propia

Tabla 28. APU Revoque con Malla para Revoque

ITEM:	1.8			UNIDAD	M2
DESCRIPCION:				CANT.	1
REVOQUE CON MALLA PARA REVOQUE					
	DESCRIPCION	Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO
1. Equipo y Transporte	Herramienta menor	GL	\$ 2.000	0,200	\$400
Total 1 Equipo y Transporte					\$400
2. Materiales	Malla Para Revoque	Kg	\$ 4.583	0,050	\$ 229
	Mortero 1:4	M3	\$ 416.545	0,010	\$ 4.165
	Esterilla de guadua	M2	\$ 10.500	1,000	\$ 10.500
Total 2 Materiales					\$ 14.895
3. Mano de Obra	Cuadrilla (Oficial+Ayudante)	HR	15.500	0,500	\$ 7.750
Total 3 Mano de Obra					\$7.750
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$23.045

Fuente Propia

Tabla 29. APU Revoque con Malla con Vena

ITEM:	1.9			UNIDAD	M2
DESCRIPCION:				CANT.	1
REVOQUE CON MALLA CON VENA ESTRUCTURAL					
	DESCRIPCION	Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO
1. Equipo y Transporte	Herramienta menor	GL	\$ 2.000	0,200	\$400
Total 1 Equipo y Transporte					\$400
2. Materiales	Malla con Vena	UN	\$ 6.058	0,750	\$ 4.544
	Mortero 1:4	M3	\$ 416.545	0,010	\$ 4.165
	Esterilla de guadua	M2	\$ 10.500	1,000	\$ 10.500
Total 2 Materiales					\$ 19.209
3. Mano de Obra	Cuadrilla (Oficial+Ayudante)	HR	15.500	0,500	\$ 7.750
Total 3 Mano de Obra					\$7.750
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$27.359

Fuente Propia

Tabla 30. APU Muro en Bahareque Encementado (Malla para Revoque)

ITEM:	2.0			UNIDAD	M2
DESCRIPCION:				CANT.	1
MURO EN BAHAREQUE ENCEMENTADO (MALLA PARA REVOQUE)					
	DESCRIPCION	Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO
1. Equipo y Transporte	Herramienta menor	GL	\$ 2.000	0,200	\$400
Total 1 Equipo y Transporte					\$400
2. Materiales	Promedio guadua	ML	\$ 17.193	3,200	\$ 55.017
	Madera Tipo C	ML	\$ 8.633	0,880	\$ 7.597
	Revoque (malla revoque)	M2	\$23.045	2,000	\$ 46.089
Total 2 Materiales					\$ 108.703
3. Mano de Obra	Cuadrilla (Oficial+Ayudante)	HR	15.500	1,500	\$ 23.250
Total 3 Mano de Obra					\$23.250
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$132.353

Fuente Propia

Para los muros del modelo 2, se tuvieron en cuenta muros en bahareque encementado con malla con vena.

Tabla 31. APU Muro en Bahareque Encementado (Malla con Vena)

ITEM:	4.1			UNIDAD	M2
DESCRIPCION:				CANT.	1
MURO EN BAHAREQUE ENCEMENTADO (MALLA CON VENA)					
	DESCRIPCION	Unidad	Tarifa o Precio Unitario	REND.	VALOR UNITARIO
1. Equipo y Transporte	Herramienta menor	GL	\$ 2.000	0,200	\$400
Total 1 Equipo y Transporte					\$400
2. Materiales	Promedio guadua	ML	\$ 17.193	3,200	\$ 55.017
	Madera Tipo C	ML	\$ 8.633	0,880	\$ 7.597
	Revoque (malla Vena)	M2	\$27.359	2,000	\$ 54.718
Total 2 Materiales					\$ 117.332
3. Mano de Obra	Cuadrilla (Oficial+Ayudante)	HR	15,500	1,500	\$ 23.250
Total 3 Mano de Obra					\$23.250
TOTAL COSTO DIRECTO:					\$140.982

Fuente Propia

13. PRESUPUESTOS FINALES

Tabla 32. Presupuesto Modelo 1

ITEM		UNIDAD	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
1. PRELIMINARES					
1.1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	M2	\$11.350	51,97	\$589.803
1.2	DESCAPOTE Y LIMPIEZA (INCLUYE RETIRO)	M2	\$10.675	51,97	\$554.726
2. CIMENTACION					
2.1	EXCAVACION MANUAL DE 0 A 1.20 M (INCLUYE RETIRO)	M3	\$51.815	10,00	\$518.274
2.2	RECEBO B-400 e=12 cm, (SUMINISTRO, EXTENDIDO, NIVELACIÓN Y	M3	\$33.520	1,50	\$50.292
2.3	RELLENO EN MATERIAL SELECCIONADO DE LA EXCAVACION	M3	\$19.886	1,00	\$19.891
2.4	BASE ARENA CEMENTO 1:20	M3	\$212.093	1,25	\$265.180
2.5	CONCRETO CICLOPEO 60/40 (17,5 Mpa)	M3	\$258.144	3,75	\$968.272
2.6	VIGAS DE CIMENTACIÓN 0,25x0,20 CONCRETO DE 17,5 Mpa (INCLUYE REFUERZO)	ML	\$78.111	50,75	\$3.964.153
2.7	SOBRECIMIENTO 0.15	ML	\$13.229	49,16	\$650.349
3. ESTRUCTURAS DE CONCRETO					
3.1	COLUMNETA DE 0.17x0.12 CONCRETO 17.5 Mpa (INCLUYE REFUERZO)	ML	\$61.810	50,00	\$3.090.522
3.2	VIGA CORONA DE 0.17 x 0.12 m CONCRETO 21 Mpa (INCLUYE REFUERZO)	ML	\$65.346	49,16	\$3.212.401
4. MAMPOSTERIA					
4.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN MAMPOSTERIA EN BLOQUE N. 5	M2	\$27.725	88,36	\$2.449.802
5. PAÑETES, REVOQUES Y REPELOS					
5.1	Pañete impermeab. Muro 1:4 e=0,03 a > 0,60 m	M2	\$14.574	14,17	\$206.514
6. CUBIERTAS					
6.1	VIGA CINTA CONCRETO 175 Kg/m2 Mpa (INCLUYE REFUERZO)	ML	\$56.418	37,02	\$2.088.611
6.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TEJA EN FIBROCEMENTO N. 6	M2	\$31.762	67,36	\$2.139.488
6.3	Correa Perfil en Lamina Delgada Tipo C	UN	\$36.200	5,00	\$181.000
7. CARPINTERIA METALICA					
7.1	VENTANERIA EN ALUMINIO CRUDO	M2	\$114.000	6,0	\$684.000
7.2	VENTANERIA SUPERIOR EN ALUMINIO CRUDO	M2	\$114.000	1,62	\$184.680
7.3	PUERTA HABITACION	UN	\$140.155	3	\$420.465
7.4	PUERTA METALICA ACCESO	UN	\$224.500	1	\$224.500
7.5	PUERTA MADERA BAÑO Y CUARTO DE HERRAMIENTAS	UN	\$224.500	2	\$449.000
7.6	PUERTA MADERA PATIO	UN	\$140.155	1	\$140.155
SUBTOTAL					\$23.052.078
ADMINISTRACION				10%	\$2.305.208
IMPREVISTOS				1%	\$230.521
UTILIDAD				5%	\$1.152.604
TOTAL					\$26.740.411

