



ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO DE TITULACION PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA: PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA CASA
MODELO DE MADERA CON CONTROL TÉRMICO EN EL
INTERIOR.**

AUTOR: GODOY CAMPOS, LUIS FERNANDO.

DIRECTOR: ING. PRO ZAMBRANO, RAULERNESTO

SANGOLQUÍ

2016



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo titulado: “Proceso Constructivo de una Casa Modelo de Madera con Control Térmico en el Interior”, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo que cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **LUIS FERNANDO GODOY CAMPOS**, para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 24 Agosto 2016

Atentamente,

ING. ERNESTO PRO
DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **LUIS FERNANDO GODOY CAMPOS**, con cédula de identidad N° 1717346751, declaro que el proyecto de grado denominado “**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA CASA MODELO DE MADERA CON CONTROL TÉRMICO EN EL INTERIOR**”, ha sido desarrollado en base a una investigación adecuada, respetando los derechos intelectuales de terceros, conforme a las referencias que constan en el texto cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, en virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 24 Agosto 2016

Luis Fernando Godoy Campos

C.C. 1717346751



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

AUTORIZACIÓN

Yo, LUIS FERNANDO GODOY CAMPOS, Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE la publicación en la biblioteca virtual de la Institución el presente trabajo de titulación "PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA CASA MODELO DE MADERA CON CONTROL TÉRMICO EN EL INTERIOR", cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 24 Agosto 2016

Luis Fernando Godoy Campos

C.C. 1717346751

DEDICATORIA

A mi hermano Marco, por su incondicional apoyo en mi vida.

*A mi madre Liliana por mostrarme
el camino de la perseverancia hasta el éxito,*

A mi padre Fernando, por ser mi guía y mentor.

*A mi amada esposa Virginia Green,
por su continuo apoyo y confianza.*

A toda mi familia, por su respaldo en cada momento.

*A todos los amigos que fueron mi compañía durante esta
aventura en la mejor carrera universitaria.*

Luis Fernando Godoy Campos

AGRADECIMIENTO

Profundamente agradezco a mis padres, por su esfuerzo, sacrificio y compromiso que han hecho posible completar de esta etapa de instrucción académica.

A mi familia y amigos, por su compañía y afecto dándome un soporte para seguir luchando por mis objetivos.

Agradezco también a mis maestros que compartieron su conocimiento y experiencia, pues los considero excelentes profesionales investigadores y líderes, especialmente al Phd. Francisco Fernández y al Ing. Peñaherrera quienes me supieron guiar en la última fase para definir mi siguiente meta académica.

Luis Fernando Godoy Campos

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
INDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes.....	1
1.3 Alcance.....	3
1.4 Objetivos del Proyecto	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos	3
1.5 Justificación e Importancia.....	4
CAPITULO 2 MARCO TEORICO.....	5
2.1 Conceptos.....	5
2.2 Tipos de madera y sus Características.....	7
2.3 Reconocimiento de Fallos Generales en la Madera.	9
2.4 Normativas y Códigos de Resistencia y Construcción.....	15
2.5 Tratamientos de la Madera Estructural.	15

2.6	Requerimientos mínimos de la madera de construcción	25
CAPITULO 3 DISEÑO DE LA CASA MODELO DE MADERA.....		27
3.1	Diseño geométrico y dimensionamiento de la estructura.....	27
3.2	Verificación del cumplimiento de normas arquitectónicas básicas y reglamento del Distrito Metropolitano de Quito.....	37
3.3	Diseño estructural.....	40
3.3.1	Consideraciones de Diseño	40
a)	Cálculo de elementos a Flexión.....	44
b)	Cálculo de Elementos a Compresión.....	46
3.3.2	Materiales a utilizarse	49
3.3.3	Análisis del techado	50
3.3.4	Análisis de pisos	63
3.3.5	Pre-diseño de Vigas principales	66
3.3.6	Análisis de cargas laterales	68
3.3.7	Distribución de cargas laterales.....	71
3.3.8	Análisis de resultados	88
3.3.9	Columnas.....	89
3.3.10	Conectores de Vigas	90
3.3.11	Diagonales de muros.....	91
CAPITULO 4 PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA CASA MODELO DE ESTRUCTURA DE MADERA.....		94
4.1	Subestructura de la casa modelo	94
4.1.1	Cimentación.....	94
4.2	Estructura de la casa modelo	99
4.2.1	Enmarcado o entramado.	99
4.2.2	Pisos.....	103
4.2.3	Paredes interiores y exteriores	105

4.2.4	Aberturas en paredes	107
4.3	Superestructura de la casa modelo	108
4.3.1	Techado.....	108
4.3.2	Recubrimientos del Techado	110
4.3.3	Recubrimiento de Paredes	115
4.3.4	Instalaciones.....	116
4.4	Equipamiento para el control térmico del interior.....	117
4.4.1	Puertas y ventanas	117
4.4.2	Insolación.....	119
4.4.3	Recubrimiento Interior.....	122
4.4.4	Detalles complementarios.....	129
CAPITULO 5 ANÁLISIS DE COSTOS		141
5.1	Análisis de costo de la madera estructural estimada	143
5.2	Proveedores recomendados.....	145
CAPITULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		147
BIBLIOGRAFÍA		150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coeficientes de Conductividad Térmica	2
Tabla 2 Grupo de especies estructurales de maderas y Resumen de esfuerzos Admisibles.	8
Tabla 3 Conductividad térmica de materiales.....	8
Tabla 4 Recomendaciones para clasificación visual de madera para elemento estructural por Nudos.	9
Tabla 5 Recomendaciones para clasificación visual de madera para elemento estructural por Inclinação del Grano.....	10
Tabla 6 Recomendaciones para clasificación visual de madera para elemento estructural falla de compresión.....	11
Tabla 7 Recomendaciones para clasificación visual de madera para elemento estructural por Alabeo.	13
Tabla 8 Recomendaciones para clasificación visual de madera para elemento estructural por Grietas.....	14
Tabla 9 Dimensiones Horizontales Mínimas en el Interior.....	37
Tabla 10 Dimensiones Horizontales de la casa modelo (2 Dormitorios)	38
Tabla 11 Casos para el cálculo de deflexiones máximas.....	44
Tabla 12 Módulo de elasticidad de grupos de madera.	44
Tabla 13 Esfuerzo máximo admisible en flexión (fm).	45
Tabla 14 Esfuerzo máximo admisible en corte paralelo a las fibras (fv).	46
Tabla 15 Condiciones de Apoyo para la rigidez y longitud efectiva.....	47
Tabla 16 Relación de esbeltez límite entre columnas	48
Tabla 17 Esfuerzo máximo admisible a compresión (fc). Grupo B.....	49
Tabla 18 Módulo de elasticidad y Grupo de viga en análisis.	49
Tabla 19 Cargas por nivel y cálculo de las fuerzas sísmicas.	70
Tabla 20 Resumen de reacciones de porticos por columnas.	88
Tabla 21 Valores característicos de placas tipo TYP-X para unión de la Columna a la cimentación.....	95
Tabla 22 Valores característicos de pernos de anclaje tipo AB1 para anclaje de columnas a la cimentación.....	97

Tabla 23 Resistencia al corte de placa de conexión RICON.	100
Tabla 24 Resistencia a la tracción de placa de conexión RICON.....	100
Tabla 25 Costos de Elementos estructurales de Madera.	144

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ejes, caras y dimensiones una pieza de madera.....	6
Figura 2: Clasificación visual de la madera por nudos.....	9
Figura 3: Clasificación visual de la madera por la Inclinación del Grano.....	11
Figura 4: Clasificación visual de la madera por fallas de Compresión	12
Figura 5: Clasificación visual de la madera por alabeo.....	12
Figura 6: Clasificación visual de la madera por Grietas.....	14
Figura 7: Ubicación y ruta de sitios para el levantamiento de información	17
Figura 8: Madera tratada a presión con preservantes utilizada como parantes de paredes exteriores	18
Figura 9: Madera tratada a presión con preservantes utilizada como estructura de un balcón exterior.....	19
Figura 10: Horno de secado de la madera.....	20
Figura 11: Clasificación de la Madera.....	21
Figura 12: Hornos de presión para tratamiento de madera.	22
Figura 13: Diferencia visible de la madera tratada a presión.	23
Figura 14: parantes de madera tratada y corta pandeos	24
Figura 15: Etiquetado de la empresa que certifica la calidad.....	25
Figura 16: planta del primer nivel.....	27
Figura 17: planta del segundo nivel.	28
Figura 18: Ejes en planta de primer nivel.....	29
Figura 19: Ejes en planta de segundo nivel.....	30
Figura 20: Elevación frontal.	31
Figura 21: Elevación posterior de la casa modelo.	31
Figura 22: Elevación lateral derecha de la casa modelo.....	32
Figura 23: Elevación lateral izquierda de la casa modelo.	32
Figura 24: despiece de estructura.....	33
Figura 25: Esquema de la estructura sin paredes.....	33
Figura 26: Pórticos ejes A, B y C.	34
Figura 27: Pórticos ejes A, B y C.	34
Figura 28: Pórticos ejes F.	35

Figura 29: Pórticos ejes 1.	35
Figura 30: Pórticos ejes 2.	36
Figura 31: Pórticos ejes 3.	36
Figura 32: Pórticos ejes 4.	36
Figura 33: Tipos de rotura de la estructura.	41
Figura 34: Conexión entre vigas.	42
Figura 35: Conexión entre viga y columna.	43
Figura 36: Conexión de columna a la cimentación.	43
Figura 37: a) Vigueta de techado, b) Viga de cresta o.	50
Figura 38: Geometría de Vigueta de techado.	53
Figura 39: Diagramas de cortante y Momento de Vigueta.	55
Figura 40: Diagrama de momento vertical de viga cumbreira.	56
Figura 41: Esquema de efecto lateral en viga cumbreira.	58
Figura 42: Esquema inferior de techado.	60
Figura 43: Diagrama de Momento de Viga lateral,	61
Figura 44: Planta y modelo para Viguetas de Piso.	65
Figura 45: Planta y modelo para vigas principales.	66
Figura 46: Esquema de distribución del cortante basal en sentido X.	70
Figura 47: Esquema de distribución del pórtico E.	71
Figura 48: Diagrama de fuerzas del pórtico E.	73
Figura 49: Diagrama de fuerzas del pórtico E.	74
Figura 50: Reacciones del pórtico E.	74
Figura 51: Diagrama de fuerzas del pórtico D y F.	75
Figura 52: Diagrama de fuerzas del pórtico D y F.	75
Figura 53: Reacciones del pórtico D y F.	76
Figura 54: Esquema de distribución del cortante basal en sentido Y.	77
Figura 55: Diagrama de fuerzas aplicadas al pórtico 3.	78
Figura 56: Diagrama de Fuerzas axiales dell pórtico 3.	79
Figura 57: Diagrama de cortantes del pórtico 3.	79
Figura 58: Diagrama de momentos en el pórtico 3.	80
Figura 59: Esquema de reacciones del pórtico 3.	80
Figura 60: Diagrama de fuerzas aplicadas al pórtico 1.	81

Figura 61: Diagrama de Fuerzas axiales dell pórtico 1	81
Figura 62: Diagrama de cortantes del pórtico 1	82
Figura 63: Diagrama de momentos del pórtico 1	82
Figura 64: Esquema de reacciones del pórtico 1	82
Figura 65: Diagrama de fuerzas aplicadas del pórtico 2	83
Figura 66: Diagrama de Fuerzas axialesdel pórtico 2	83
Figura 67: Diagrama de cortantes del pórtico 2	84
Figura 68: Diagrama de momentos del pórtico 2	84
Figura 69: Diagrama de reacciones del pórtico 2.....	85
Figura 70: Diagrama de cargas sobre el pórtico 4	85
Figura 71: Diagrama de fuerzas del pórtico 4	86
Figura 72: Diagrama de cortantes del pórtico 4	86
Figura 73: Diagrama de momentos del pórtico 4	87
Figura 74: Esquema de reacciones del pórtico 4.....	87
Figura 75: Unión columna - cimentación.....	94
Figura 76: Reacciones de los pórticos E.....	96
Figura 77: Reacciones de los pórticos 3.	97
Figura 78: proceso de colocación de pernos de anclaje	98
Figura 79: Placas tipo RICON.....	99
Figura 80: Otras placas de conexión para vigas.	102
Figura 81: Viguetas de piso descubiertas.	103
Figura 82: Viguetas de piso cubiertas con tablero contrachapado.....	104
Figura 83: Detalle de unión de paredes al piso y pared viga.	105
Figura 84: Enmarcado de paredes exteriores e interiores.	106
Figura 85: Enmarcado tipo de puerta.....	107
Figura 86: Enmarcado tipo de ventana.	108
Figura 87: Colocación de vigas de techado.	108
Figura 88: Entramando del Techado.....	109
Figura 89: Lámina sintética en paredes y Lámina asfáltica en techos.	110
Figura 90: Lámina sintética en paredes y Lámina impermeable.	111
Figura 91: Colocación de primeras tejas asfálticas.....	112
Figura 92: Clavado de teja asfáltica.....	112

Figura 93: Proceso de colocación de teja asfáltica.....	113
Figura 94: techado en la cima de la casa.	114
Figura 95: Recubrimiento de Siding para el exterior.....	115
Figura 96: Instalaciones eléctricas, aire acondicionado.....	116
Figura 97: Instalaciones eléctricas y plomería	117
Figura 98: Colocación de Puertas y ventanas.....	118
Figura 99: Estructura de acristalamiento de puertas y ventanas.	119
Figura 100: Insolación colocada entre viguetas.....	120
Figura 101: Insolación colocada entre parantes.	121
Figura 102: colocación gypsum en paredes.	123
Figura 103: colocación gypsum en techado.....	124
Figura 104: colocación de papel rígido en juntas.....	124
Figura 105: Sellado de agujeros y juntas de gypsum.	125
Figura 106: Sellado de yeso.	126
Figura 107: Colocación de cinta de papel o fibra.....	126
Figura 108: corte de yeso.	127
Figura 109: limpieza de superficie.	127
Figura 110: Lijado de paredes.	128
Figura 111: Sellado de agujeros y juntas de gypsum.	129
Figura 112: Ducto de aire acondicionado entre viguetas de techado	130
Figura 113: Aberturas en gypsum para las	131
Figura 114: instalaciones eléctricas colocadas en Instalaciones eléctricas.....	132
Figura 115: Enmarcado de escaleras	133
Figura 116: Recubrimiento del enmarcado de escaleras.....	134
Figura 117: Recubrimiento y pintado final.....	134
Figura 118: Recubrimiento y pintado de ventanas y aberturas.....	135
Figura 119: Ranura para piso terminado.	136
Figura 120: Sujeción de mastico.....	136
Figura 121: Lámina de fibra de roca	137
Figura 122: piso de madera.....	137
Figura 123: mastico en piso.....	138

Figura 124: Colocacion de piso terminado de madera.	139
Figura 125: Lamina impermeabilizante sobre mastico en piso.	139
Figura 126: Clavado final del piso terminado.	140
Figura 127: Proceso constructivo de casas de madera	141

RESUMEN

El presente trabajo está enfocado al análisis y diseño estructural de una casa de estructura de madera y definir los materiales que permitan un control térmico en el interior. Este proyecto se desarrolla con base estructural de madera, partiendo de planos arquitectónicos. Para el diseño se procede a pre dimensionar los elementos estructurales (vigas, columnas, paredes estructurales, arriostramientos), con las recomendaciones de las normas de diseño estructural que se emplearon en esta tesis. A continuación se definen las cargas (muerta, viva, sismo) y las combinaciones respectivas con los criterios de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, Posterior al análisis y verificación del cumplimiento de los requisitos de la casa modelo se diseñan los elementos estructurales. Se aplican cargas laterales a la estructura y verificando que las secciones definidas resistan se recomienda conexiones tipo para anclar un elemento con otro. Finalmente se presentan los detalles del proceso de colocación de las juntas, elementos y materiales, definiendo de esta manera el proceso constructivo. Además se plantea un presupuesto estimado de los elementos de madera estructural a ser utilizados, planteando un análisis del mercado de la madera en el Ecuador con precios actualizados al mes de agosto del presente año.

Palabras Clave:

- ✦ DISEÑO ESTRUCTURAL
- ✦ PROCESO CONSTRUCTIVO
- ✦ INSOLACIÓN
- ✦ CASA MODELO

ABSTRACT

The following study presented is focused on the analysis and structural design of a wooden house structure and defines the materials used that permit thermal control of the interior. This project was developed from architectural plans from the basis of a wooden structure. The design pre determines the structural elements such as beams, columns, structural walls and bracings, with the recommended structural design norms that are employed in this thesis. Moving forward, the live loads, dead loads and seismic loads, as well as their respective combinations are defined within this project, following the criteria of the Ecuadorian Construction Norms. After the analysis and verification of the fulfillment of the requisites of the model home, the structural elements are then designed. Lateral loads are applied to the structure and after verifying that certain defined sections are resistant, connections to anchor one element to another are recommended. Finally, the details of the process of joint, element and material placement are outlined, defining therein the constructive process. Furthermore, an estimated budget is included, taking into account the structural wooden elements that are utilized, as well as a market analysis of the wood in Ecuador with current prices from the month of August of this year.

Keywords:

- ◆ **STRUCTURAL DESIGN**
- ◆ **CONSTRUCTIVE PROCESS**
- ◆ **INSULATION**
- ◆ **MODEL HOME**

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Introducción

En el presente capítulo se detalla los antecedentes y el alcance de este proyecto, así como los objetivos que se plantean cumplir al finalizar el mismo, también se hace referencia la importancia y necesidad de la realización de este proyecto de tesis.

1.2 Antecedentes

Los productos forestales de todo tipo han proporcionado al hombre material apto para darle albergue. Se han estudiado las características y propiedades esenciales de la madera y se ha establecido normas y reglamentos que dirigiesen a los consumidores en el uso de los diversos tipos de madera para la construcción existentes en el mercado. (UNASYLVA, 1971).

Una de las grandes ventajas de las casas de madera es su alto nivel de aislamiento térmico y acústico. Comúnmente utilizado en sitios con temperaturas bajas, por ello se lo relaciona a este tipo de viviendas con el calor. Pero también es cierto que en las zonas más calurosas es apropiada una construcción de madera, esto se debe a que, al igual que en un horno o un frigorífico, depende del calor o frío que se genere dentro para que la casa mantenga esa temperatura, casi independientemente de las condiciones externas. (AFCCM, 2008).

Además, de la utilización de la madera existen algunas opciones para el mejor y efectivo Aislamiento térmico y sonoro como el uso de fibras de vidrio, espumas flexibles, lana mineral, unidades de vidrio aislante, placas de yeso laminado que conforman el sistema de aislamiento exterior (SATE),

concebido como un sistema integral de fachadas, esto supone que cada parte del conjunto, asegura la compatibilidad del sistema y el mejor resultado. (D.G.I.E.M., 2012).

Tabla 1
Coefficientes de Conductividad Térmica

COEFICIENTES DE CONDUCTIVIDAD		
Muro Exterior	1.29	0.24
Total de la vivienda	1.10	0.18
Cubierta 18°	1.41	0.30
Cubierta 45°	1.41	0.22
Ventana	3.40	1.50
INSONORIZACION		
Muro Exterior	48 dB	62 dB
Tabique Interior	32 dB	48 dB

Fuente: (AFCCM, 2008).

Actualmente el impulso al uso de la madera en la construcción de viviendas es, que se elaboran todos los productos que se requieren para construir viviendas y edificios de madera en general, como madera aserrada, herrajes y tableros, con altos estándares de calidad, lo que entrega total seguridad al usuario respecto de las características y durabilidad que tendrá la vivienda; es así que se exportan en gran cantidad a países desarrollados que construyen fundamentalmente en madera. (CORMA, 2011).

La construcción con madera como material primario no refleja el potencial que esta área tiene, por lo que se hace fundamental incorporar en este proceso a más profesionales que diseñarán y construirán con el material, dándoles a conocer las cualidades de la madera como elemento constructivo. (CORMA, 2011).

Impulsando un mayor consumo de madera en la construcción de viviendas, y revertir la falta de una cultura de uso de este material, así como promover la existencia de productos de calidad garantizada. Una vivienda es un proyecto de construcción de carácter habitacional que permite el alojamiento temporal o permanente de las personas, proporcionando a los usuarios seguridad, comodidad y habitabilidad. (CORMA, 2011).

1.3 Alcance

El trabajo está dirigido al sector de la construcción, específicamente para docentes, estudiantes y profesionales con el proceso constructivo de una casa de estructura de madera que permita mantener una temperatura en su interior, estableciendo las características y diferencias de los materiales que definirán dicho proceso constructivo, además proyectado a un diseño que sirva como modelo para ser construida en serie.

1.4 Objetivos del Proyecto

1.4.1 Objetivo General

El desarrollo de este proyecto tiene como finalidad plantear el proceso constructivo de una casa modelo con estructura de madera que permita mantener la temperatura interior.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Plantear el tratamiento necesario y los requerimientos mínimos de la madera que se utilizaría para la construcción de la casa modelo.
- Diseñar una casa modelo de estructura de madera
- Plantear el proceso constructivo de una casa modelo de madera con aislación térmica.
- Realizar un análisis de costos de los elementos estructurales de madera que se emplearían en la casa modelo diseñada.

1.5 Justificación e Importancia

Como el problema de la vivienda en todos los países, tanto los industrialmente desarrollados como los que se hallan en vías de desarrollo, estriba principalmente en proporcionar viviendas baratas, aunque la disminución general del uso de la madera por unidad de vivienda en la construcción de casas puede atribuirse a muchos factores, no hay duda de que, en último análisis, sólo contribuirán positivamente a la solución de este problema las aplicaciones más racionales de la madera en la construcción, teniendo en cuenta la viabilidad técnica y la competitividad de los costos. (UNASYLVA, 1971).

Sin embargo, aparece la importancia de mostrar y enseñar al público cómo utilizar la madera y en qué parte de la construcción es más ventajoso su uso, con objeto de obtener un tipo de construcción sólida, segura y energéticamente eficiente y, al mismo tiempo, agradable desde el punto de vista estético. Los métodos varían, pero las premisas básicas del fomento de un material o producto es informar y con ello crear la demanda del mismo (UNASYLVA, 1971).

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1 Conceptos

Como es conocido, se entiende por construcción sostenible aquella que tiene como finalidad el triple resultado final, es decir en primer lugar un estricto respeto a la conservación del medio ambiente, en segundo lugar debe establecerse un tiempo rentable de construcción y como tercer propósito el de mantener e incrementar el bienestar de las personas que viven o trabajan en ellos, de esta manera el proceso de este tipo de construcción tiende a seguir creciendo. (AFCCM, 2008).

La Madera

Un material Básico en la construcción, La supervivencia de la madera a través del tiempo como material de construcción se debe sin duda a su singular estructura tubular hueca, ligera, resistente y elástica al medio ambiente cálido que proporciona, a sus cualidades vitales por ser un elemento adaptable, menos rígido y esquemático. Tienen la gran ventaja que una vez talada aserrada y secada, ya se puede utilizar. Es un material ligero que permite el corte, el torneado, el taladrado, el doblado y el tallado, además de permitir alcances y uniones variadas. (AFCCM, 2008).

Flexibilidad

Permite mejores posibilidades para el diseño sin que se vea afectado el costo de producción. Algunos sistemas constructivos no imponen un módulo o modelo. La libertad y creatividad espacial dependen del cliente o propietario y del diseñador o del Sistema Constructivo. (AFCCM2008)

Propiedad Ortotrópica de la Madera

La madera Puede ser descrita como un material ortotrópico o anisotrópico, en otras palabras que tiene propiedades mecánicas únicas e independientes en la dirección de sus tres ejes perpendiculares (longitudinal, radial y tangencial). El eje longitudinal “L” que es paralela a la fibra, el eje radial “R” que es normal a los anillos de crecimiento, y el eje tangencial “T” que es perpendicular al grano pero tangente a los anillos de crecimiento. Estos ejes se indican en la Figura 1. (Espinoza, 2011)

Espacio Acondicionado

Es un área, habitación o espacio cerrado por una envoltura térmica de construcción y que es directa o indirectamente calentado o enfriado. Estos espacios son calentados o enfriados a través de aberturas con espacios también acondicionados, los cuales se separan por paredes, pisos, techos. Los ductos deben estar recubiertos de insolación u otros recursos que permitan la eficacia al introducir el aire frío o caliente en una habitación. (IRC, 2015).

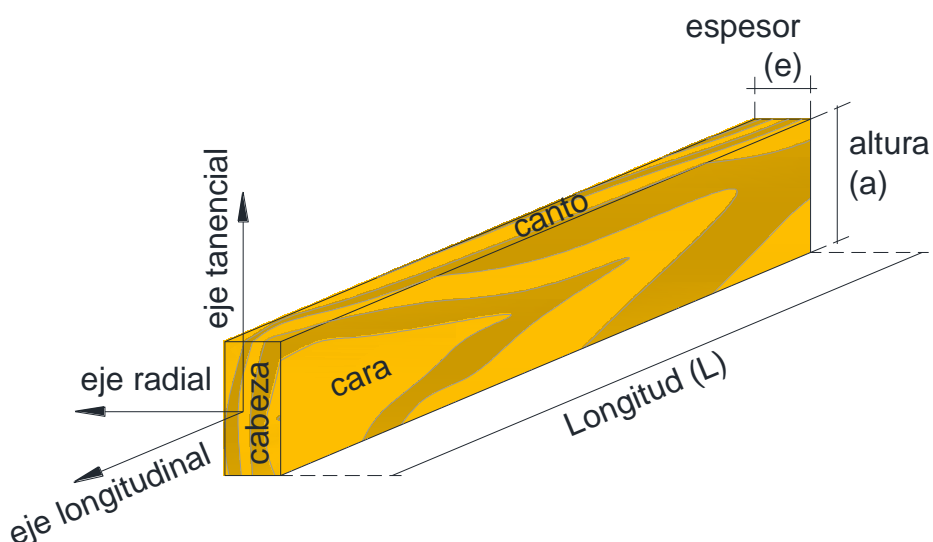


Figura 1: Ejes, caras y dimensiones una pieza de madera.

Condensación

Es el líquido que se separa del gas debido a una reducción en la temperatura; por ejemplo, el agua que se condensa del flujo de gases y agua que se condensa del aire circulante a través de la bobina, tuberías o dentro de la casa durante el enfriamiento (IRC, 2015)

2.2 Tipos de madera y sus Características

MADERAS LATIFOLIADAS Y CONIFERAS

La diferencia notoria entre las maderas latifoliadas y las coníferas es el comportamiento mecánico relacionado con la resistencia y rigidez. Comparadas a igual densidad las maderas latifoliadas de los bosques andinos muestran mayor resistencia que las maderas coníferas. Las características de elasticidad son similares y en algunos casos mayores. (PADT -REPORT).

GRUPOS DE MADERA ESTRUCTURALES

Según el Manual de Diseño para maderas del Grupo Andino, las especies de maderas se agrupan dependiendo de las características de resistencia ante una sollicitación (tracción, compresión, corte y otras) y su densidad, en tres grupos. En la Tabla 2 se establece los datos de los esfuerzos admisibles para cada grupo de madera. Expresando su comportamiento ante esfuerzos de tracción, compresión corte y flexión. (PADT -REPORT, 1984)

EXPANSIÓN Y CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

La conductividad térmica de la madera es directamente proporcional al contenido de humedad y a la densidad. En la tabla 3 se observa que la conductividad de la madera es solo una fracción de la conductividad de los otros materiales. La madera es por lo tanto un material aislante por excelencia debido a su naturaleza porosa. (PADT-REPORT, 1984).

Tabla 2

Grupo de especies estructurales de maderas y Resumen de Esfuerzos Admisibles.

GRUPO	ESFUERZO ADMISIBLE EN Kg/cm ²					
	COMPRESION		TRACCION		CORTE	FLEXION
	Paralela	Perpendicular	Paralela	Perpendicular		
A	145	40	145	-	15	210
B	110	28	105	-	12	150
C	80	15	75	-	8	100

Fuente: (PADT-REPORT, 1984).

Tabla 3

Conductividad térmica de materiales.

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD (Kcal/hora-m °C)
Aire	0.216
Lana Mineral	0.3
Madera anhidra (DA=0.4)	0.03
Madera anhidra (DA=0.8)	0.12
Corcho	0.06
Mortero de Yeso	0.3
Ladrillo	0.50 – 0.80
Concreto	1.15 – 1.40
Acero	35 – 50
Cobre	350

Fuente: (PADT-REPORT, 1984).

COMPOSICIÓN

Es una sustancia fibrosa, organizada, esencialmente heterogénea, producida por un organismo vivo que es el árbol. Sus propiedades y posibilidades de empleo son, en definitiva, la consecuencia de las

características, organización y composición química de sus células. El origen vegetal de la madera, hace de ella un material con unas características peculiares que la diferencia de otros de origen mineral. (Arias, 2010).

2.3 Reconocimiento de Fallos Generales en la Madera.

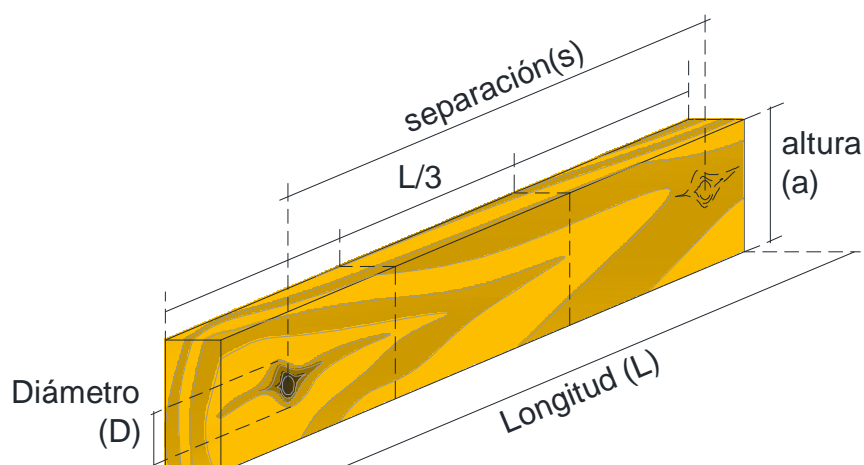


Figura 2: Clasificación visual de la madera por nudos

Tabla 4

Recomendaciones para clasificación visual de madera para elemento estructural por Nudos.

NUDOS	Nudo Sano	Nudo Hueco	Nudo Arracimado
Reconocimiento	Porción de Rama entrecruzada	Hueco de rama arrancada	Dos o más nudos
Tolerancia	<ul style="list-style-type: none"> ♣ $D < a/4$ ♣ $D < 4\text{cm}$ ♣ $s > 100\text{cm}$ ♣ nunca en $L/3$ central 	<ul style="list-style-type: none"> ♣ $D < a/8$ ♣ $D < 2\text{cm}$ ♣ Evitarlos para tracción ♣ nunca en $L/3$ central 	no se permiten

Fuente: (PADT-REPORT, 1984).

♦ **Nudos:** Son discontinuidades en la parte leñosa del tronco producidas por el nacimiento y desarrollo de ramas. La influencia de nudos en el comportamiento de elementos estructurales depende de la ubicación que estos tengan con respecto a la distribución de esfuerzos. Son zonas débiles y tienen mayor influencia en la aplicación de esfuerzos de tracción. (PADT-REPORT).

Los nudos generan una serie de esfuerzo interiores en el elemento que limitan la resistencia del elemento al momento de ser esforzado en la estructura, por esta razón se debe evitar en lo posible los elementos que presenten nudos. En última instancia se aceptan los elementos en las condiciones que se presenta para nudos (ver tabla 4).

♦ **Inclinación del Grano:** La inclinación del grano con respecto a la dirección longitudinal del tronco influye mucho en el comportamiento del elemento estructural, es decir, disminuye su resistencia a medida que aumenta el ángulo entre los ejes del grano y longitudinal del elemento estructural. Cabe recalcar que en elementos que no están destinados a soportar grandes esfuerzos o que tienen tamaños relativamente cortos, la inclinación del grano no representa un factor influyente. (PADT-REPORT).

La inclinación del grano genera una línea de despegue de fibras o línea de posible falla del elemento, esta desviación angular no debe superar el un ochavo de inclinación. (ver figura 3). El eje longitudinal debe estar recto para definir la alineación del elemento.

Tabla 5

Recomendaciones para clasificación visual de madera para elemento estructural por Inclinación del Grano.

INCLINACIÓN DEL GRANO	
Reconocimiento	Desviación angular del grano respecto del eje longitudinal de la pieza.
Tolerancia	En cara y canto: Inclinación <1/8

Fuente: (PADT-REPORT, 1984).

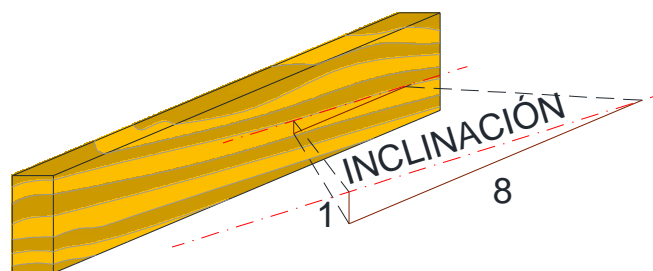


Figura 3: Clasificación visual de la madera por la Inclinación del Grano.