Fuente Propia

Tabla 33. Presupuesto Modelo 2

ITEM		UNIDAD	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
1. PRELIMINARES					
1.1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	M2	\$11.350	51,97	\$589.803
1.2	DESCAPOTE Y LIMPIEZA (INCLUYE RETIRO)	M2	\$10.675	51,97	\$554.726
2. CIMENTACION					
2.1	EXCAVACION MANUAL DE 0 A 1.20 M (INCLUYE RETIRO)	M3	\$51.815	10,00	\$518.274
2.2	RECEBO B-400 e=12 cm, (SUMINISTRO, EXTENDIDO, NIVELACIÓN Y	M3	\$33.520	1,50	\$50.292
2.3	RELLENO EN MATERIAL SELECCIONADO DE LA EXCAVACION	M3	\$19.886	1,00	\$19.891
2.4	BASE ARENA CEMENTO 1:20	M3	\$212.093	1,25	\$265.180
2.5	CONCRETO CICLOPEO 60/40 (17,5 Mpa)	M3	\$258.144	3,75	\$968.272
2.6	VIGAS DE CIMENTACIÓN 0,25x0,20 CONCRETO DE 17,5 Mpa (INCLUYE REFUERZO)	ML	\$78.111	50,75	\$3.964.153
2.7	SOBRECIMIENTO 0.15	ML	\$13.229	49,16	\$650.349
3. ESTRUCTURAS DE CONCRETO					
3.1	COLUMNETA DE 0.17x0.12 CONCRETO 17.5 Mpa (INCLUYE REFUERZO)	ML	\$61.810	50,00	\$3.090.522
3.2	VIGA CORONA DE 0.17 x 0.12 m CONCRETO 21 Mpa (INCLUYE REFUERZO)	ML	\$65.346	49,16	\$3.212.401
4. MAMPOSTERIA CON PAÑETES, REVOQUES Y REPELOS					
4.1	MURO EN BAHAREQUE ENCEMENTADO (MALLA CON VENA)	M2	\$140.982	88,36	\$12.457.180
6. CUBIERTAS					
5.1	VIGA CINTA CONCRETO 175 Kg/m2 Mpa (INCLUYE REFUERZO)	ML	\$56.418	37,02	\$2.088.611
5.2	TEJA TERMOACUSTICA AJOVER TRAPEZOIDAL	M2	\$64.938	66,88	\$4.343.053
5.3	Correa Perfil en Lamina Delgada Tipo C	UN	\$36.200	5,00	\$181.000
7. CARPINTERIA METALICA					
6.1	VENTANERIA EN ALUMINIO CRUDO	M2	\$114.000	6,0	\$684.000
6.2	VENTANERIA SUPERIOR EN ALUMINIO CRUDO	M2	\$114.000	1,620	\$184.680
6.3	PUERTA HABITACION	UN	\$140.155	3	\$420.465
6.4	PUERTA METALICA ACCESO	UN	\$224.500	1	\$224.500
6.5	PUERTA MADERA BAÑO Y CUARTO DE HERRAMIENTAS	UN	\$224.500	2	\$449.000
6.6	PUERTA MADERA PATIO	UN	\$140.155	1	\$140.155
SUBTOTAL					\$35.056.507
ADMINISTRACION				10%	\$3.505.651
IMPREVISTOS				1%	\$350.565
UTILIDAD				5%	1752825,355
TOTAL					\$40.665.548

Fuente Propia

14. CONCLUSIONES

Las conclusiones para esta investigación se centran primeramente en la realización del objetivo general y los objetivos específicos del proyecto, se logró la sustitución de una mampostería convencional por una mampostería hecha en elementos conformados por guadua. Con base a la realización de los modelos de la vivienda convencional y la vivienda hecha con muros en bahareque encementado se logró estimar el costo de la producción para cada modelo de vivienda. Al comparar los dos modelos se pueden evidenciar varios factores. Para el modelo 2 se puede observar que en el funcionamiento de los muros en bahareque encementado se puede tomar como un elemento divisorio y no como elemento portante, ya que la estructura principal de la casa está diseñada con pórticos ortogonales. Las propiedades de este sistema de muros son suficientes y adecuadas para su uso dentro de las construcciones de particiones. Tienen ventajas y desventajas con respecto a tipos de muros más tradicionales como el del modelo 1.

El peso de los muros en bahareque encementado representa, una gran ventaja con respecto a los muros de mampostería convencional en bloque de arcilla. Y respecto a las dimensiones de ancho o espesor de los muros en bahareque encementado son comparables con las de los sistemas en mampostería. El ancho de muros para el sistema tradicional sin pañetar, se asemeja por pocos centímetros al ancho de muros de bahareque encementado pañetados por ambos costados. Teniendo en cuenta que para viviendas pequeñas como las viviendas (VIS) ganarle algunos centímetros en los muros puede ser una gran ventaja. Tomando en cuenta que un buen acabado de los muros con esterilla de guadua pueden llegar a ser un poco más agradables a la vista teniendo un acabado mucho más natural.

Con respecto a los precios de ambos sistemas, hay que tener en cuenta que todos los precios que se tomaron para la realización de los APU, fueron de mayo del 2021 para la ciudad de Bogotá, cuando los precios de los materiales se vieron muy afectados por la pandemia que actualmente tiene grandes cambios económicos en el mundo. No obstante a lo anterior se nota que al construir con materiales más amigables con el medio ambiente, los precios suben bastante en el mercado colombiano, la mampostería con guadua del modelo 2, se ve afectada por las distintas variaciones en la construcción de sus muros. Se deben tomar en cuenta aspectos como diámetros de las guaduas, su edad y su inmunización, solamente para el tallo de la guadua. Para realizar los revoques hay que tener en cuenta el tipo de malla que se utiliza, teniendo en cuenta que la mano de obra puede aumentar por los detalles que debe tener cada muro de bahareque encementado. Es verdad que se utilizó uno de los muros más caros en el mercado para el modelo 2, Y teniendo en cuenta esto se podría concluir que para distintos sectores de Colombia

los precios de estos materiales pueden disminuir, por su transporte y su facilidad de construcción para lograr hacer muros más económicos que cumplen con su función de elementos divisorios.

Respecto a las cubiertas para ambos modelos, se concluyó que aunque la teja termoacústica avojer trapezoidal presenta un mejor acabado y su instalación es mucho más sencilla para este tipo de viviendas. Su precio aumenta en el mercado de la ciudad de Bogotá, por lo cual se da más valor a la conclusión de que la construcción amigable con el medio ambiente en la ciudad de Bogotá puede llegar a ser un poco más cara y esto genera una desventaja para viviendas de interés social prioritarias.

Para concluir como punto importante del trabajo de investigación, se puede pensar que los muros en bahareque encementado si representan una alternativa para este tipo de viviendas, que puede llegar a ser una alternativa para varias regiones del país, pero difícil y costosa de implementar en la ciudad de Bogotá.

15.RECOMENDACIONES

Para empezar es necesario tener en cuenta los aspectos climáticos, factores como la lluvia, la humedad, la temperatura, los vientos, el brillo solar, etc. Pueden tener un aspecto negativo si el sistema constructivo de las viviendas no cuenta con un sistema de protección para estos factores. Se sabe que la guadua puede ser afectada por estos aspectos climáticos disminuyendo de forma considerable su vida útil, en el Decreto y en el Manual se dictan requerimientos que aíslan de forma efectiva estos materiales. Por otra parte, el revoque con motero y algunas pinturas han probado su efectividad a la resistencia de la intemperie.

Para asegurar que los materiales hechos en guadua tengan mayor resistencia a estos aspectos climáticos, se debe cumplir con un sobrecimiento mínimo de 8 cm para aislar los muros del nivel del terreno, y también se debe asegurar la aplicación de mortero sobre malla y esterilla de guadua, para ambos lados de los muros.

Hay que recordar que en la industria de la construcción se persigue minimizar el consumo de recursos no renovables, como lo es el cemento o el acero. Maximizar la reutilización de recursos, proteger el medio ambiente, crear un ambiente saludable y no tóxico y buscar calidad en la creación de ambientes de construcción. Pero hay que tener en cuenta que para tener en cuenta estos consumos también influyen en la inversión, que aumenta respecto a las ciudades más industriales.

Respecto al modelo propuesto por el Banco Agrario, hay que recordar que los diseños propuestos para este estudio, no están exentos de estudios estructurales y topográficos para cada vivienda que se quiera construir. Pero cabe recalcar que esta vivienda no presenta un diseño de zapatas para la cimentación por lo cual es necesario tener en cuenta que este diseño no sirve para cualquier tipo de suelo.