◆ **Fallas de Compresión:** Son zonas en que las fibras están interrumpidas. Las piezas que incluyan este defecto se excluyen ya que su resistencia es nula. Su correcta identificación es fundamental para la seguridad de la estructura. (PADT-REPORT Fuente: (PADT-REPORT, 1984).

Las piezas que muestran fallas o interrupción de las fibras serán rechazadas por tener esfuerzos interiores en el elemento, lo que no le permite trabajar a flexión, esta falla de compresión usualmente es frágil a corte y flexión, lo que lo vuelve un elemento de muy baja rigidez y no aporta a la estructura.

Tabla 6

Recomendaciones para clasificación visual de madera para elemento estructural falla de compresión.

FALLAS DE COMPRESIÓN	
Reconocimiento	Arrugas finas perpendiculares al grano.
Tolerancia	No se permiten

Fuente: (PADT-REPORT, 1984).

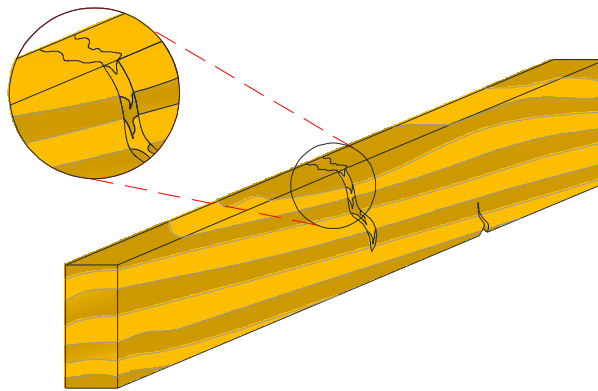


Figura 4: Clasificación visual de la madera por fallas de Compresión.

◆ **Alabeo:** Es la deformación de una pieza de madera por la curvatura de sus ejes longitudinal, transversal o ambos.

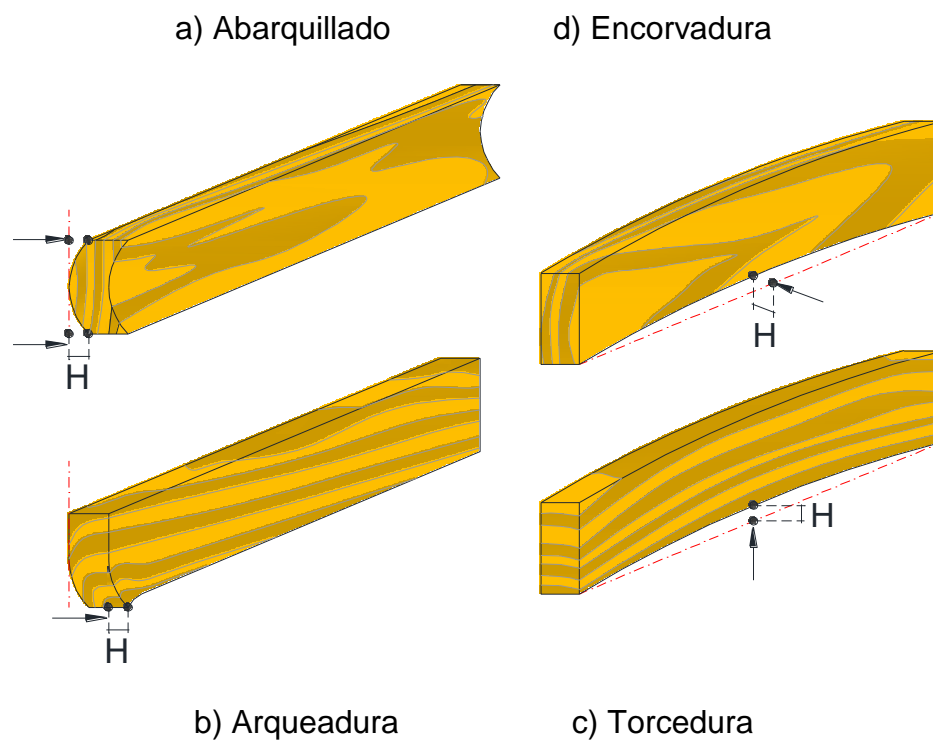


Figura 5: Clasificación visual de la madera por alabeo.

Tabla 7

Recomendaciones para clasificación visual de madera para elemento estructural por Alabeo.

ALABEO	Abarquillado	Arqueadura	Encorvadura	Torcedura
Para reconocer	Nivel de Aristas diferente al nivel de zona central	Curvatura a lo largo de la cara de la pieza	Curvatura a lo largo del canto de la pieza	Esquinas en diferentes planos
Tolerancia	$H < a/100$	$H/L < 0.33$	$H/L < 0.33$	$H/L < 0.33$

Fuente: (PADT-REPORT, 1984).

Los tipos de falla abarquillado, arqueadura, encorvadura y torcedura son sencillos y rápidos de detectar, simplemente colocándolos sobre una superficie horizontal plana y a simple vista se revisa si presenta alguna de estas fallas apoyándolo en todas sus caras. Para utilizar los elementos con este tipo de fallas se tiene un margen de tolerancia (ver tabla 7), y se los utiliza con la curvatura hacia arriba, es decir, al ser cargado elemento la curvatura regresa a su posición recta.

♦ **Grieta:** Es la separación de los elementos de la madera en dirección radial y longitudinal que no alcanza a afectar dos caras de una pieza, o dos puntos opuestos de la superficie de una madera rolliza.

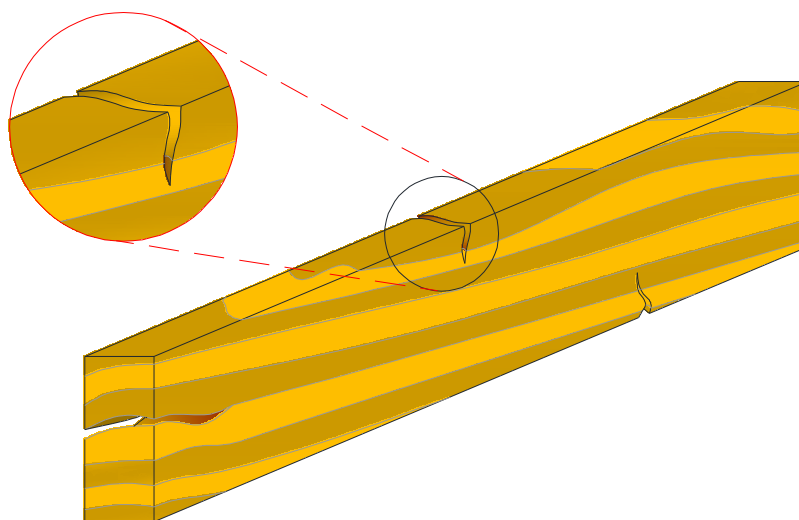
La revisión de este tipo de falla debe ser estricta y con perspectiva a evitar la falla del elemento y consecuentemente de la estructura, de acuerdo a la posición de la pieza en la estructura y el esfuerzo de tracción, compresión, corte, flexión o la combinación de esfuerzos que deba resistir para mantener a la estructura funcional, por esta razón el rango de tolerancia de elementos agrietados a ser utilizados en una estructura es baja.

Tabla 8**Recomendaciones para clasificación visual de madera para elemento estructural por Grietas.**

GRIETAS	
Reconocimiento	Separaciones discontinuas y superficiales de aproximadamente un milímetro de separación y 2 a 3 mm de profundidad. Producido en el secado.
Tolerancia	La suma de sus profundidades en ambos lados < 1/4 del espesor de la pieza

Fuente: (PADT-REPORT, 1984).

Para este proyecto se ha tomado en consideración que las piezas que presenten médula, escamadura, rajaduras, parénquima, aristas faltantes o incluso pudrición, serán excluidas de los materiales, mejorando así la calidad y desempeño del producto final.

**Figura 6:** Clasificación visual de la madera por Grietas.

2.4 Normativas y Códigos de Resistencia de materiales y Construcción.

Se cumplirá la Normativa Ecuatoriana en el diseño de estructuras y elementos de obra civil, por tanto, las normas y códigos de aplicación son:

- ◆ CEC2001 (Código Ecuatoriano de la Construcción)
- ◆ Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

Además, se han tomado como referencia los códigos internacionales:

- ◆ IRC – 2015, (International Residence Code)
- ◆ IBC – 2015, (International Building Code)
- ◆ ASCE – 05, (Cargas mínimas para el diseño de estructuras)
- ◆ ACI 318 – 15 (Normas de Concreto Estructural para Edificios).

2.5 Tratamientos de la Madera Estructural.

En el presente documento se resume una investigación de campo realizada en Carolina del Sur en Estados Unidos para conocer de manera breve el tratamiento actual para un elemento estructural de madera que será empleado en la construcción de casas, con alta exposición a la humedad continua del medio ambiente y la humedad del suelo, evitando la putrefacción temprana, descomposición.

Con la iniciativa de seleccionar un material adecuado para la construcción de casas de madera, se debe considerar el tratamiento previo de los mismos, así también el proceso de estabilización de la madera a su ambiente final en la construcción, Tratamientos como el secado o tratamientos a presión con químicos que aportan a las características de resistencia a la alta temperatura, transferencia de calor, humedad o incluso la resistencia al ataque de termitas son unas de las opciones que garantizan mayor durabilidad de la madera como material para la construcción.

El Ecuador, con un potencial desarrollo en la construcción de casas de madera, requiere un levantamiento de información actualizado y tecnológico del tratamiento óptimo de la madera, para garantizar un uso más eficiente de este material. Por esta razón se ha considerado un sector en Estados Unidos donde la construcción de casas considera a la madera como primera opción estructural. (Veit, 2015).

Pues la mayoría de las casas son construidas con postes y vigas de madera estructural, enmarcados de madera en las paredes y celosías para la cubierta. Así, el mercado en Carolina del Sur se orienta específicamente al consumo de ciertos elementos de construcción en madera, ya tratados para resistir temperatura y humedad extrema con un mínimo gasto en mantenimiento. En Carolina del Sur más del 70 por ciento de las construcciones comerciales puede ser construido con madera y seguir cumpliendo con el código local de construcción. (Veit, 2015).

La universidad de Clemson en Carolina del Sur desarrolla una extensión de estudio llamada Wood Utilization and Design Institute (WU+D), donde forestadores, arquitectos, ingenieros, constructores y los interesados en la industria de la construcción se juntan para generar avances en la basado en madera como material para competir con el uso de acero, concreto y otros materiales. Esto aclara la proyección de crecimiento en la construcción con madera.

VISITAS PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.

Con más de 27 años de experiencia y en respuesta a una creciente demanda de madera de calidad, resistente a la exposición del medio y variaciones extremas de temperatura, aparece United Wood Treated Co. Ubicada en el centro del bosque nacional Sumter y conectado a todo el estado de Carolina del Sur por autopistas arteriales para una asistencia inmediata con los productos, especialmente postes, pilas y troncos tratados a presión con Arseniato de Cobre Cromatado (CCA).

Como líder en el mercado residencial y más de 60 años de experiencia Cox Industries provee soluciones para mejorar la calidad de la

madera tratada, en especial para cubiertas, pisos, vallas y enmarcado. Sus productos aportan a los buenos resultados en el mantenimiento de casas y su eficiencia energética, además manteniendo un compromiso de compra de madera de pino de plantaciones bien administradas y certificadas para satisfacer el mercado y la sustentabilidad.

En la figura 7, en línea punteada se define el límite de Carolina del Sur, Se parte desde United Wood Treatment que provee de madera tratada en la zona norte del estado, a 90 millas hacia el sur esta Cox Wood Preserving que provee a la zona sur.

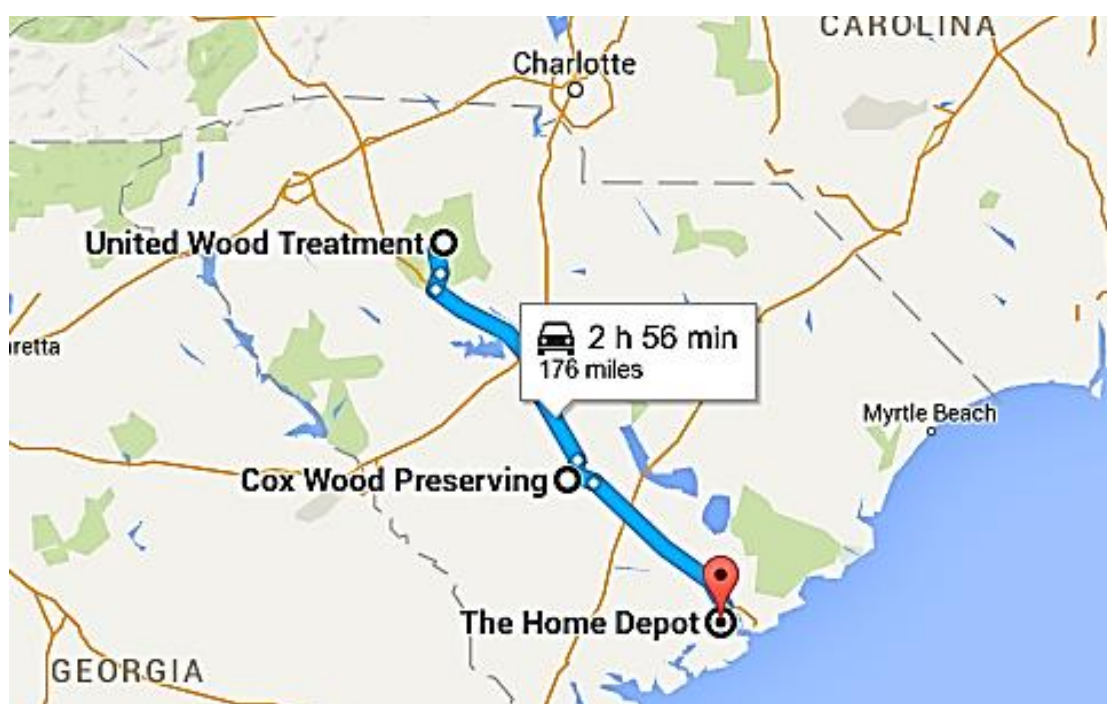


Figura 7: Ubicación y ruta de sitios para el levantamiento de información
(*Google-Maps, 2016*)

TRATAMIENTOS DE LA MADERA DESTINADA A CONSTRUCCIÓN

En el tratamiento de la madera se deben definir los requerimientos de durabilidad que son necesarios, sólo en caso de que no se puedan utilizar las especies adecuadas a la durabilidad exigida, se debe realizar el tratamiento que corresponda. Recordemos que desde siempre la madera ha sido considerada como un material importante, tanto en componentes de

terminación, como elemento estructural. Desde este punto de vista, la protección de la madera frente a agentes destructores adquiere vital relevancia al momento del diseño. (CORMA, 2011).



Figura 8: Madera tratada a presión con preservantes utilizada como parantes de paredes exteriores.

Dentro de la amplia gama de tecnologías de que dispone el constructor moderno se resalta que la eficiencia tiene relación con la facilidad con que un maestro capacitado puede realizar su trabajo, considerando además, que se requerirá menos cantidad de mano de obra de

apoyo, por lo mismo, que esto produce un menor gasto en mano de obra en general, por lo tanto generando economía en el proceso constructivo, destacándose estos por mejorar básicamente la eficiencia, seguridad y estética de la construcción con estructura en madera. (CORMA, 2011).



Figura 9: Madera tratada a presión con preservantes utilizada como estructura de un balcón exterior.

Toda madera en contacto con el suelo, embebida en concreto, o expuesta a la intemperie, que permanente soportan las estructuras para uso humano, debe tener un adecuado tratamiento de preservante a presión de la madera para uso en contacto con el suelo, excepto si la madera no tratada es usada completamente bajo el nivel de agua subterránea o es continuamente sumergida en agua fresca no requiere ser tratada con preservantes a presión. (IRC01, 2015).

Los maderos y contrachapados de madera también requieren ser tratados con preservantes a presión y llevar la marca de calidad de una agencia de inspección aprobada, que mantenga continuamente supervisión,

probando e inspeccionando sobre la calidad del producto y que haya sido aprobado por un cuerpo de acreditación que abarque los requerimientos del American Lumber Estándar Committee treated wood program. (IRC02, 2015).

TRATAMIENTO A PRESIÓN (COX & United Wood Treatment Co.)

Para los tratamientos se aplican varias opciones, entre las más destacadas es la aplicación de Arsénico Inorgánico, o se utiliza también Pentaclorofenol, y el más común es el que se utiliza es el Arseniato de cobre cromatado (CCA). Esta madera que ha sido tratada a presión con una de estas opciones de pesticida registrado por una agencia de protección ambiental (EPA por sus siglas en inglés), conteniendo los componentes para protegerlo del ataque de las termitas y la descomposición, debe ser usada solo cuando tal protección es importante o necesaria.



Figura 10: Horno de secado de la madera
(Fuente: COX Industries y United Wood Treatment Co.)

Estos componentes penetran profundamente y se mantiene en la madera tratada a presión por mucho tiempo. Sin embargo, algunos químicos pueden migrar desde la madera tratada al suelo alrededor con el tiempo, y pueden ser disueltos desde la superficie de la madera con la piel, lo que puede presentar cierto riesgo.

Todos los procesos comienzan con la preparación, corte y clasificación de cada tronco, en este paso se elimina todas las ramas y una capa de hasta 1" de espesor de la corteza para retirar los restos de las mismas. Seguido de esto se clasifica según especie y diámetro en contenedores que están posicionados sobre rieles y direccionados hacia los hornos de secado.



Figura 11: Clasificación de la Madera.

(Fuente: COX Industries).

El secado de la madera en hornos genera un aumento directo en la resistencia del elemento y en su durabilidad, por esta razón es un paso indispensable para todo elemento. Se destaca que cada especie requiere ser secada a diferente temperatura y a diferente velocidad una de otra para producir los mejores resultados. La temperatura de secado oscila

entre 110°F-170°F al inicio y terminan con temperaturas entre (150°F - 200°F). El horno recibe y expulsa el agua extraída de las piezas para que no entre en contacto de nuevo.



Figura 12: Hornos de presión para tratamiento de madera.
(Fuente: COX Industries y United Wood Treatment Co.)

Después del secado tiene la capacidad de absolver todo tipo de humedad, incluso la ambiental y así modificad de nuevo sus características. Luego de secado debe ser almacenado y protegido aislándolo de cualquier forma de humedad o debe pasar al siguiente proceso de preservación.

Debido a que no es suficiente con haberlos mejorado cuando existen agentes que lo pueden modificar como la humedad ambiental, insectos y otros animales, aparecen técnicas de protección y preservación para que no absorba humedad del sitio final de colocación. Los elementos pasan a un proceso de aplicación de pesticidas a presión, que le quitan en un porcentaje la capacidad de absorber humedad y al mismo tiempo lo protejan del ataque de insectos.



Figura 13: Diferencia visible de la madera tratada a presión.

(Fuente: COX Industries y United Wood Treatment Co.)

La madera tratada se coloca en paredes exteriores o en paredes de posible exposición a la humedad en un caso inesperado o falla de otro material. Asumiendo un fallo en el drenaje de la casa o incluso una fuga interior de agua los elementos que puedan quedar expuestos a este tipo de humedad se recomienda utilizar madera que presenta una mejor resistencia a estos factores. La madera tratada a presión es secada previamente y luego colocada en los tangues de presión introduciendo los compuestos químicos, haciendo de esta manera que los elementos pierdan su capacidad natural de absorción de líquidos. Los compuestos químicos colocados en las fibras interiores de las piezas dan una coloración verde a la madera, de esta manera se la puede reconocer fácilmente al momento de seleccionar la pieza para ser utilizada como elemento estructural en la posición correcta.

Para los parantes principales que se encuentran junto a las tuberías se puede colocar madera tratada, en cuanto a los corta pandeos entre estos parantes y los parantes que no estarían expuestos a humedad en un caso de fuga de agua se puede colocar elementos no tratados, de esta manera se facilita la reparación inmediata de cualquier parte de la casa en la zona afectada por la fuga sin tener que reemplazar elementos principales. (Ver figura 14)

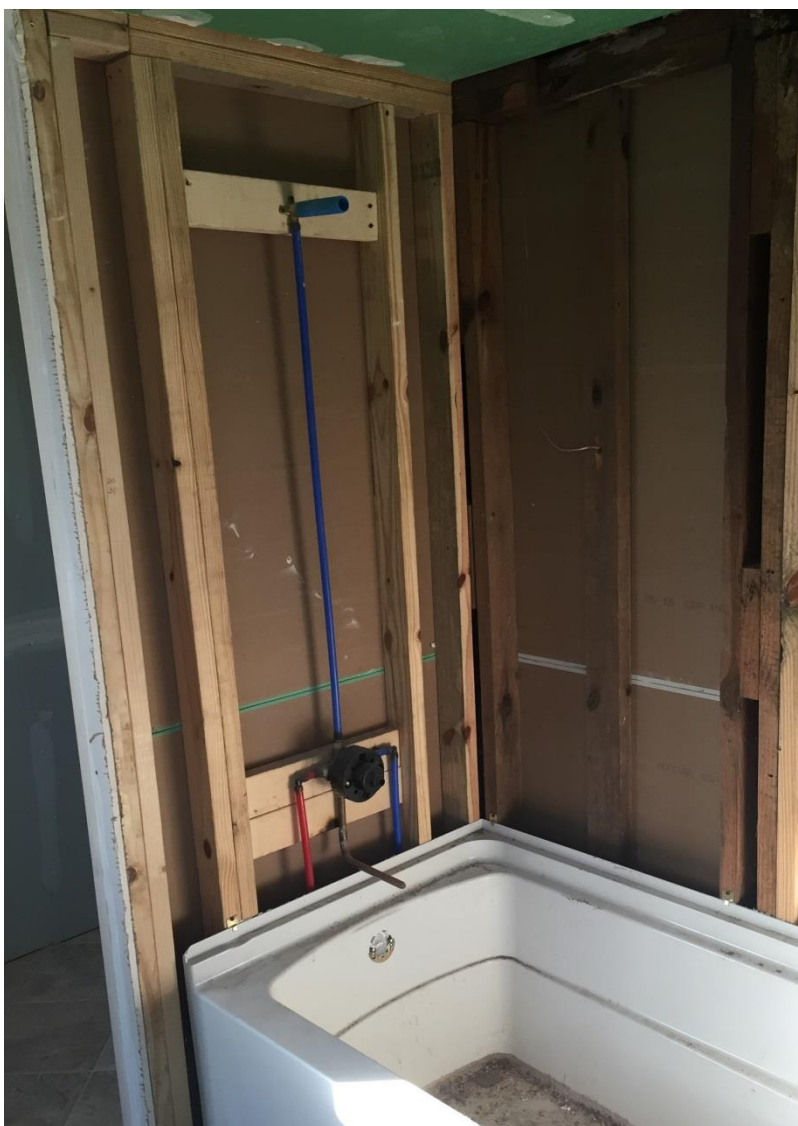


Figura 14: parantes de madera tratada y corta pandeos de madera no tratada en zona de tuberías.

Además del buen diseño estructural que se pueda plantear, la buena selección de los materiales es muy importante para que los diseños y la situación real de la estructura sean comparables. Una forma de asegurarse de que el material es adecuado es localizar un proveedor calificado, con experiencia, que tenga constantes inspecciones en sus productos, y que además clasifique la madera para que el comprador pueda tener la seguridad de que con una simple clasificación visual se puede colocar el material directamente en la estructura. Usualmente estos productos llevan una certificación y sellos correspondientes, (Ver figura 15).



Figura 15: Etiquetado de la empresa que certifica la calidad.
(Fuente: COX Industries y United Wood Treatment Co.)

2.6 Requerimientos mínimos de la madera de construcción

En busca del mejor desempeño estructural se debe tomar en cuenta que escoger un proveedor calificado que tenga permanentemente frecuentes chequeos de sus productos es de suma importancia para asegurarnos de que el material utilizado es resistente en la medida necesaria y en caso de eventos extraordinarios que sometan a la estructura a sobreesfuerzos.

Además, la inspección y clasificación visual al momento de pedir las piezas de madera como se muestra en este capítulo excluye elementos que posteriormente sean motivos de asentamientos, cuarteaduras, fisuras, bajo rendimiento o incluso falla estructural. Además las dimensiones nominales no deben diferir en mayor medida con las equivalentes comerciales y en especial con las dimensiones finales.

Otra forma de clasificación es la de analizar previamente una probeta de los elementos de madera del proveedor en laboratorios que nos permitan conocer el porcentaje de humedad de la madera al momento de entrega del proveedor, y la rigidez a los diferentes esfuerzos de corte, tracción, flexión y compresión.

El requisito más importante es la estabilización de la madera en el sitio de colocación final de los materiales, esto permite que la madera no tratada a presión adquiera la humedad y temperatura del ambiente mejorando sus características de rigidez y durabilidad. Cave recalcar que al almacenar la madera en el sitio final de construcción de la casa, se debe evitar que la lluvia o zonas muy húmedas afecten este proceso.

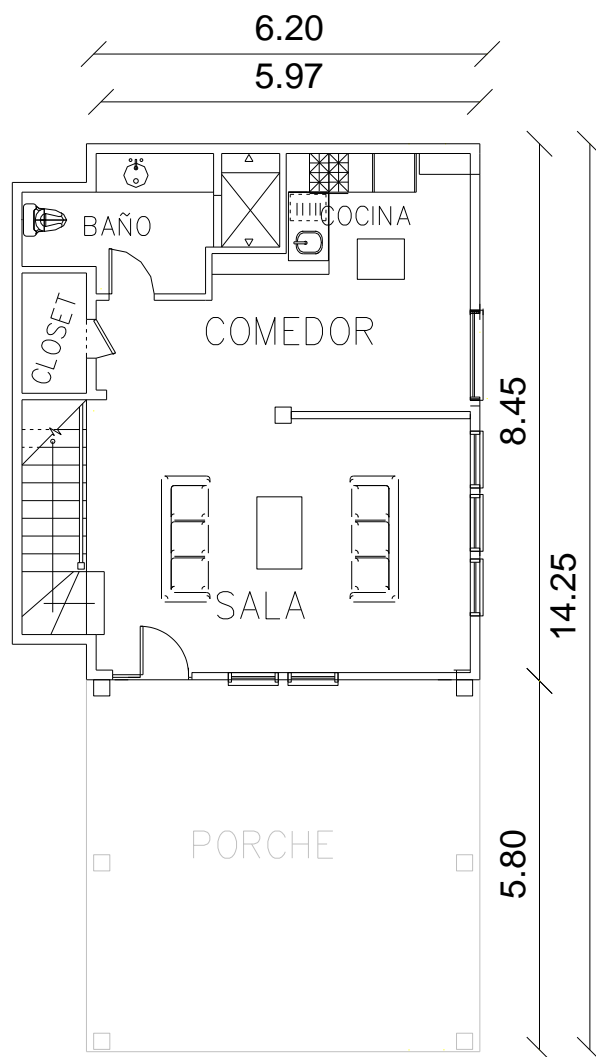
CAPITULO**3****DISEÑO DE LA CASA MODELO DE MADERA****3.1 Diseño geométrico y dimensionamiento de la estructura**

Figura 16: planta del primer nivel.

Para el diseño estructural se parte de los planos arquitectónicos de un diseño común de la ciudad de Charleston en Carolina del Sur, Estados Unidos y así exponer una idea más cercana al modelo de casas americanas.

Por esta razón se plantea como un modelo que únicamente se lo puede hacer de uso educativo y como iniciativa para generar nuevos diseños basados en este proyecto. La casa modelo cuenta con características importantes a nivel estructural y que además aportan a una mayor durabilidad.

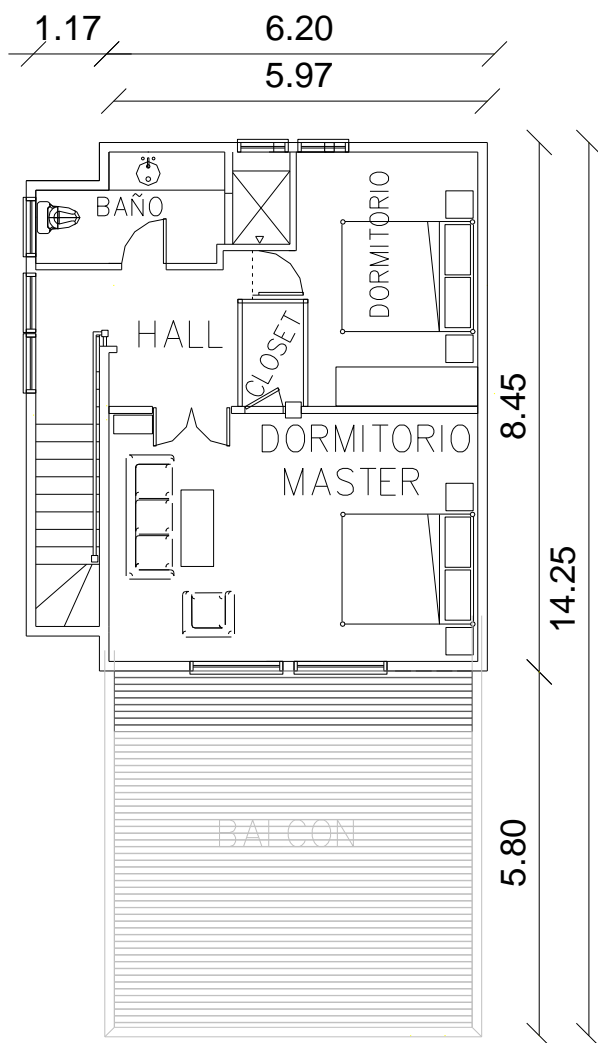


Figura 17: planta del segundo nivel.

Partiendo desde el diseño de los elementos que resistirán las solicitaciones hasta unas recomendaciones para las conexiones para asegurar la estabilidad de la casa modelo. El diseño se asume sobre un apoyo donde la madera no tiene contacto con el suelo, y se considera un

modelo de luces considerablemente cortas con un techado que garantiza la seguridad de la estructura ante exigencias de viento, lluvia, insolación y control térmico al interior.

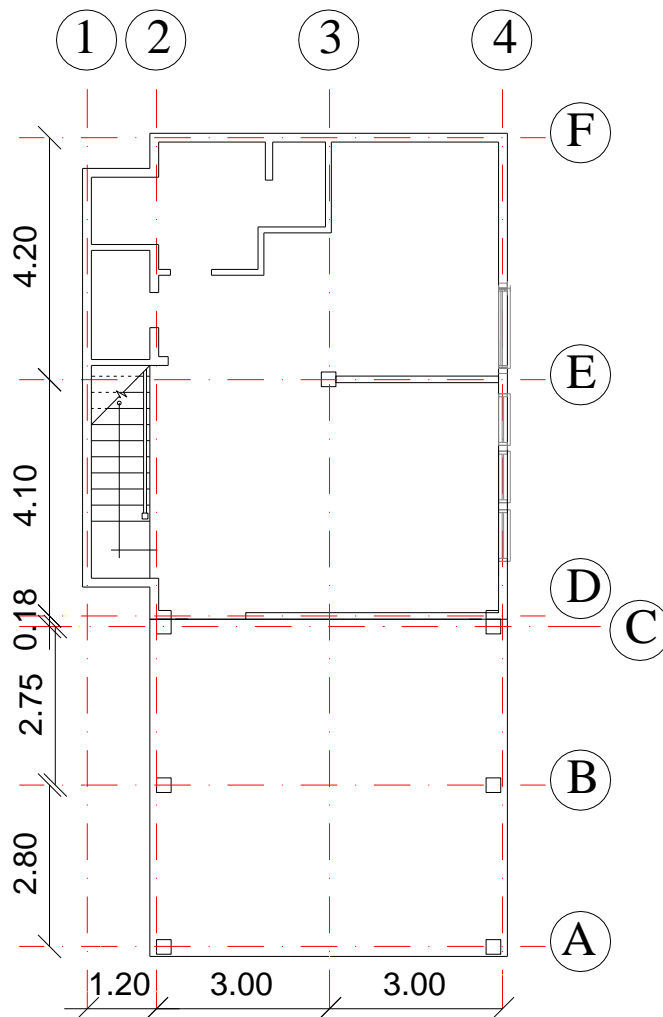


Figura 18: Ejes en planta de primer nivel.

Se plantean los ejes que descargan las fuerzas que afectan a la estructura. En la figura 18 se tiene un esquema de los ejes que se considerarán en el análisis de la estructura completa. Además, en la figura 17 se define los pórticos para cada eje del modelo estructural.

El pórtico de los ejes A, B, C, pertenece al balcón o porche, que se asume como una estructura independiente de la casa y se encuentra separada por una junta y no se lo considera en el cálculo de este proyecto, para dar flexibilidad al constructor o proyectista de elegir las dimensiones de acuerdo al espacio y topografía del terreno. Los pórticos de ejes D, E y F dan forma a la estructura de la casa modelo.