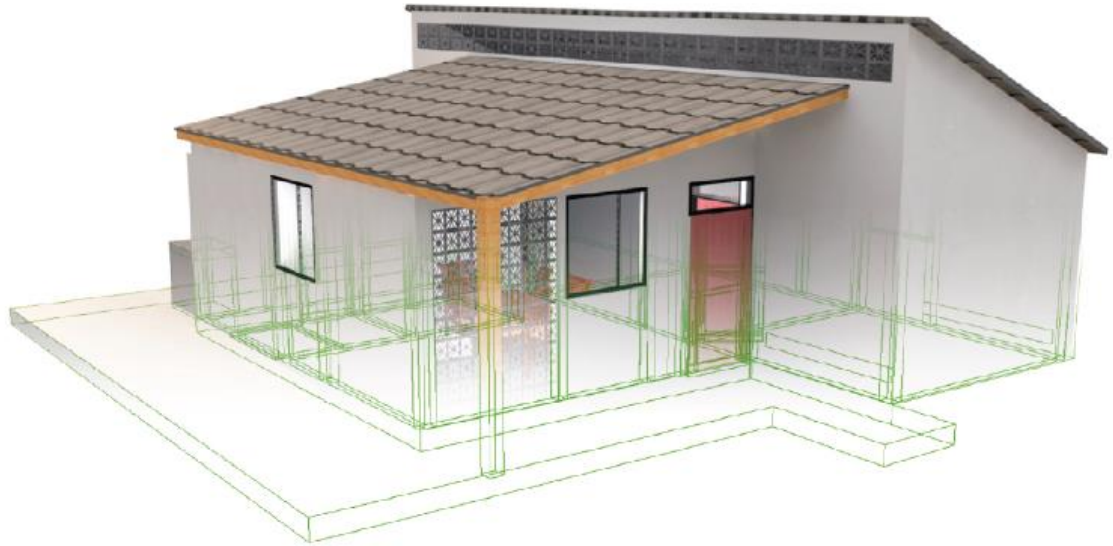
También al modelar dicha vivienda en 3d, se notó que el diseño de esta vivienda presentaba algunos errores de aspecto arquitectónico, se recomienda tener en cuenta el buen aprovechamiento de los espacios, para que los ejes de esta vivienda se puedan ver más limpios y congruentes con todo el espacio. Esto se pudo evidenciar en los planos vistos en planta.

BIBLIOGRAFIA

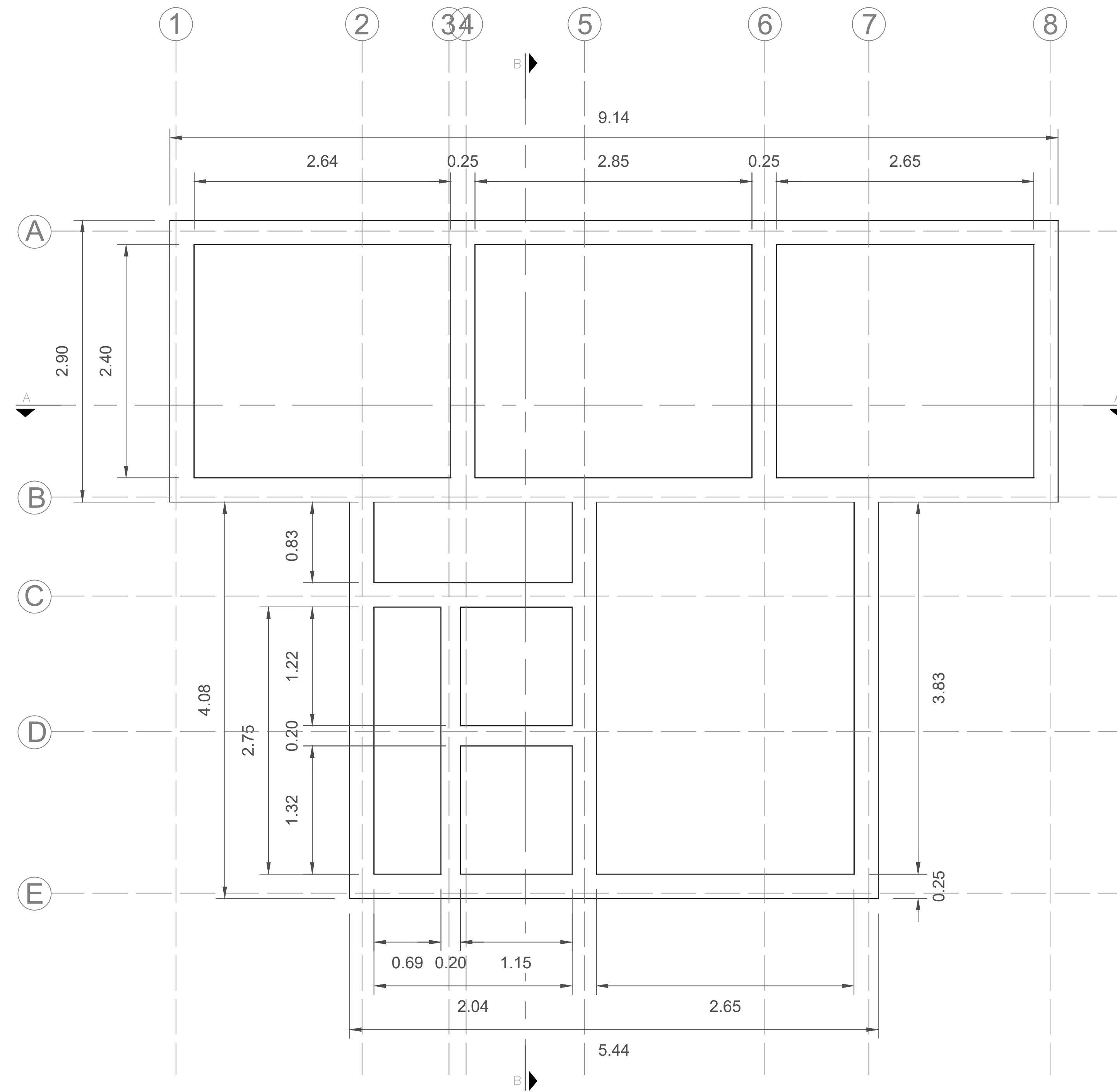
- [1] Noticias RCN, «Colombia entraría en recesión en el segundo trimestre de 2020,» 2020. [En línea]. Available: <https://n9.cl/a5dq>.
- [2] B. Agrario, DNP y Minagricultura, Proyecto Tipo, Construcción de vivienda de interes social rural, Bogotá: Departamento Nacional de Planeacion, 2017.
- [3] N. C. Nieto Vergara y A. Trujillo Sánchez, Diseño arquitectonico y estructural de una vivienda de interes social en guadua (Angustifolia Kunth), Universidad Católica de Colombia, facultad de ingeniería, 2019.
- [4] M. C. Bulla Rodríguez y R. S. Galindo Vasquez, Diseño y Evaluación estructural de una estación de Transmilenio para la ciudad de Bogotá Construida con guadua, Universidad Católica de Colombia, facultad de ingeniería , 2019.
- [5] F. Villegas Gonzáles, Comparación consumos de recursos energéticos en la construcción de vivienda social, Universidad Nacional de Colombia, facultad de ingeniería, 2005.
- [6] S. A. Granados Lopez, Analisis económico de vivienda de interés social en bahareque encementado en la ciudad de Bogotá, una comparación frente a sistemas tradicionales de construcción, Universidad de los Andes, facultad de ingeniería, 2003.
- [7] G. A. Salas Araque, Materiales Alternativos para la reducción de costos en la edificación de vivienda popular, Universidad de los Andes, facultad de ingeniería, 2003, pp. 37 - 43.
- [8] W. Ramírez Casanova, Estudio de factibilidad para la construcción en guadua de vivienda en Melgar - Tolima, Corporación Universitaria Minuto de Dios, facultad de ingeniería, 2013.
- [9] O. L. Agatón Gonzales y H. F. Ortiz Cartagena, Proyección de la disminucion de costo-producción de la vivienda de interes social (VIS), Universidad La Gran Colombia, facultad de ingeniería, 2014.
- [10] Colombia. Reglamento Colombiano de Construcción sismo resistente, Capítulo E.7: Casas de uno y dos pisos en bahareque encementado, Bogotá: Diario Oficial, 2010.
- [11] Colombia. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, G.12:Estructuras de Guadua, Bogotá: Diario Oficial, 2010.
- [12] Colombia. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, E.8:Entrepisos y uniones en bahareque encementado, Bogotá: Diario Oficial, 2010.
- [13] Colombia. Reglamento Colombiano de Construcción sismo resistente, E.9:Cubiertas para Construcción en Bahareque Encementado, Bogotá: Diario Oficial, 2010.