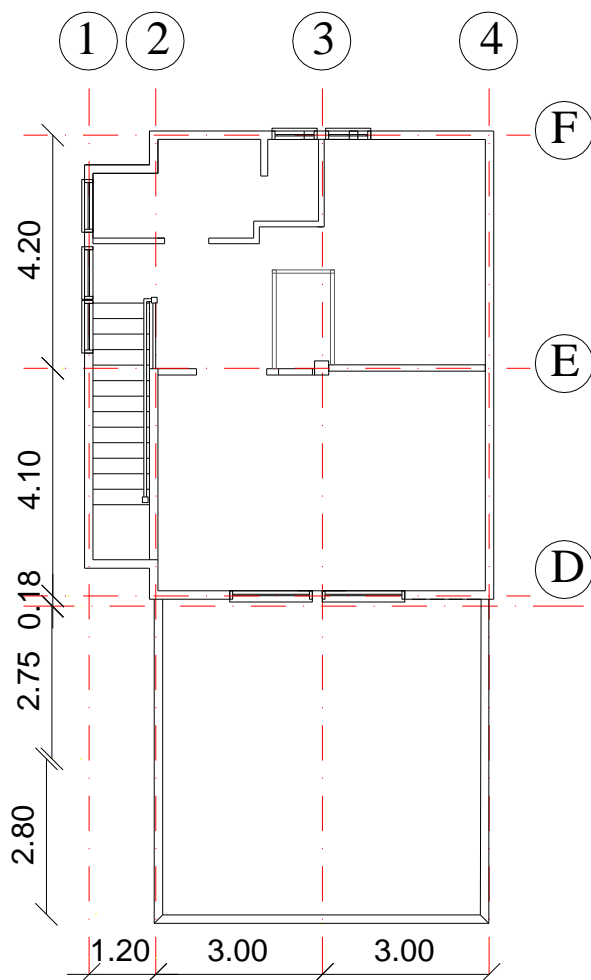


Figura 19: Ejes en planta de segundo nivel.



Figura 20: Elevación frontal.

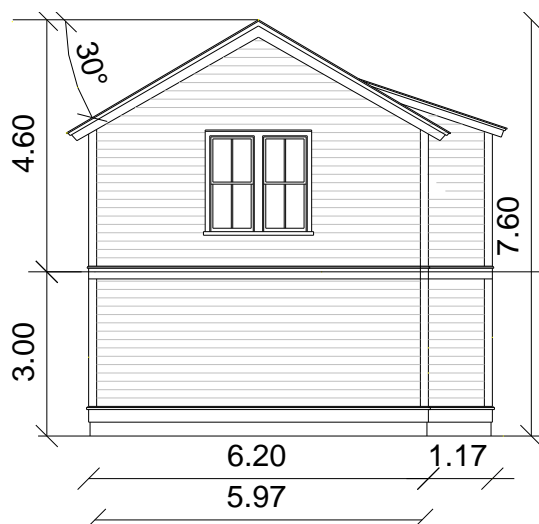


Figura 21: Elevación posterior de la casa modelo.

El pórtico del eje 1 se alinea junto al eje 2 generando una separación de 1.20 metros, generando luces cortas. Entre los pórticos 2, 3 y 4 se asume la misma separación. Por último el pórtico 3, es el eje donde se alinea la viga cumbrera en la cima, este eje se analizará detalladamente ya que representa el eje de mayor exigencia estructural por la concentración de cargas con un ancho cooperante mayor al de los demás pórticos paralelos.

Adicionalmente se reconoce que algunas paredes interiores del segundo piso se soportan en paredes de la misma forma en el piso inferior, aportando a la estructura para transmitir directamente las cargas a la cimentación y luego al suelo. Es decir la forma del baño permanece para los dos pisos. Una vez establecida la estructura, es importante reconocer que los muros estructurales están asumidos en las paredes de la casa que no poseen ventanas para mantener el diseño arquitectónico intacto.

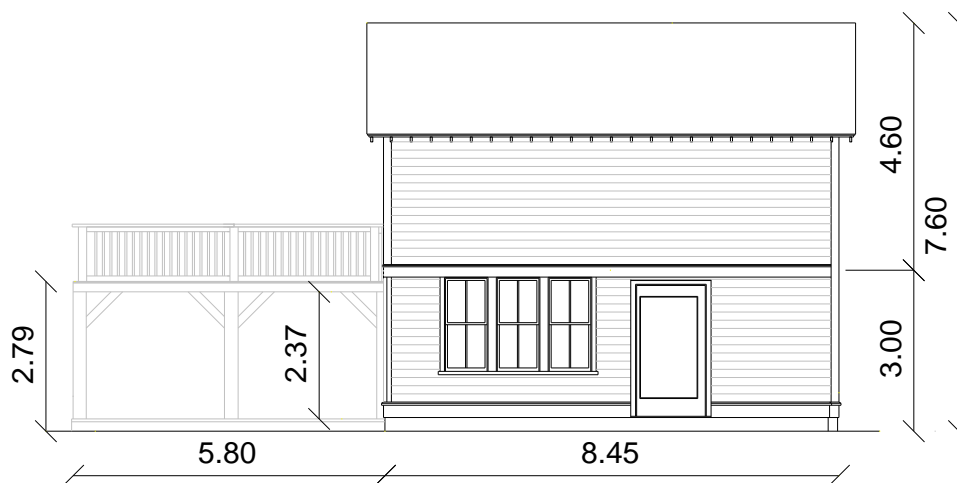


Figura 22: Elevación lateral derecha de la casa modelo.

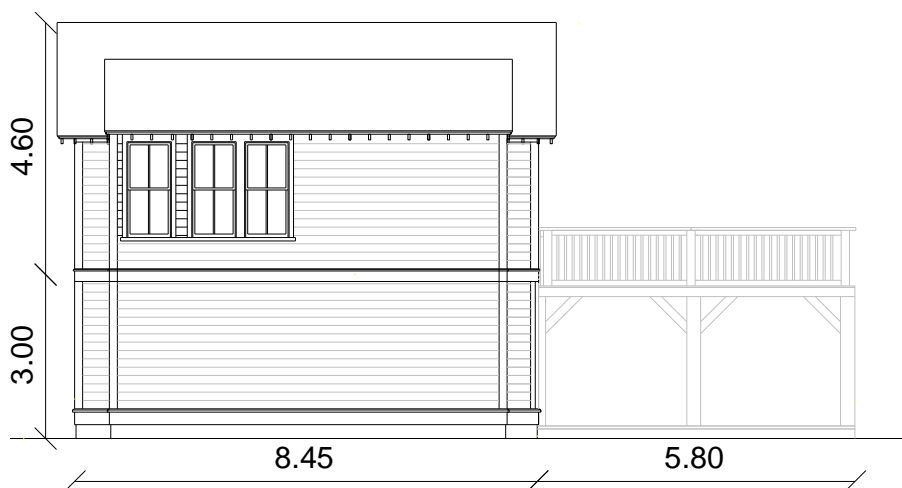


Figura 23: Elevación lateral izquierda de la casa modelo.

Se presenta un esquema de la estructura de la casa modelo, mostrando los pórticos asumidos anteriormente y exponiendo un despiece

de elementos para una mejor comprensión. Todos los elementos verticales corresponden a las columnas. Viguetas de techado y viguetas de piso tienen la misma orientación transmitiendo sus cargas a las Vigas Laterales y a las Vigas de Piso respectivamente.

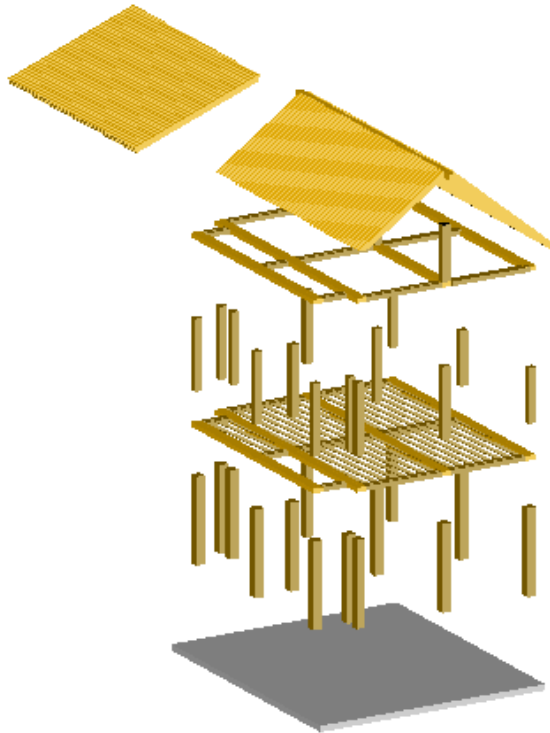


Figura 24: despiece de estructura.

En la misma orientación de las viguetas de techado están los conectores de Vigas que resisten las cargas laterales de sismo o fuerte viento.

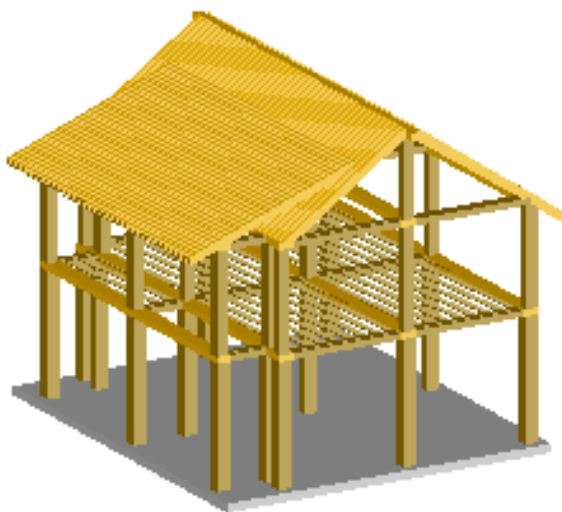


Figura 25: Esquema de la estructura sin paredes.

A continuación se presenta el resumen de pórticos en análisis de la estructura de la casa modelo para el sentido X, considerando una rigidez lateral representativa para soportar el pórtico en sentido lateral por diaconales conectadas que absorben las cargas transfiriéndolas a niveles inferiores hasta llegar a la cimentación.

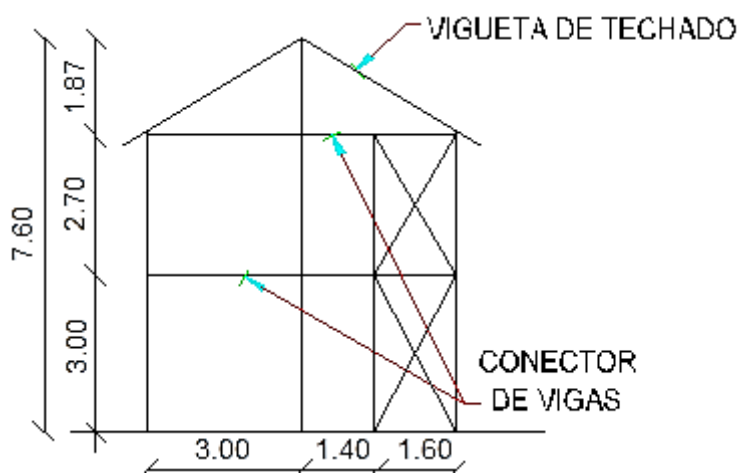


Figura 26: Pórticos ejes A, B y C.

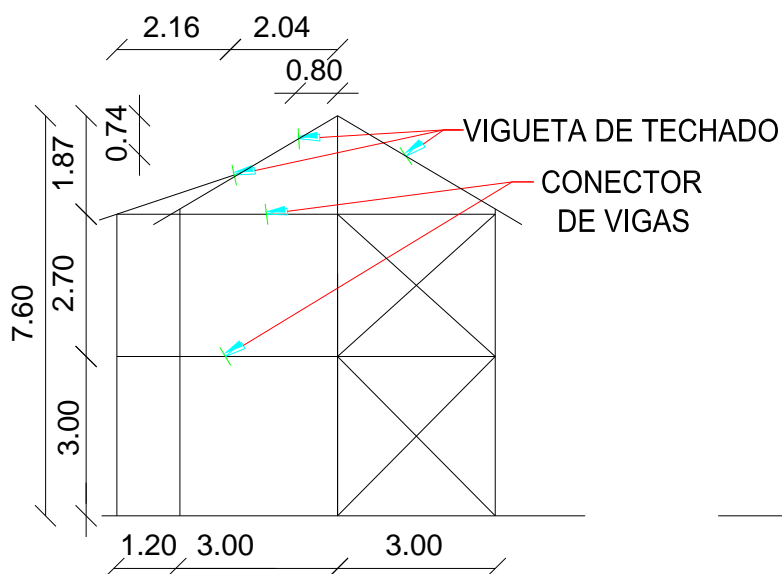


Figura 27: Pórticos ejes A, B y C.

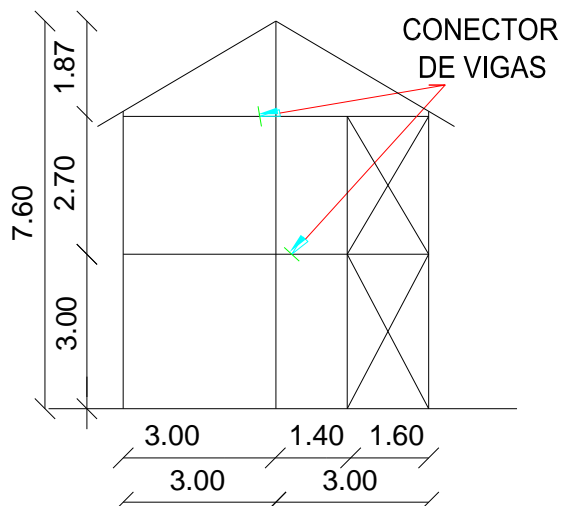


Figura 28: Pórticos ejes F.

A continuación se presenta el resumen de pórticos en análisis de la estructura de la casa modelo para el sentido Y, considerando una rigidez lateral representativa para soportar el pórtico en sentido lateral por diaconales conectadas que absorben las cargas transfiriéndolas a niveles inferiores hasta llegar a la cimentación.

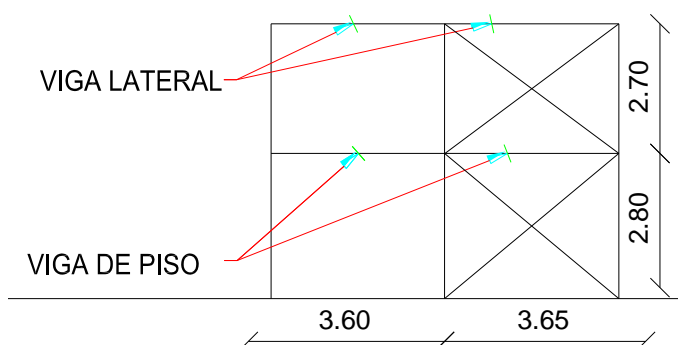


Figura 29: Pórticos ejes 1.

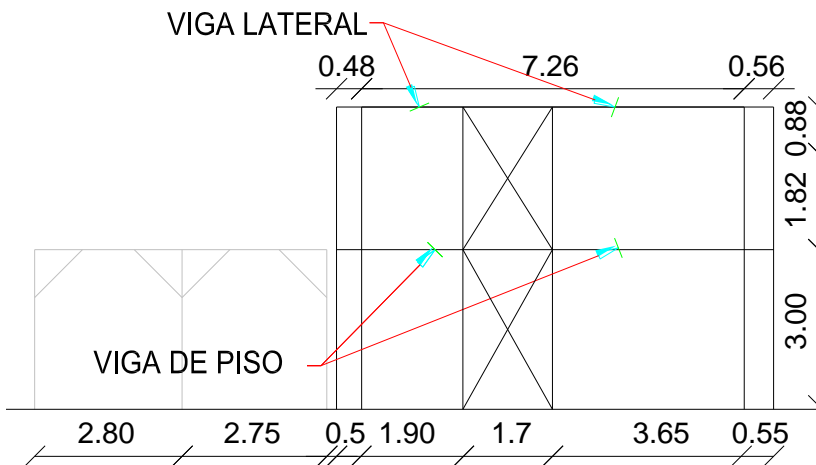


Figura 30: Pórticos ejes 2.

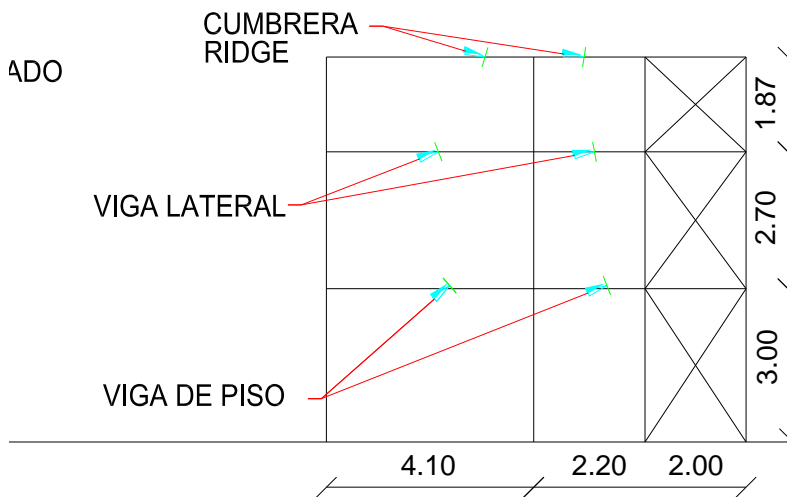


Figura 31: Pórticos ejes 3.

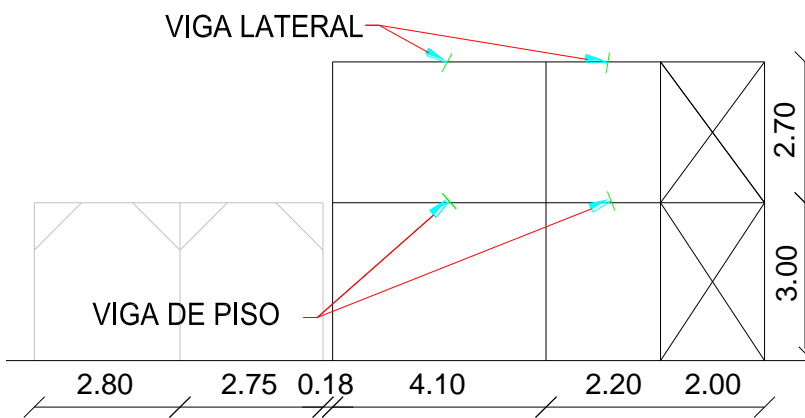


Figura 32: Pórticos ejes 4.

3.2 Verificación del cumplimiento de normas arquitectónicas básicas y reglamento del Distrito Metropolitano de Quito.

El Consejo Metropolitano de Quito, en el capítulo 4, de su Ordenanza 3477, describe las normas para edificaciones de vivienda, con el objeto de suministrar las especificaciones técnicas y constructivas de obligado cumplimiento para edificación de vivienda en el Distrito, a fin de preservar condiciones mínimas de habitabilidad, seguridad y confort para sus habitantes. De esta manera se comparan el diseño arquitectónico de la casa modelo con los requerimientos, asegurando que la casa modelo es adecuada para iniciar el procedimiento de cálculo estructurales.

DIMENSIONES ÚTILES MÍNIMAS DE LOS LOCALES

Tabla

9

Dimensiones Horizontales Mínimas en el Interior.

LOCAL	LADO MÍNIMO (m)	ÁREA ÚTIL MÍNIMA (m ²) 1, 2, 3 Dormitorios		
SALA – COMEDOR	2.70	13.00	13.00	16.00
COCINA	1.50	4.00	5.50	6.50
DORMITORIO 1	2.50	9.00	9.00	9.00
DORMITORIO 2	2.20		8.00	8.00
BAÑOS	1.20	2.50	2.50	7.00
ÁREA ÚTIL MÍNIMA	-----	28.50	38.00	49.00

Fuente: (Ordenanza 3477)

Tabla**10****Dimensiones Horizontales de la casa modelo (2 Dormitorios)**

LOCAL	LADO MÍNIMO (m)	ÁREA ÚTIL MÍNIMA (m ²)
SALA – COMEDOR	2.40	33
COCINA	1.80	9.70
DORMITORIO 1	3.40	12.80
DORMITORIO 2	3.80	22.70
BAÑOS	1.20	9.80
ÁREA ÚTIL MÍNIMA	-----	88.00

Comparando la tabla 9 y 10 se puede reconocer que la casa modelo cumple con la normativa de espacios y dimensionamiento mínimo para asumirla como un modelo para este proyecto.

ALTURA LIBRE INTERIOR

La altura mínima interior es 2.30 m., medida desde el piso terminado hasta la cara inferior del elemento constructivo más bajo del techo del local. Para la casa modelo la altura mínima es de 2.37 en la zona más baja del porche y la altura mínima útil del segundo piso es de 2.40m cumpliendo esta norma.

CARACTERÍSTICAS COMPLEMENTARIAS DE LOS LOCALES

Las áreas útiles de dormitorios incluyen el espacio para ropero, el mismo que si fuere empotrado, no será menor a 0.72 m². de superficie en dormitorio 1 y de 0.54m². En los dormitorios adicionales, siempre con un fondo mínimo de 0.60 m. Para la casa modelo el área de dormitorios incluye el ropero y por mucho superior al requerimiento con un área de 1.4m² para el ropero más pequeño cumpliendo esta norma.

PROFUNDIDAD EN LOCALES DE VIVIENDA

La profundidad de cualquier local no será mayor a la proporción 1:5 con relación a las dimensiones de la ventana, en donde 1 es la dimensión menor de la ventana y, 5 es la profundidad máxima del local. Para la casa modelo la proporción más extrema es la del dormitorio principal con una relación alrededor de 1:2 cumpliendo esta norma.

PUERTAS

Vano mínimo de puerta de ingreso a la vivienda: 0.96 x 2.10 m.

Vano mínimo de puertas interiores: 0.86 x 2.10 m.

Vano mínimo de puertas de baño: 0.76 x 2.10 m.

Para la casa modelo los vanos superan los mínimos en ancho y alto cumpliendo esta norma. Además para ventanas y puertas se especifica en planos el requerimiento necesario para asegurar la eficiencia energética de la casa y la resistencia necesaria para soportar fuertes vientos durante eventos extraordinarios.

NORMAS DE ESTRUCTURA

En caso de usar dispositivos especiales para alcanzar el aislamiento requerido, el proyectista y el constructor deberán probar la eficacia del sistema propuesto. Para la casa modelo se propone el uso de los materiales actualmente utilizados en una zona medianamente demandante de aislamiento de Estados Unidos, en Carolina del Sur, la investigación de campo realizada expresa la combinación de materiales que permiten garantizar el control térmico en el interior de la casa, cumpliendo esta norma.

CORREDORES O PASILLOS

Deben tener un ancho mínimo de 0.90 m. Para la casa modelo la zona más angosta está ubicada al inicio de las escaleras con 0.95m cumpliendo esta norma.

ESCALERAS

Las escaleras interiores tendrán un ancho libre mínimo de 0,90 m. incluidos pasamanos y se permitirán gradas compensadas y de caracol. En la casa modelo, las escaleras el ancho es 0.95m siendo aceptable. Al partir desde el diseño arquitectónico se debe verificar que cumple con requerimientos mínimos que le permitirán a la estructura ser funcional además de segura a través del cálculo.

3.3 Diseño estructural

El presente proyecto se enfoca en mostrar el proceso constructivo de la casa modelo, por esta razón, en este capítulo se muestra los cálculos de los elementos estructurales según la exigencia de resistencia.

3.3.1 Consideraciones de Diseño

En el análisis y diseño de las estructuras de madera deberán respetarse los principios básicos de la mecánica estructural. Se utilizarán procedimientos convencionales de análisis lineal y elástico. Los esfuerzos producidos por las cargas aplicadas serán calculados considerando el material como homogéneo, isotrópico y de comportamiento lineal, y con las hipótesis habituales de la teoría de vigas. En el diseño de estructuras de madera todos los cálculos se harán con base en las dimensiones reales de los elementos utilizados. (NEC-SE-MD, 2014).

El diseño de los elementos deberá hacerse para cargas de servicio o método de esfuerzos admisibles el mismo que debe ser mayor al esfuerzo estimado a aplicarse, expresando a detalle con procedimientos manuales de cálculo y selección de materiales comerciales (PADT-REFORT, 1984).

Con el fin de que las columnas conserven siempre su sección transversal no se aplican cortes profundos laterales para encajar las vigas, es decir, las vigas comparten caras con las columnas, sujetadas por pernos y rigidizadores. La estructura de la casa modelo posee una disposición de pórticos formados por vigas y columnas de madera como enmarcado

principal, así se diseñan los elementos estructurales según su exigencia en la estructura.

Para este proyecto se toma en cuenta el comportamiento del sismo tanto para acciones de tipo verticales como para acciones de tipo horizontales. Las cargas sísmicas se resumen de manera simplificada como agentes en cada nivel de los elementos horizontales, considerando las siguientes posibles modalidades de rotura.

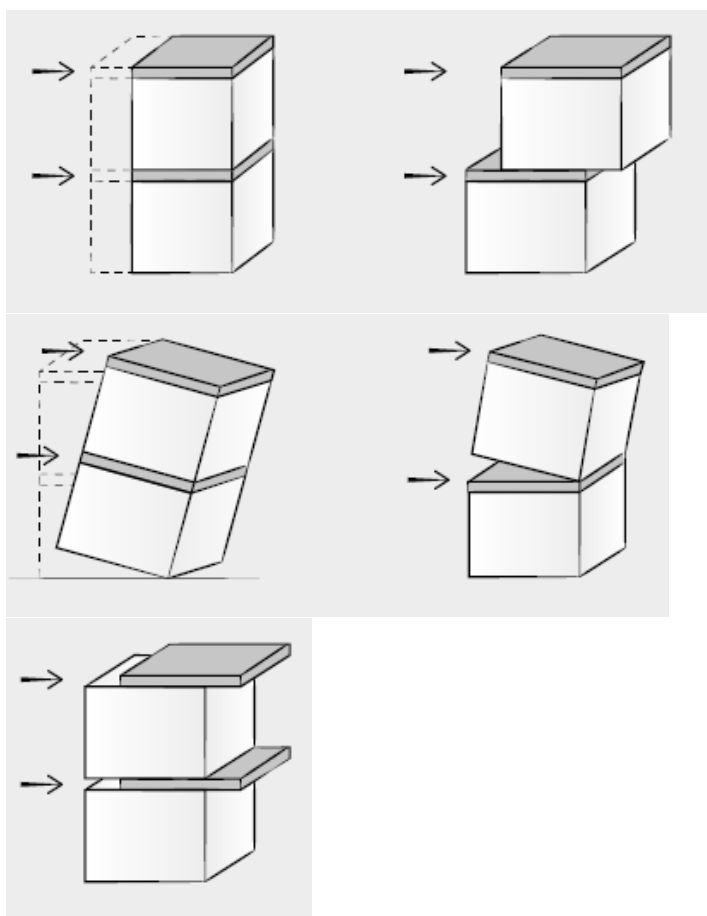


Figura 33: Tipos de rotura de la estructura.

(Fuente: Catálogo ROTHOBLAAS,
“Placas y Conectores para Madera”)

Las acciones horizontales generan en el interior de la casa Fuerzas de corte y de tracción importantes entre los elementos que conforman la estructura, estas Fuerzas de corte y tracción tendrán que ser absorbidas por conexiones adecuadas. Para el diseño estructural adecuado se hace una

valoración de la posible deformabilidad de la estructura. Y en función de ello se establece el tipo de junta para que resista de mejor manera las solicitaciones.

A continuación se presenta de manera esquemática el modelo de juntas que se asume para la conexión de viguetas a vigas, de vigas a columnas y se asume un empotramiento en las dos direcciones para la base que además resista la carga de compresión y corte en la base, como se muestra en la siguiente figura las juntas trabajan resistiendo únicamente cargas axiales y cortantes en los sentidos que se indica y la viga cumbreira se apoya sobre las columnas.

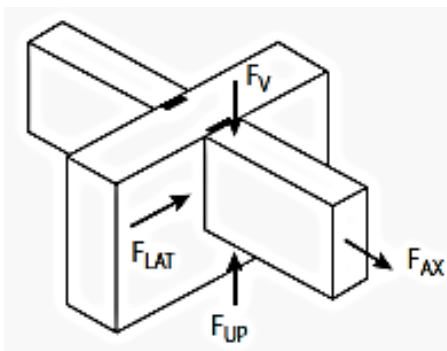


Figura 34: Conexión entre vigas.

(Fuente: Catálogo ROTHOBLAAS, “Placas y Conectores para Madera”)

Para que la estructura trabaje en conjunto con todos sus elementos se recomienda colocar refuerzos a corte y tracción como placas angulares, placas perforadas y tornillos auto perforadores. Estas conexiones se las puede encontrar en el catálogo ROTHOBLAAS, “Placas y Conectores para Madera” que provee de este tipo de juntas para estructuras sismo-resistentes en Ecuador. Todas las conexiones deben sujetar paredes, cimiento y techo como se muestra en el capítulo siguiente.

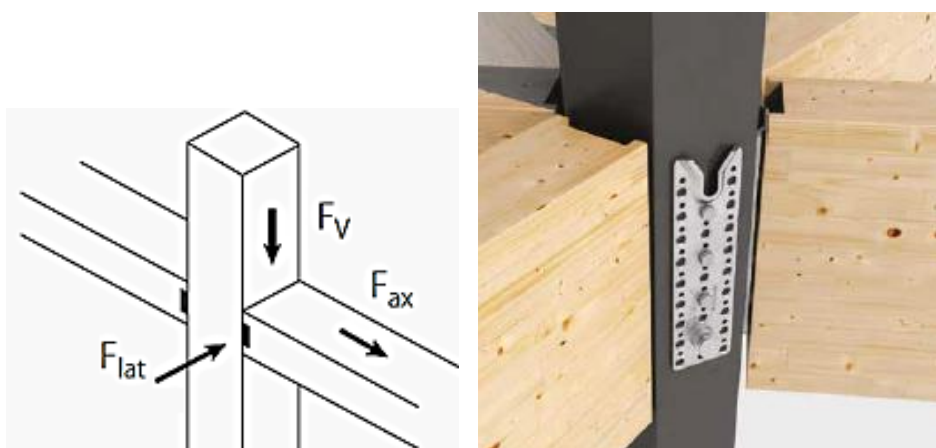


Figura 35: Conexión entre viga y columna.

(Fuente: Catálogo ROTHOBLAAS, “Placas y Conectores para Madera”)

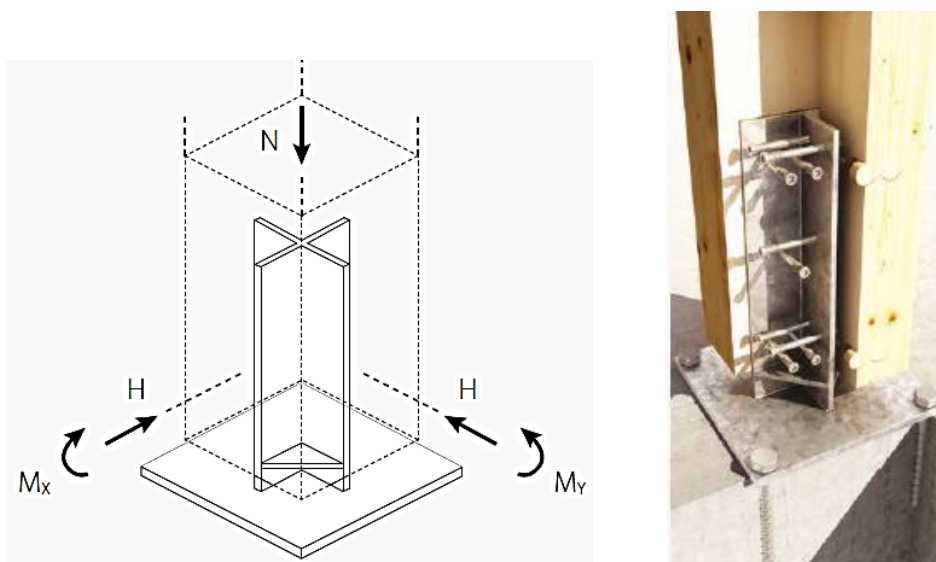


Figura 36: Conexión de columna a la cimentación.

(Fuente: Catálogo ROTHOBLAAS, “Placas y Conectores para Madera”)

El tipo de conexión debe ser expresado en la modelación de los pórticos que resistirán las cargas laterales, es decir, el modelo debe llevar el tipo de juntas planificado para asumir de mejor manera los esfuerzos que se aplicarían a las juntas ya que el tipo de conexión debe resistir esfuerzos provocados por dichas fuerzas laterales.

a) Cálculo de elementos a Flexión

- ◆ Deflexiones máximas:

Tabla **11**

Casos para el cálculo de deflexiones máximas.