- [14] Colombia. Norma Técnica Colombiana, NTC 5300: Cosecha y postcosecha del culmo de *Guadua Angustifolia* Kunth, Bogotá: Diario Oficial, 2008.
- [15] Colombia. Norma Técnica Colombiana, NTC 5301: Preservación y secado del culmo de *Guadua Angustifolia* Kunth, Bogotá: Diario Oficial, 2007.
- [16] Colombia. Norma Técnica Colombiana, NTC 5407: Uniones de estructuras de *Guadua anustifolia* kunth, Bogotá: Diario Oficial, 2006.
- [17] Colombia. Norma Técnica Colombiana, NTC 5525: Método de Ensayo para Determinar las propiedades físicas y Mécanicas de la *Guadua Angustifolia* Kunth, Bogotá: Diario Oficial, 2007.
- [18] L. F. López y D. Trujillo, Diseño de Uniones y Elementos en Estructuras de *Guadua*, 2002.
- [19] P. Luna, C. Takeuchi, G. Granados, F. Lamus y J. Lozano, Validación de la *Guadua Angustifolia* como material estructural para diseño, por el método de esfuerzos admisibles, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, facultad de ingeniería, 2010.
- [20] Banco Agrario de Colombia, «Boletín de Vivienda Rural,» 2012. [En línea]. Available: <https://n9.cl/fgatc>.
- [21] Archdaily, «Institución Educativa La Samaria,» 2012. [En línea]. Available: <https://n9.cl/3zmw>.
- [22] Archdaily, «Centro de Desarrollo Infantil El Guadual,» 2013. [En línea]. Available: <https://n9.cl/vz1t>.
- [23] Archdaily, «Clínica en Medellín,» 2009. [En línea]. Available: <https://n9.cl/ov116>.
- [24] Archdaily, «Inteligencias Colectivas Palomino,» [En línea]. Available: <https://n9.cl/1g8u>.
- [25] Archdaily, «La Casa Ensamble Chacarrá,» 2016. [En línea]. Available: <https://n9.cl/t91z>.
- [26] Archdaily, «La Potocine,» 2017. [En línea]. Available: <https://n9.cl/feztx>.

ANEXOS

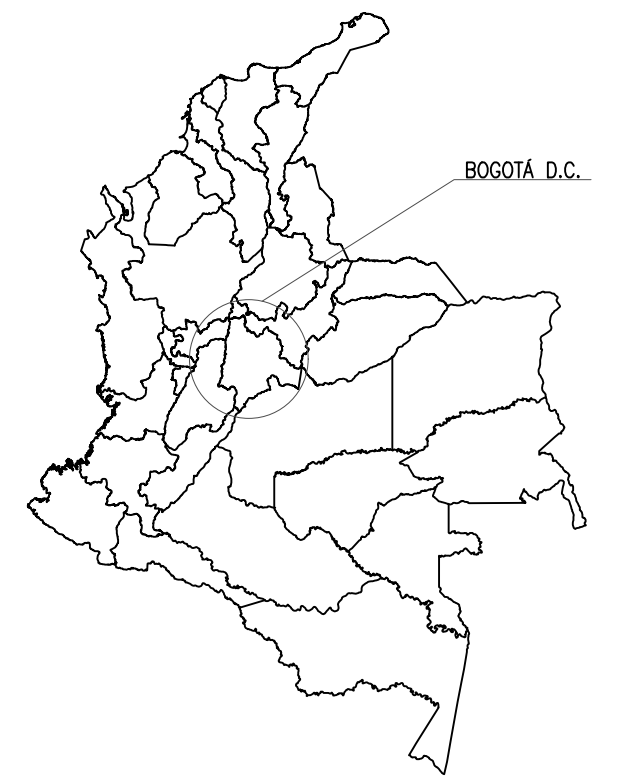


Tomado de Banco Agrario de Colombia - Arq. Juana Tobón



PLANTA CIMENTACIÓN
CIMENTACIÓN MODELO 1
ESCALA 1:3

LOCALIZACIÓN



NOTAS

PLANOS DE REFERENCIA

1. ANEXO 2 - PLANO DE COLUMNAS PARA EL MODELO 1 Y 2
2. ANEXO 3 - PLANO DE CUBIERTA DEL MODELO 1
3. ANEXO 4 - PLANO DE CUBIERTA DEL MODELO 2

PROYECTO

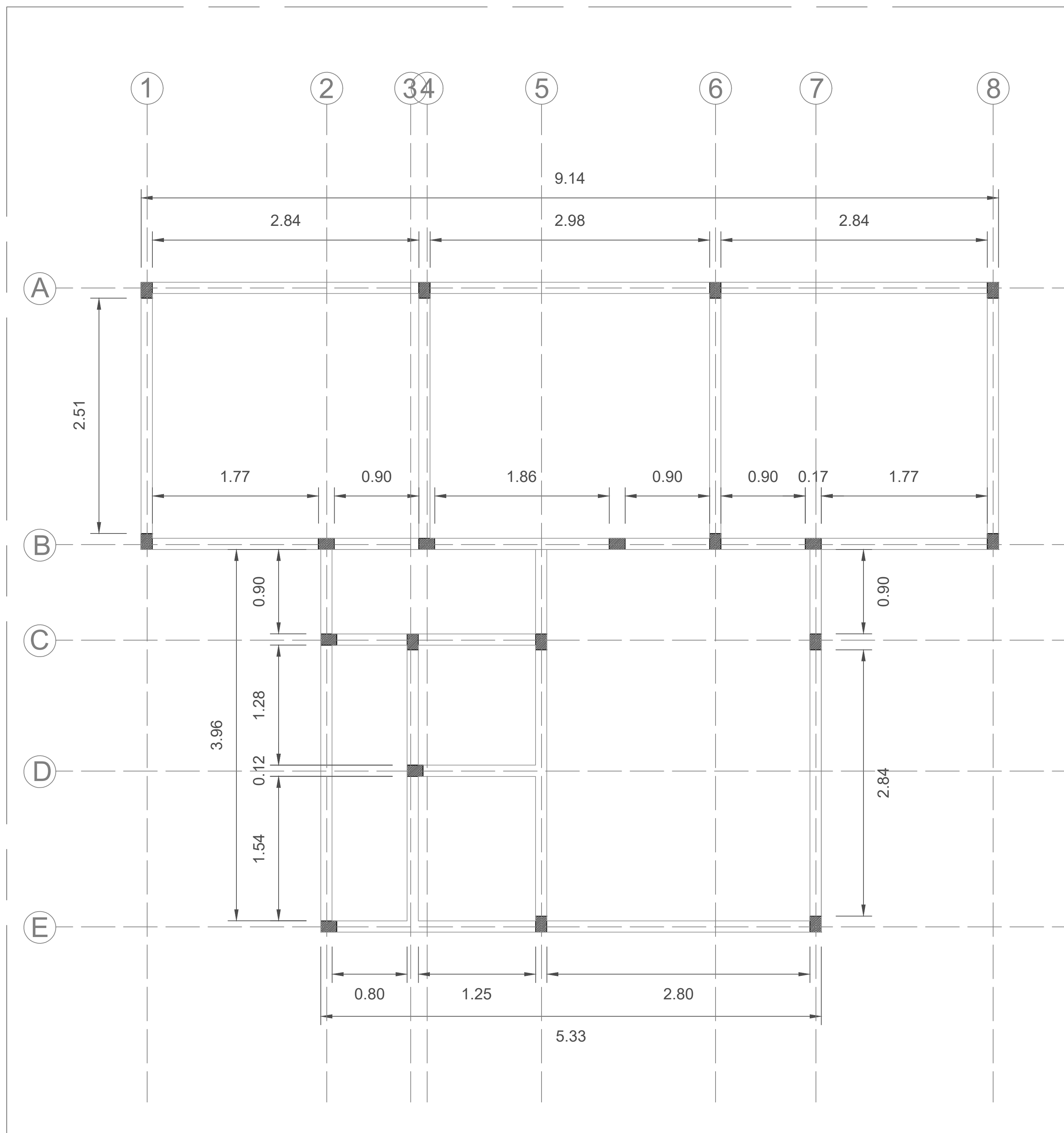
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COSTO DE PRODUCCIÓN EN LA SUSTITUCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y MAMPOSTERÍA CONVENCIONALES POR GUADUA EN EL MODELO DE VIVIENDA RURAL DEL BANCO AGRARIO DE COLOMBIA