Carga Actuante		Con Cielo Razo de yeso	Sin Cielo Razo de yeso
Cargas Permanentes	+	L/300	L/250
Sobrecarga		L/350	L/350

Fuente: (PADT-REFORT, 1984).

La casa modelo tiene cobertura interior con láminas de yeso como cielo raso, en este caso este material puede ser afectado por las deflexiones, se considera el diseño con los datos señalados de la tabla 11.

- ◆ Módulo de elasticidad:

Tabla **12**

Módulo de elasticidad de grupos de madera.

	GRUPO A		GRUPO B		GRUPO C	
	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²
E min	9.500	95.000	75.00	75.000	5.500	55.000
E Prom	1.3000	130.000	10.000	100.000	9.000	90.000

Fuente: (PADT-REFORT, 1984).

Debido a que el agrupamiento de maderas obedece solamente a un ordenamiento a base de la resistencia y no implica ventaja de un grupo respecto del otro, se asume para el cálculo maderas del grupo B. Es importante recalcar que a pesar del cálculo, si el constructor utiliza maderas de características favorables a la resistencia es aceptable.

♦ Requisitos de Resistencia:

El momento flexionante producido por la aplicación de cargas en una viga, genera un momento resistente en el interior de la dicha viga. Para el diseño de una viga se asume una sección transversal de forma, área y material, que sea capaz de producir un momento resistente igual o mayor al momento flexionante máximo.

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde para piezas rectangulares:

“I”: Inercia: $I = \frac{bh^3}{12}$ **Ecuación 2**

“y”: Distancia del eje neutro a cualquier fibra de la sección; si se refiere a la fibra más lejana al eje neutro se lo llama “c”; $c=h/2$.

Entonces el Esfuerzo de la Fibra extrema es:

$$\sigma_f = \frac{6 \cdot M_{\max}}{b \cdot h^2} \quad \text{Ecuación 3}$$

Tabla

13

Esfuerzo máximo admisible en flexión (f_m).

Grupo B	MPa	Kg/cm ²
	15	150

Fuente: (PADT-REFORT, 1984).

Para verificar que el esfuerzo cortante no supere el máximo admisible se analiza la zona del apoyo, a una distancia similar a la de la altura de la viga desde la cara de la columna donde el cortante es mayor.

$$S = \left(b \times \frac{h}{2} \right) \times \frac{h}{4} = \frac{b \cdot h^2}{8}$$

Ecuación 4

Donde “S” es el momento elástico con respecto al eje neutro del área de la sección transversal, y “V” la fuerza cortante vertical en la sección.

$$\tau = \frac{V \cdot S}{I \cdot b} \quad \rightarrow \quad \tau = \frac{3}{2} \times \frac{V}{bh} < f_v$$

Ecuación 5**Tabla****14****Esfuerzo máximo admisible en corte paralelo a las fibras (f_v).**

Grupo B	MPa	Kg/cm²
	1.2	12

Fuente: (PADT-REFORT, 1984).

b) Cálculo de Elementos a Compresión

- ♦ Longitud Efectiva (L_{ef}):







Para el diseño de elementos sometidos a compresión se debe tomar en cuenta la longitud efectiva, que es la longitud teórica de una columna equivalente con articulaciones en sus extremos. Se obtiene multiplicando la longitud no arriostrada por un factor de longitud efectiva “k” que considera las restricciones de los apoyos.

El Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino recomienda nunca asumir la longitud efectiva menor que la longitud real no arriostrada, es decir, aun cuando el factor $k < 1$, se debe asumir como mínimo $k = 1$, debido al grado de incertidumbre de restricción al giro que las uniones puedan proporcionar.

Tabla

15

Condiciones de Apoyo para la rigidez y longitud efectiva.

Condición de apoyos	K	L ef	Esquema
Articulado en ambos Extremos	1	L	
Empotrado en un extremo (prevención del desplazamiento y rotación) y el otro impedido de rotar pero libre de desplazamiento	1.2	1.2L	
Empotrado en un extremo y el otro parcialmente impedido de rotar pero libre de desplazarse.	1.5	1.5L	
Empotrado en un extremo y libre en el otro extremo	2.0	2.0L	
Articulado en el un extremo y el otro impedido de rotar y libre de desplazarse	2.0	2.0L	
Articulado en un extremo y libre en el otro extremo	∞	∞	

Fuente: (PADT-REFORT, 1984).

♦ Esbeltez:

Relación entre la longitud efectiva y la dimensión menor de la columna. Si una relación de esbeltez supera el valor de 50, el elemento no debe ser utilizado como columna.

$$\lambda = \frac{L_{ef}}{d}$$

Ecuación 6

Para clasificar las columnas se considera la propuesta del Manual para Diseño de Maderas del Grupo Andino, según los valores de λ se caracteriza en columnas cortas, intermedias, y largas:

Columnas Cortas	$\lambda < 10$
Columnas Intermedias	$10 < \lambda < C_k$
Columnas largas	$C_k < \lambda < 50$

Los valores de C_k se obtienen de la siguiente formula que complementa la propuesta de dicho manual:

$$C_k = 0.7025(E/f_c)^{-0.5}$$

Ecuación 7

Tabla

16

Relación de esbeltez límite entre columnas intermedias y largas (C_k)

Grupo B	Columnas	Entramados
	18.34	20.20

Fuente: (PADT-REFORT, 1984).

♦ Esfuerzo admisible y Módulo de elasticidad:

Tabla **17**
Esfuerzo máximo admisible a compresión (f_c). Grupo B.

Grupo B	MPa	Kg/cm2
	11	110

Fuente: (PADT-REFORT, 1984).

Tabla **18**
Módulo de elasticidad y Grupo de viga en análisis.

	GRUPO B		
	MPa	GPa	Kg/cm2
E mínimo	7 500	7.5	75 000
E Promedio	10 000	10	100 000

Fuente: (PADT-REFORT, 1984).

- ♦ Carga admisible y Carga solicitante:

Reconocida la columna en una de las siguientes categorías, donde "A" es el área de la sección transversal de la columna y "E" el módulo de elasticidad se calcula la carga admisible para la columna.

Columnas Cortas:

$$N_{adm} = f_c \cdot A \quad \text{Ecuación 8}$$

Columnas Intermedias:

$$N_{adm} = f_c \cdot A \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right] \quad \text{Ecuación 9}$$

Columnas largas:

$$N_{adm} = 0.329 \cdot \frac{E \cdot A}{\lambda^2} \quad \text{Ecuación 10}$$

3.3.2 Materiales a utilizarse

Se hace referencia a los productos en el “Catálogo de productos maderables y empresas certificadas en el Ecuador, apoyo a las compras públicas responsables.” Publicado por Forest Stewardship Council (FSC en Ecuador), CEFOVE. Así para tableros contrachapados de madera menciona a Endesa Botrosa. De donde se considera el tablero contrachapado corriente de 18mm para pisos y techos y de 12 mm para recubrimiento exterior de paredes.

En el capítulo 5 de este proyecto se presenta una recopilación detallada de información sobre los proveedores en Ecuador, para este capítulo se diseña de la casa modelo conociendo que los productos que oferta el mercado es a la medida solicitada sin costos adicionales, asumiendo que el proveedor tiene productos bien normados y estandarizados en el mercado. Además este proyecto permite conocer de manera detallada el diseño de un elemento para la adaptación a los demás mercados con diferentes dimensiones.

3.3.3 Análisis del techado

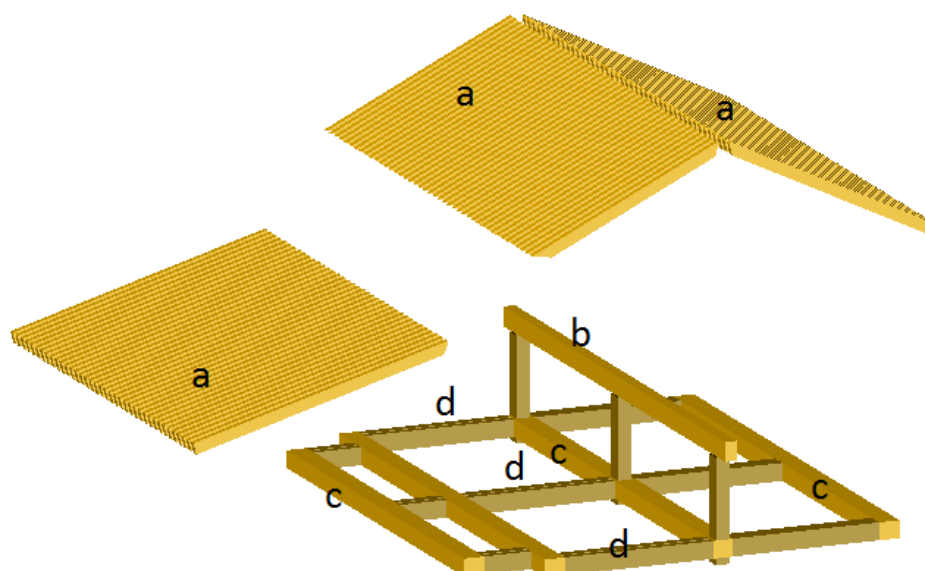


Figura 37: a) Vigueta de techado, b) Viga de cresta o cumbrera, c) Viga lateral, d) Conector de viga.

a) Diseño de Vigueta de techado (Rafter):

Cara Muerta asumida (CM):

Teja asfáltica:	9.8 Kg/m ²
Tablero aglomerado:	11.7 Kg/m ²
Insolación:	5.4 Kg/m ²
Tableros de Yeso:	9.8 Kg/m ²
Instalaciones de iluminación:	6.8 Kg/m ²

Se conoce que el proveedor entrega madera aserrada de acuerdo al pedido sin costo adicional y, por esta razón se asume el diseño con una sección de 5x20 cm la cual está incluida en sus medidas comerciales, a una separación de 40 cm:

Peso propio: 0.05x0.20x1100/0.40	= 27.5 Kg/m ²
Total de CM:	= 71.0 Kg/m ² ,

Para distribuir el peso a cada vigueta de techado separada una de otra a 40 cm, entonces:

$$\mathbf{CM} = 71.0 \text{ Kg/m}^2 \times 0.4 \text{ m} = 28.4 \text{ Kg/m}$$

Carga Viva (CV): Cubiertas planas inclinadas y curvas 100 Kg/m².
(NEC-SE-CG, 2015). Para una separación de viguetas de 40 cm:

$$\mathbf{CV} = 100 \text{ Kg/m}^2 \times 0.4 \text{ m} = 40.0 \text{ Kg/m}$$

Presión del Viento: Para una velocidad promedio asumida por la norma ecuatoriana de la Construcción de 21m/s, Densidad del aire de 1,25kg/m³, coeficiente de entorno asumido 1.1 para edificaciones aisladas y coeficiente de forma 0.60 para barlovento en superficies inclinadas entre 15 y 60 grados. (NEC-SE-CG, 3.2.4.).

Luego se distribuye la carga para las viguetas de techado a cada 40 cm.

$$P = \frac{1}{2} (1,25)(21)(1.1)(0.60)$$

$$P = 8,663 \text{ N/m}^2$$

$$P = 0.884 \text{ Kg/m}^2$$

Se obtiene la carga de viento aplicada a cada vigueta de techado que esta separada por 40cm una de otra:

$$P = 0.884 \text{ Kg/m}^2 \times 0.4 \text{ m} = 0,353 \text{ Kg/m}$$

Combinaciones de Diseño: La tendencia del diseño estructural es hacia el diseño en resistencia última, sin embargo la limitada información que se dispone en relación a estructuras construidas con maderas tropicales hace inaplicable el diseño en condiciones límites, por esta razón se diseña la estructura por el método de esfuerzos admisibles. La carga que se asume para el diseño de la vigueta de techado es:

$$W = CM + CV + P \quad \textbf{Ecuación 11}$$

$$W = 28.4 \text{ Kg/m} + 40.0 \text{ Kg/m} + 0.353 \text{ Kg/m}$$

$$W = 68.74 \text{ Kg/m}$$

Entonces:

$$\sum M_A = W(3.46\text{m})(3.46/2\text{m}) - R_B(3\text{m}) = 0$$

Luego se obtiene las reacciones de los apoyos:

$$R_B = 137.00 \text{ Kgf}$$

$$R_A = W(3.46\text{m}) - R_B$$

$$R_A = 100.678 \text{ Kgf}$$

RA y RB: Se utilizan como datos para otros elementos que reciben su carga como carga puntual, que a su vez se distribuyen a una separación igual a la de las viguetas de techado. La reacción hacia la cumbrera se analiza en el diseño de la viga cumbrera.

Se obtiene la componente axial (W_x) y la componente tangencial (W_y) de la carga W :

$$W_x = W \sin 30$$

$$W_x = 34.36 \text{ Kg/m}$$

$$W_y = WD$$

$$W_y = W \cos 30$$

$$W_y = 59.5 \text{ Kg/m}$$

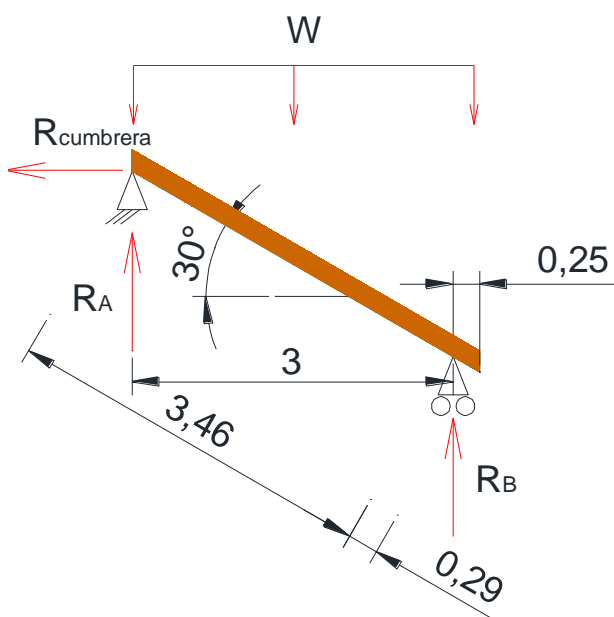


Figura 38: Geometría de Vigueta de techado

La combinación de flexión y tracción genera dos componentes, Las especificaciones LRFD recomiendan las siguientes ecuaciones para el diseño de elementos sometidos a este tipo de combinación. Se asume de manera simplificada al punto crítico en la mitad del vano del elemento.

Esfuerzo axial:

$$\sigma = \frac{(W_x)_x(3.75m)}{(0.05m)(0.15m)}$$

$$\sigma = 16950.93 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma = 166232.7 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma = 0.17\text{MPa}$$

En el punto crítico asumido:

$$\sigma_{\text{TRACCION}} = 0.17/2 = 0.085$$

Esfuerzo de flexión:

$$\sum M_1 = W_D(3.75m)(3.75/2m) - R_2(3.46m) = 0$$

$$R_2 = 120.91 \text{ Kg}$$

Entonces:

$$R_1 = W_D(3.75m) - R_2$$

$$R_1 = 102.21 \text{ Kg}$$

El área interior de la sección formada en el diagrama de cortantes nos permite conocer los valores puntuales de momento en el interior del elemento en análisis.

$$A_1 = M_D = 122.98 \text{ Kg. m}$$

$$M_D = 1206.03 \text{ Nm}$$

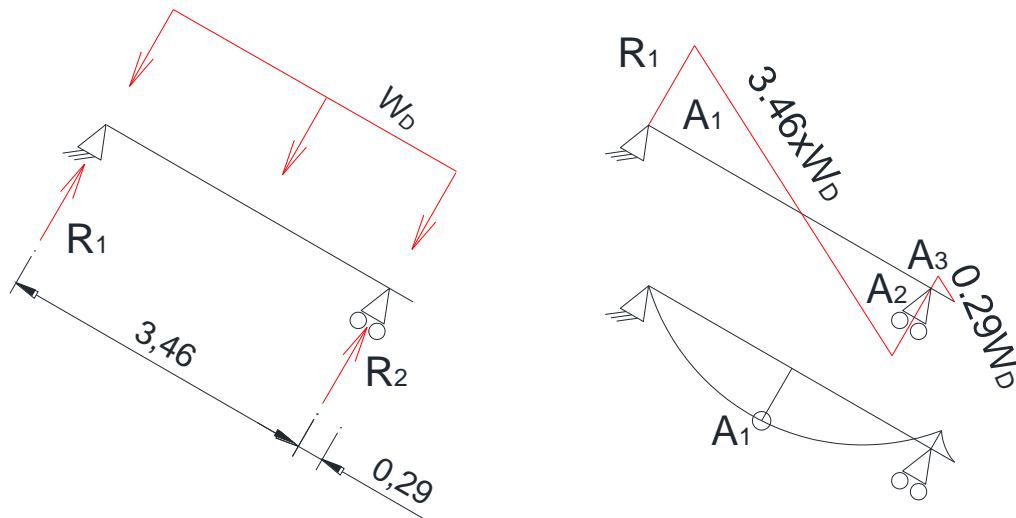


Figura 39: Diagramas de cortante y Momento de Vigueta de techado con cargas perpendiculares al eje longitudinal.