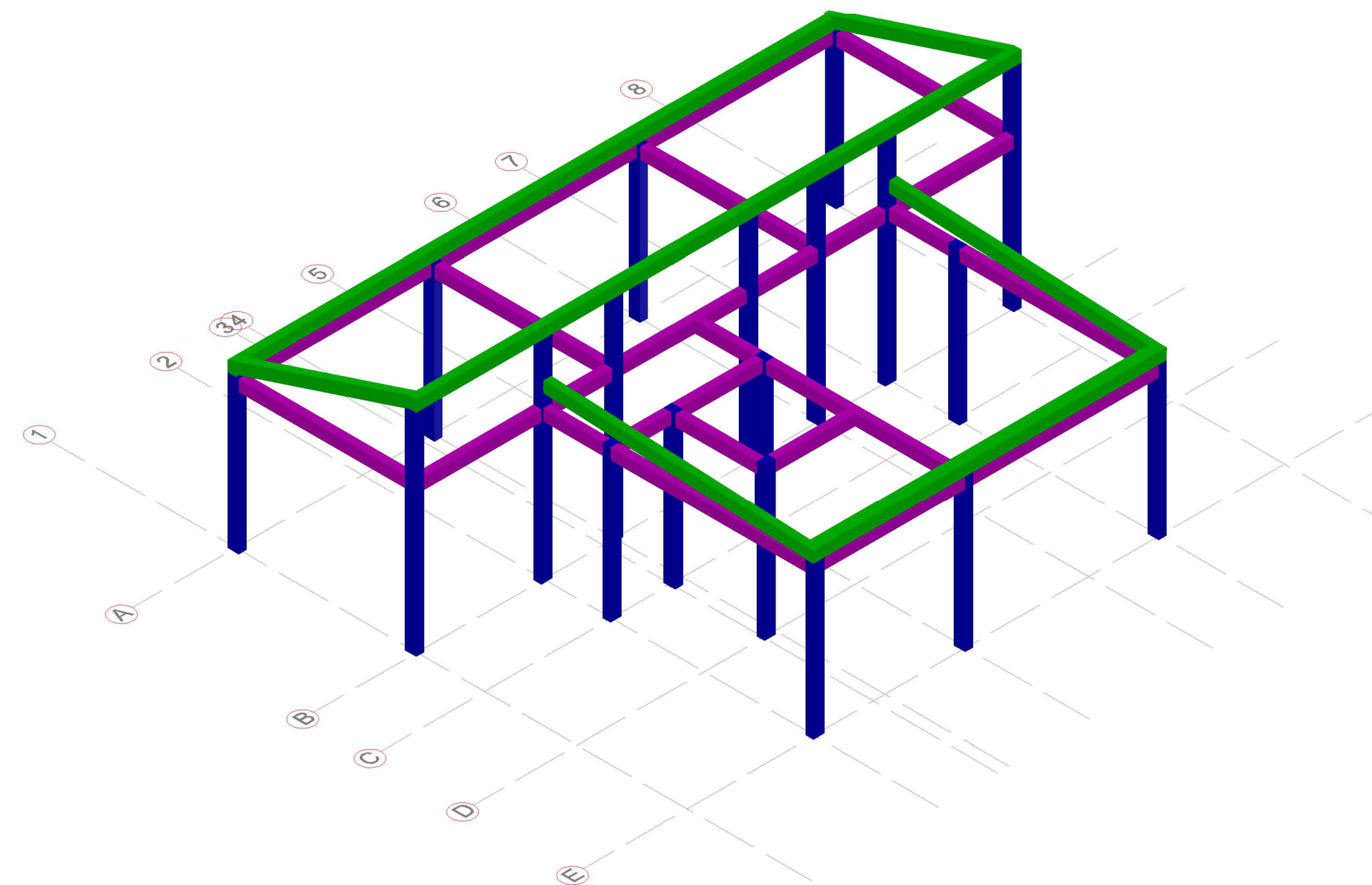
CONTENIDO

PLANO DE CIMENTACIÓN PARA EL MODELO 1 Y 2

	NOMBRE	FECHA	PLANO #:
DIBUJÓ	ANDRÉS SILVA FISCAL	-	1 DE 4
DISEÑO	-	-	ESCALA: INDICADA
REVISÓ	-	-	
APROBÓ	-	-	



PLANTA COLUMNAS
COLUMNAS MODELO 1
ESCALA 1:3

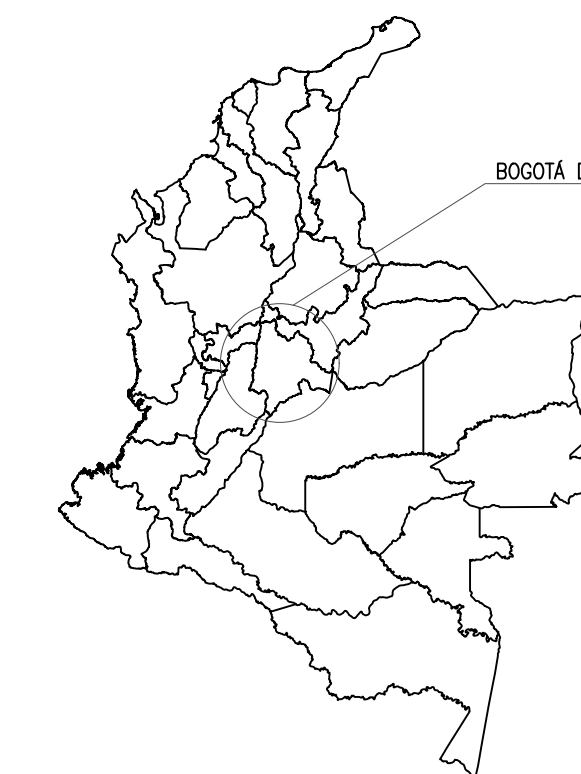


ISOMETRICO COLUMNAS
COLUMNAS MODELO 1
ESCALA 1:5



PERSPECTIVA
COLUMNAS MODELO 1
SIN ESCALA

LOCALIZACIÓN



NOTAS

PLANOS DE REFERENCIA

1. ANEXO 1 - PLANO DE CIMENTACIÓN PARA EL MODELO 1 Y 2
2. ANEXO 3 - PLANO DE CUBIERTA DEL MODELO 1
3. ANEXO 4 - PLANO DE CUBIERTA DEL MODELO 2

PROYECTO

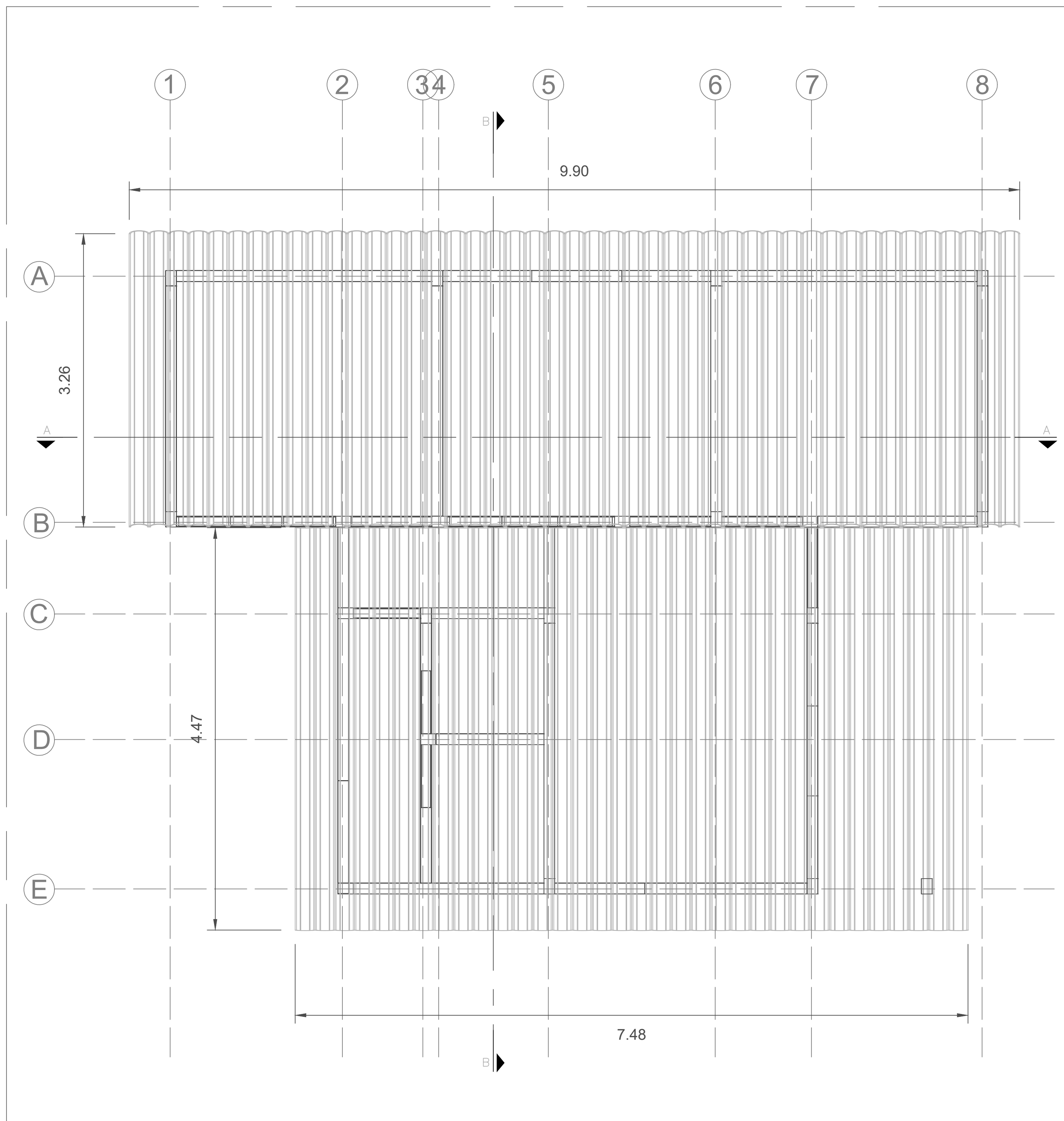
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COSTO DE PRODUCCIÓN EN LA SUSTITUCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y MAMPOSTERÍA CONVENCIONALES POR GUADUA EN EL MODELO DE VIVIENDA RURAL DEL BANCO AGRARIO DE COLOMBIA



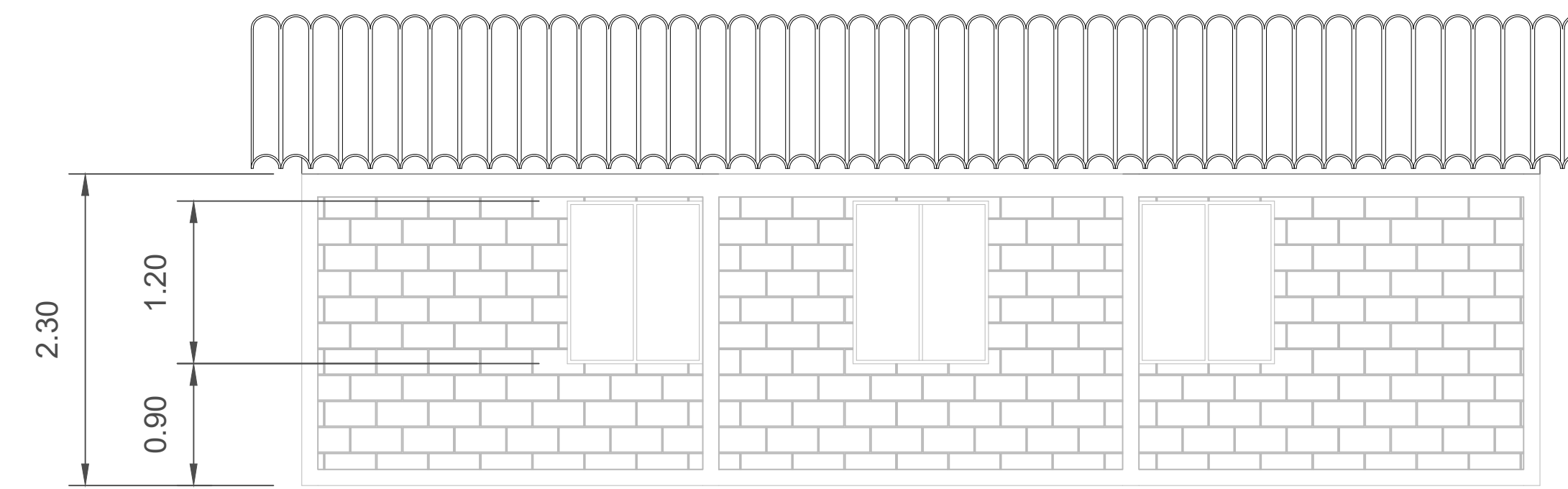
CONTENIDO

ANEXO 2 - PLANO DE COLUMNAS PARA EL MODELO 1 Y 2

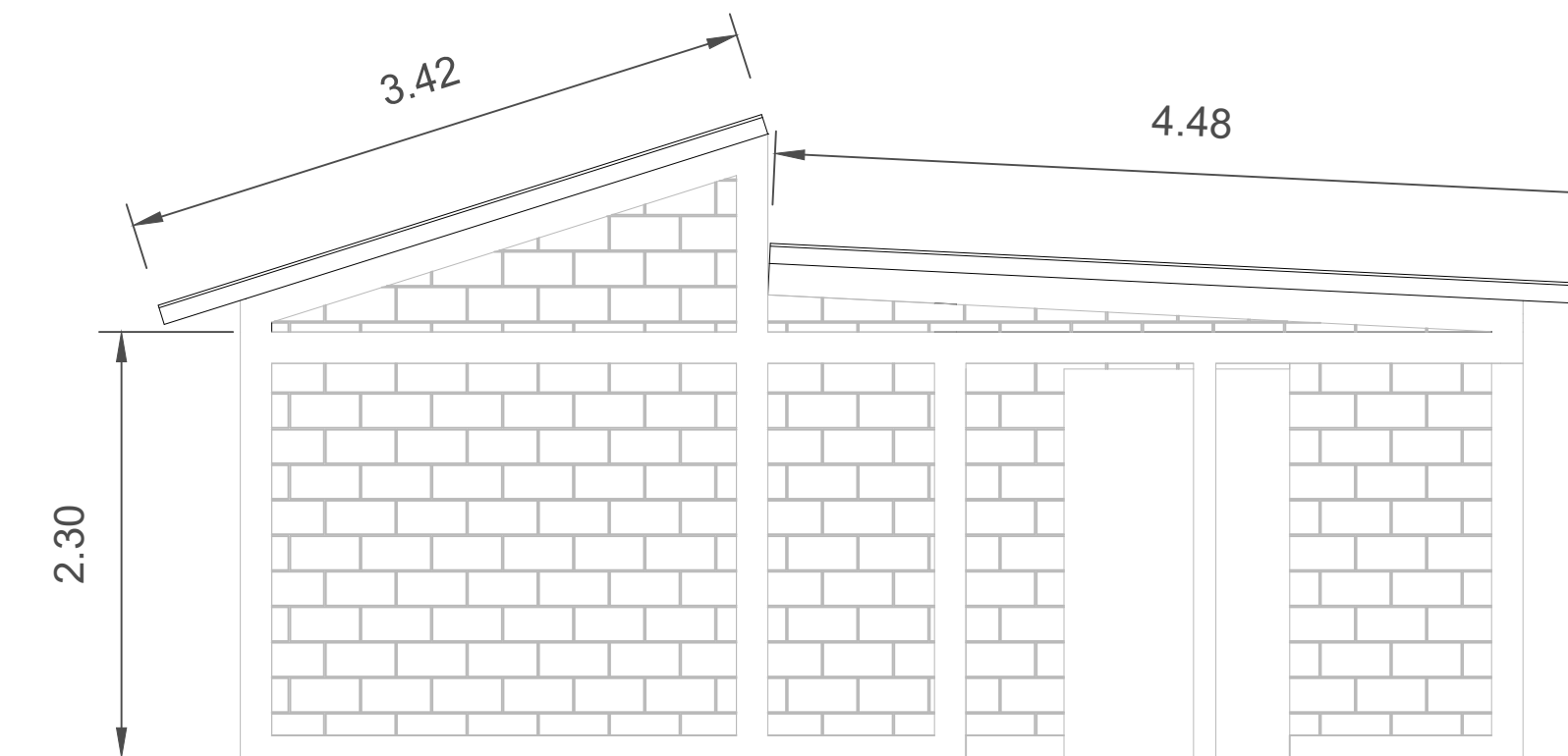
	NOMBRE	FECHA	PLANO #:
DIBUJÓ	ANDRÉS SILVA FISCAL	-	2 DE 4
DISEÑO	-	-	ESCALA: INDICADA
REVISÓ	-	-	
APROBÓ	-	-	



PLANTA CUBIERTA
CUBIERTA MODELO 1
ESCALA 1:3



CORTE A - A
CUBIERTA MODELO 1
ESCALA 1:4



CORTE B - B
CUBIERTA MODELO 1
ESCALA 1:4



PERSPECTIVA
CUBIERTA MODELO 1
SIN ESCALA

LOCALIZACIÓN



NOTAS

PLANOS DE REFERENCIA

1. ANEXO 1 - PLANO DE CIMENTACIÓN PARA EL MODELO 1 Y 2
2. ANEXO 2 - PLANO DE COLUMNAS PARA EL MODELO 1 Y 2
3. ANEXO 4 - PLANO DE CUBIERTA DEL MODELO 2

PROYECTO

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COSTO DE PRODUCCIÓN EN LA SUSTITUCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y MAMPOSTERÍA CONVENCIONALES POR GUADUA EN EL MODELO DE VIVIENDA RURAL DEL BANCO AGRARIO DE COLOMBIA

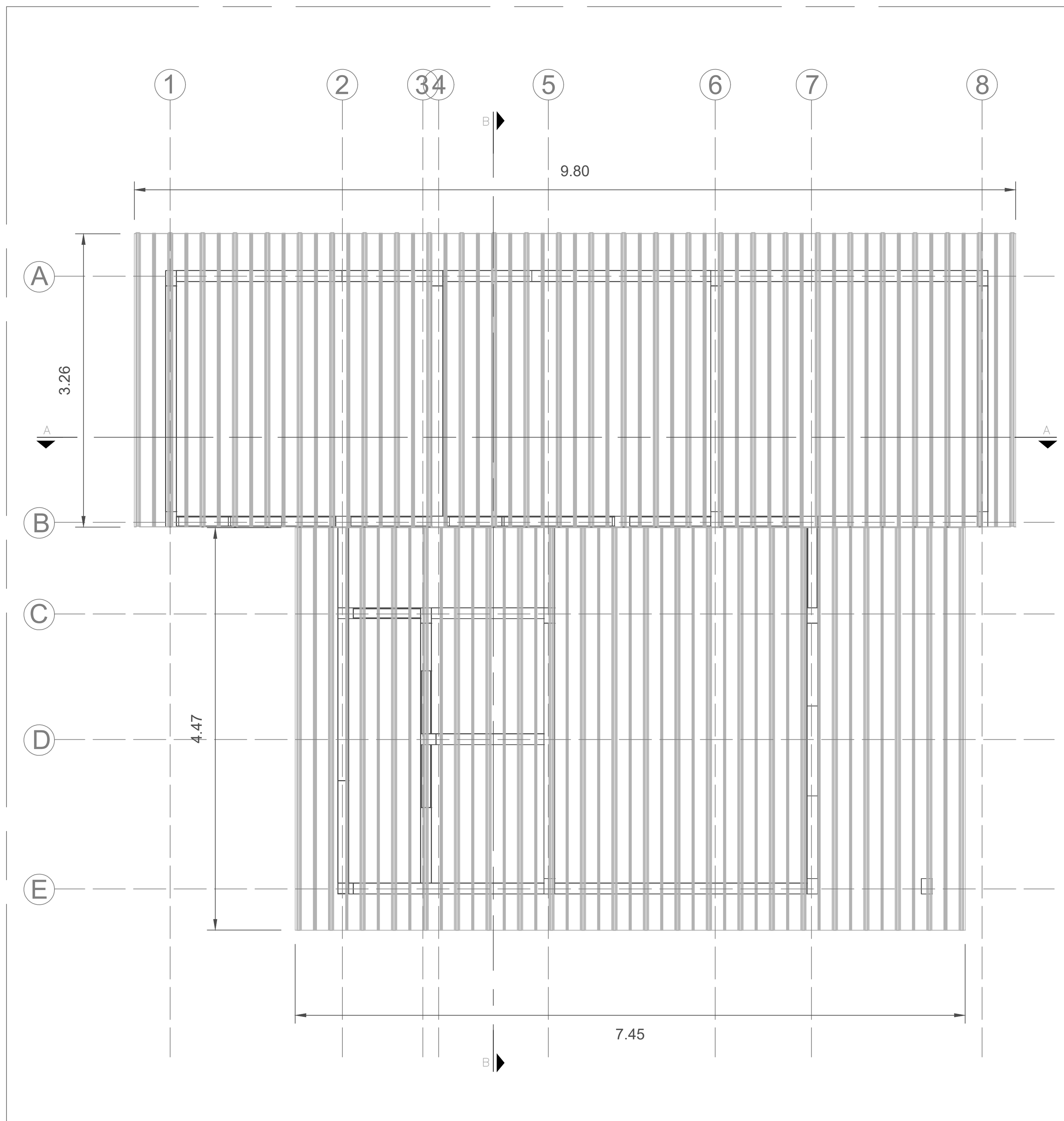


U CATÓLICA
de Colombia

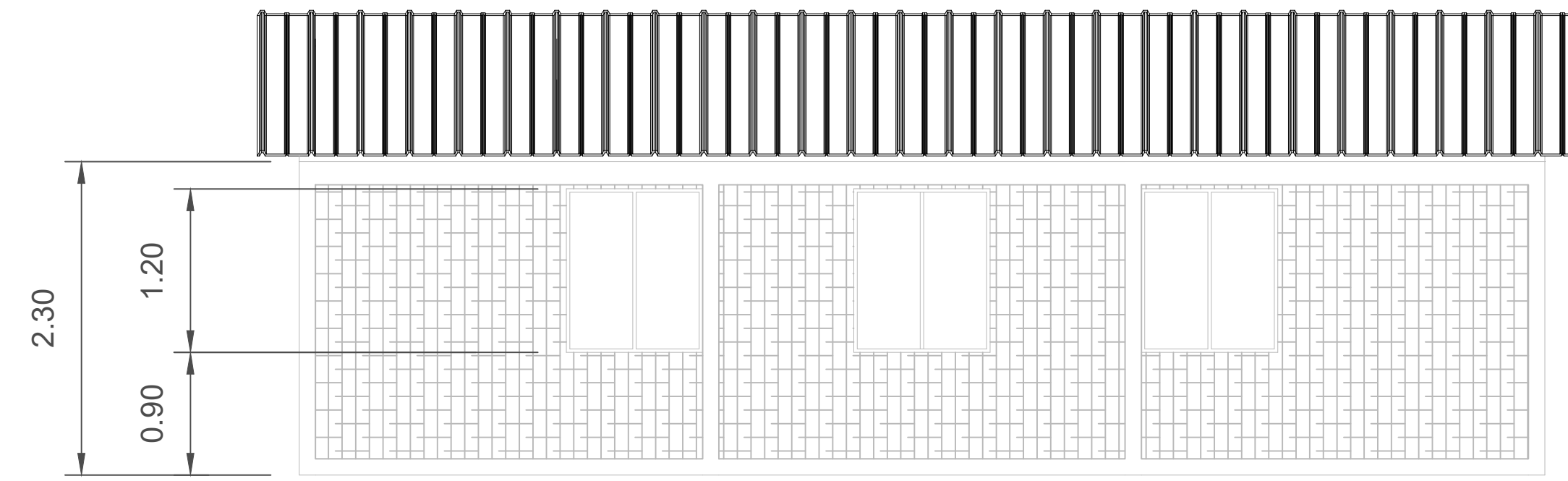
CONTENIDO

ANEXO 3 - PLANO DE CUBIERTA DEL MODELO 1

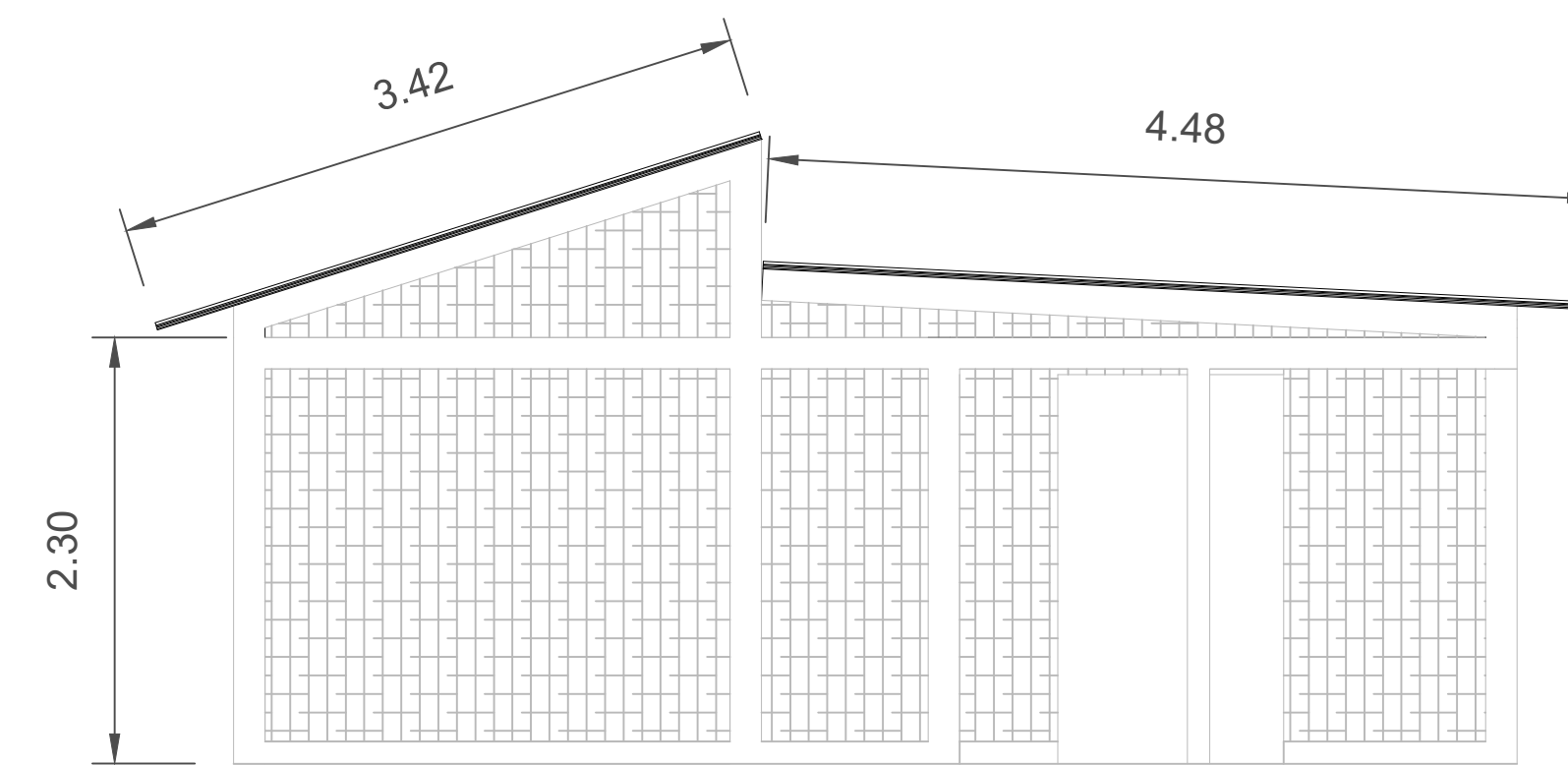
	NOMBRE	FECHA	PLANO #:
DIBUJÓ	ANDRÉS SILVA FISCAL	-	3 DE 4
DISEÑO	-	-	ESCALA: INDICADA
REVISÓ	-	-	
APROBÓ	-	-	



PLANTA CUBIERTA
CUBIERTA MODELO 2
ESCALA 1:3



CORTE A - A
CUBIERTA MODELO 2
ESCALA 1:4

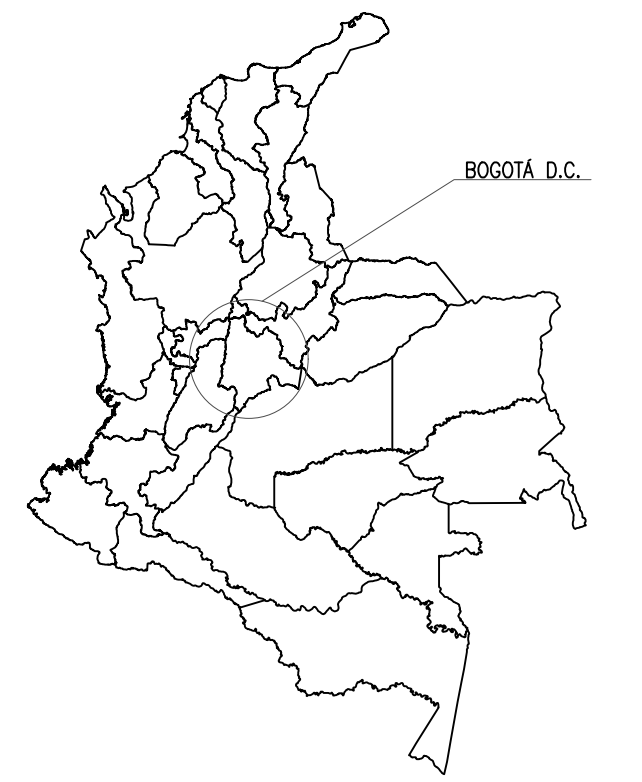


CORTE B - B
CUBIERTA MODELO 2
ESCALA 1:4



PERSPECTIVA
CUBIERTA MODELO 2
SIN ESCALA

LOCALIZACIÓN



NOTAS

PLANOS DE REFERENCIA

1. ANEXO 1 - PLANO DE CIMENTACIÓN PARA EL MODELO 1 Y 2
2. ANEXO 2 - PLANO DE COLUMNAS PARA EL MODELO 1 Y 2
3. ANEXO 3 - PLANO DE CUBIERTA DEL MODELO 1

PROYECTO

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COSTO DE PRODUCCIÓN EN LA SUSTITUCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y MAMPOSTERÍA CONVENCIONALES POR GUADUA EN EL MODELO DE VIVIENDA RURAL DEL BANCO AGRARIO DE COLOMBIA



CONTENIDO

ANEXO 4 - PLANO DE CUBIERTA DEL MODELO 2

	NOMBRE	FECHA	PLANO #:
DIBUJÓ	ANDRÉS SILVA FISCAL	-	4 DE 4
DISEÑO	-	-	ESCALA: INDICADA
REVISÓ	-	-	
APROBÓ	-	-	