El esfuerzo de flexión para este elemento se expresa de la siguiente manera

$$\sigma_{\text{FLEXION}} = \frac{6M_D}{b \cdot h^2}$$

$$\sigma_{\text{FLEXION}} = \frac{6(1206.03 \text{ N.m})}{(0.05\text{m}) \cdot (0.15\text{m})^2}$$

$$\sigma_{\text{FLEXION}} = 6432149 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_{\text{FLEXION}} = 6.43 \text{ MPa}$$

Verificación de esfuerzos combinados:

$$\text{CHEQUEO: } \frac{\sigma_{\text{TRACCION}}}{\sigma_{\text{ADM A TRACCION}}} + \frac{\sigma_{\text{FLEXION}}}{\sigma_{\text{ADM A FLEXION}}} \leq 1 \quad \text{Ecuación 12}$$

$$\text{CHEQUEO: } \frac{0.085}{10.5} + \frac{6.43}{15} = 0.008 + 0.42 = 0.44$$

$$0.44 \leq 1 \quad \Rightarrow \text{OK}$$

Al cumplir la condición de que la suma de la relación de los esfuerzos combinados de flexión y tracción es menor que 1, la sección es adecuada, no está sobre exigida y se la asume para todas las viguetas de techado. Se tiene la oportunidad de reducir el tamaño para optimizar el diseño del elemento estructural, pero se mantiene esta sección para dar espacio suficiente para los materiales insolación de la casa como se muestra en el capítulo 4 de este proyecto.

b) Diseño de Cumbre:

La viga de cresta de mayor luz es de 4.20 m, que será considerada como modelo para las de menor luz libre.

Esta viga soporta de ambos lados las viguetas de piso.

$$2 R_A = 2 \times 100.678 \text{ Kg} \quad \text{a cada } 40 \text{ cm}$$

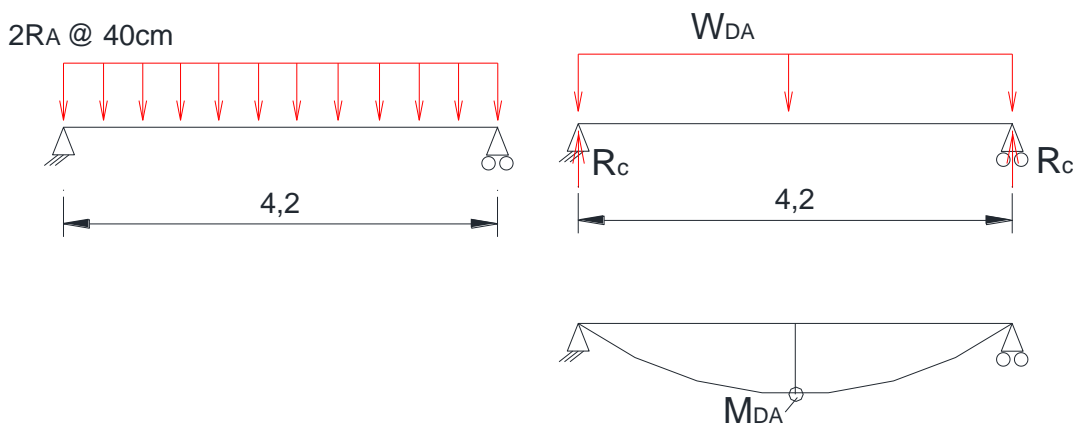


Figura 40: Diagrama de momento vertical de viga cumbre.

Se obtiene la carga que actúa sobre este elemento y se le agrega su peso propio:

$$W_{DA} = \frac{2 \times 100.678 \text{ Kg}}{0.40\text{m}} = 503.4 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$\text{Peso propio: } 0.20 \times 0.20 \times 1100 = 44 \text{ Kg/m}$$

Se obtiene el momento que se genera debido a la carga.

$$M_{DA} = \frac{(PP + W_{DA})L^2}{8}$$

$$M_{DA} = \frac{(547.4 \text{ Kg/m}) \times (4.20\text{m})^2}{8}$$

$$M_{DA} = 1207.0 \text{ Kg. m}$$

$$M_{DA} = 11836.69 \text{ Nm}$$

Se obtiene la reacción generada en los apoyos de la viga cumbrera que servirán para el análisis de las columnas posteriormente.

$$R_c = \frac{(PP + W_{DA})L}{2}$$

$$R_c = \frac{(547.4 \text{ Kg/m}) \times 4.20\text{m}}{2}$$

$$R_c = 1149.524 \text{ Kg}$$

Se asume una altura de la sección mayor al de la vigueta de techado, si no es suficiente se intentará con dimensiones mayores. Por lo tanto se asume una base de 20cm por 20cm de altura.

$$\sigma_{\text{VERTICAL}} = \frac{6M_{DA}}{b \cdot h^2}$$

$$\sigma_{\text{VERTICAL}} = \frac{6(M_{DA})}{(0.20\text{m}) \cdot (0.20\text{m})^2}$$

$$\sigma_{\text{VERTICAL}} = 8877517 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_{\text{VERTICAL}} = 8.87 \text{ MPa} < 15\text{MPa}$$

Para verificar el efecto lateral sobre la viga cumbre que producen las viguetas de techado se obtiene las componentes de la reacción R1 calculada anteriormente.

$$R1 = 102.21 \text{ Kg} \quad \text{a cada } 40 \text{ cm}$$

$$R1x = R1 \text{ Sen } (30) = 51.1 \text{ Kg} \quad \text{a cada } 40 \text{ cm}$$

$$R1y = R1 \text{ Cos } (30) = 88.5 \text{ Kg} \quad \text{a cada } 40 \text{ cm}$$

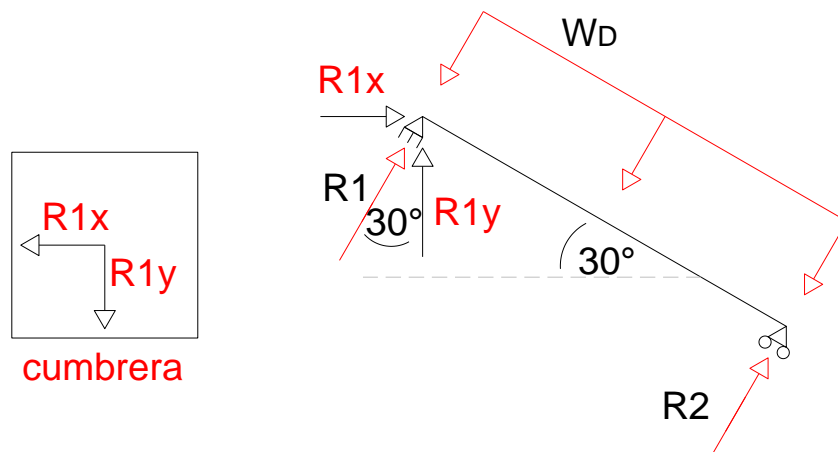


Figura 41: Esquema de efecto lateral en viga cumbre.

Se obtiene la carga y momento vertical generado sobre el elemento:

$$W_{R1} = \frac{R1x}{0.40m}$$

$$W_{R1} = 127.75 \frac{\text{Kg}}{m}$$

Se calcula el momento generado por esta carga horizontal en la viga cumbre.

$$M_{R1} = \frac{(W_{R1})L^2}{8}$$

$$M_{R1} = \frac{(127.75 \text{ Kg/m}) \times (4.20m)^2}{8}$$

$$M_{R1} = 281.7 \text{ Kg. m}$$

$$M_{R1} = 2762.5 \text{ Nm}$$

Con el momento se obtiene el esfuerzo horizontal que debe resistir la viga cumbrera asumiendo que está siendo cargada únicamente de un solo lado. A este punto se debe aclarar que para el diseño se asume de esta manera únicamente para comprobar que resiste este efecto de carga lateral, en el caso real se coloca en ambos lados las viguetas de techado para equilibrar siempre las fuerzas en el centro de la viga cumbrera.

$$\sigma_{\text{HORIZONTAL}} = \frac{6M_{R1}}{b \cdot h^2}$$

$$\sigma_{\text{HORIZONTAL}} = \frac{6(M_{R1})}{(0.20\text{m}) \cdot (0.20\text{m})^2}$$

$$\sigma_{\text{HORIZONTAL}} = 2071875 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_{\text{HORIZONTAL}} = 2.07 \text{ MPa} < 15\text{MPa}$$

Verificación de esfuerzos combinados, esto es debido a que el elemento está sometido a un esfuerzo de flexión biaxial:

$$\text{CHEQUEO: } \frac{\sigma_{\text{VERTICAL}}}{\sigma_{\text{ADM A FLEXION}}} + \frac{\sigma_{\text{HORIZONTAL}}}{\sigma_{\text{ADM A FLEXION}}} \leq 1 \quad \text{Ecuación 13}$$

$$\text{CHEQUEO: } \frac{8.87}{15} + \frac{2.07}{15} = 0.59 + 0.14 = 0.73$$

$$0.73 \leq 1 \quad \Rightarrow \text{OK}$$

Cumple la condición de flexión biaxial y se confirma la sección establecida para la viga de cumbrera. Sin embargo, las cargas laterales se compensan al apoyar una vigueta de techado a cada lado de la viga cumbrera.

Las viguetas de techado se apoyan sobre dos elementos, la viga cumbreira y la viga lateral del techado. En este modelo se asumió a la viga cumbreira como un elemento principal de soporte y anclaje, es decir, las vigas laterales no necesitan resistir empuje de la vigueta de techado ya que la viga cumbreira absorbe toda esa carga lateral.

En la siguiente figura se muestra un modelo de este sistema de entramado del techado:



Figura 42: Esquema inferior de techado.

c) Diseño de Viga lateral:

En el diseño de las viguetas de techado se obtuvo las reacciones que caen sobre la viga lateral, es decir, las viguetas de techado están ubicadas a cada

40 cm. La viga lateral de mayor luz es de 4.20 m, que será considerada como modelo para las de menor luz libre.

$R_B = 121 \text{ Kg} @ 40 \text{ cm}$

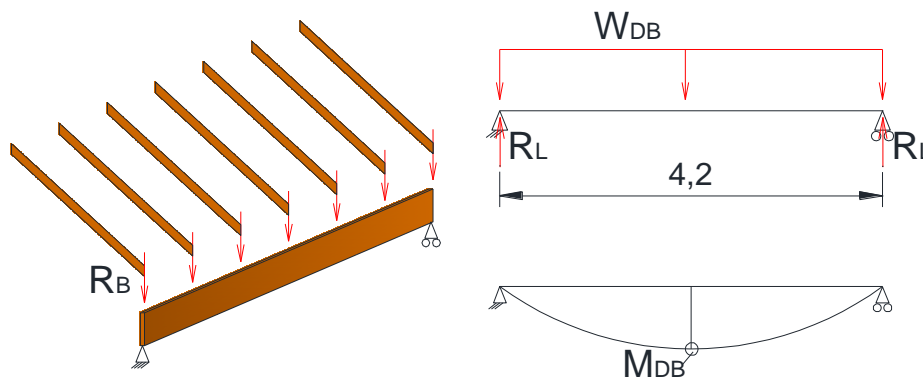


Figura 43: Diagrama de Momento de Viga lateral,

Se obtiene la carga sobre la viga lateral del techado provocada por el peso de las viguetas de techado:

$$W_{DB} = \frac{121 \text{ Kg}}{0,40\text{m}}$$

$$W_{DB} = 342,9 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

Peso propio: $0,10 \times 0,20 \times 1100 = 22 \text{ Kg/m}$

Se obtiene el momento que provoca dicha carga anterior:

$$M_{DB} = \frac{(PP + W_{DB})L^2}{8}$$

$$M_{DB} = \frac{(364,9 \text{ Kg/m}) \times 4,20\text{m}^2}{8}$$

$$M_{DB} = 804,5 \text{ Kg. m} = 7889,69 \text{ Nm}$$

Para este paso se obtiene las reacciones que se generan en los apoyos de la viga lateral de techado que serán utilizados en próximos análisis:

$$R_L = \frac{(PP + W_{DB})L}{2}$$

$$R_L = \frac{(342.9 \text{ Kg/m}) \times 4.20 \text{ m}}{2}$$

$$R_L = 720 \text{ Kg}$$

Se inicia asumiendo la altura de la sección de la viga de cresta, si no es suficiente se intentará con dimensiones mayores. Así entonces se asume una base de 10cm por 20cm de altura.

$$\sigma = \frac{6M_{DB}}{b \cdot h^2}$$

$$\sigma = \frac{6(M_{DB})}{(0.10 \text{ m}) \cdot (0.2 \text{ m})^2}$$

$$\sigma = 11834532 \text{ N/m}^2 = 11.83 \text{ MPa} < 15 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 11.83 \text{ MPa} < 15 \text{ MPa}$$

Al ser menor el esfuerzo calculado que el esfuerzo admisible la sección es adecuada. Para viga lateral se considera una viga de 10cm por 20cm. Para mantener un diseño consistente se asume la misma sección para la viga central del techado.

d) Diseño de Conector de vigas:

Este elemento conector asegura las vigas laterales y principales entre sí, estos actuarían en el caso de eventos extremos como sismos o empuje de viento. De los pórticos anteriormente propuestos se observa que todos los

conectores de vigas cubren la misma luz libre. Este elemento se lo analiza más adelante afectado en un análisis de cargas laterales.

El principio para el diseño de estos elementos resulta de asumir los pisos en una sola dirección de descarga, en el mismo sentido y dirección del piso se colocan los conectores de viga, lo que hace que no sean sometidos a cargas tan altas como las de las vigas principales y laterales. Los conectores de vigas únicamente trabajan rigidizando el pórtico que no lleva vigas principales, así estos elementos serán diseñados por el mayor esfuerzo que se presenta en la compresión del mismo.

3.3.4 Análisis de pisos

De manera sencilla se busca enviar las cargas del piso hacia las vigas principales las cuales direccionarán las cargas a sus apoyos. Se inicia probando una distribución de viguetas de piso similar a la de las rafters o viguetas de techado. Se asume una separación de 40 cm y se parte desde la sección elegida para las viguetas de techado o mayor, pero teniendo en cuenta que no deben superar la altura de las vigas laterales principales.

Cara Muerta (CM):

Acabados:	24.4 Kg/m ²
Tablero contrachado:	11.7 Kg/m ²
Insolación:	5.4 Kg/m ²
Tableros de Yeso:	9.8 Kg/m ²
Instalaciones eléctricas e iluminación:	6.8 Kg/m ²
Instalaciones de aire acondicionado:	3.0 Kg/m ²
Enmarcado adicional para aire acondicionado:	7.8 Kg/m ²
Paredes:	58.6 Kg/m ² (Incluye puertas y ventanas)

Peso propio: $0.05 \times 0.25 \times 1100 / 0.40$ = 34.38 Kg/m²

Total de CM: = 161.8 Kg/m²,

Para distribuir el peso a cada vigueta de techado separada una de otra a 40 cm, entonces:

$$\mathbf{CM= 161.8 \text{ Kg/m}^2 \times 0.4 \text{ m} = 64.7 \text{ Kg/m}}$$

Carga Viva (CV):

Cubiertas planas inclinadas y curvas 200 Kg/m². Para una separación de viguetas de 40 cm:

$$\mathbf{CV= 200 \text{ Kg/m}^2 \times 0.4\text{m} = 80.0 \text{ Kg/m}}$$

Para las combinaciones de carga en estructuras de madera se assume la combinación de carga viva y muerta actuando al mismo tiempo:

$$W = CM + CV = 144.7 \text{ Kg/m}$$

La carga calculada W es aplicada sobre cada vigueta de piso, de la cual se obtiene el momento máximo que resiste la vigueta en el centro de la luz. Se asume la vigueta de piso simplemente apoyada debido a que la conexión planificada no resiste a momento únicamente a tracción, corte y compresión:

$$M_{Dp} = \frac{WL^2}{8}$$

$$M_{Dp} = \frac{144.7 \times 4.20^2}{8}$$

$$M_{Dp} = 319.1 \text{ Kg. m}$$

$$M_{Dp} = 3129.5 \text{ Nm}$$

Se obtiene las reacciones de las viguetas de piso:

$$R_{vp} = \frac{WL}{2}$$

$$R_{vp} = \frac{144.7 \times 4.2}{2}$$

$$R_{vp} = 217.05 \text{ Kg}$$

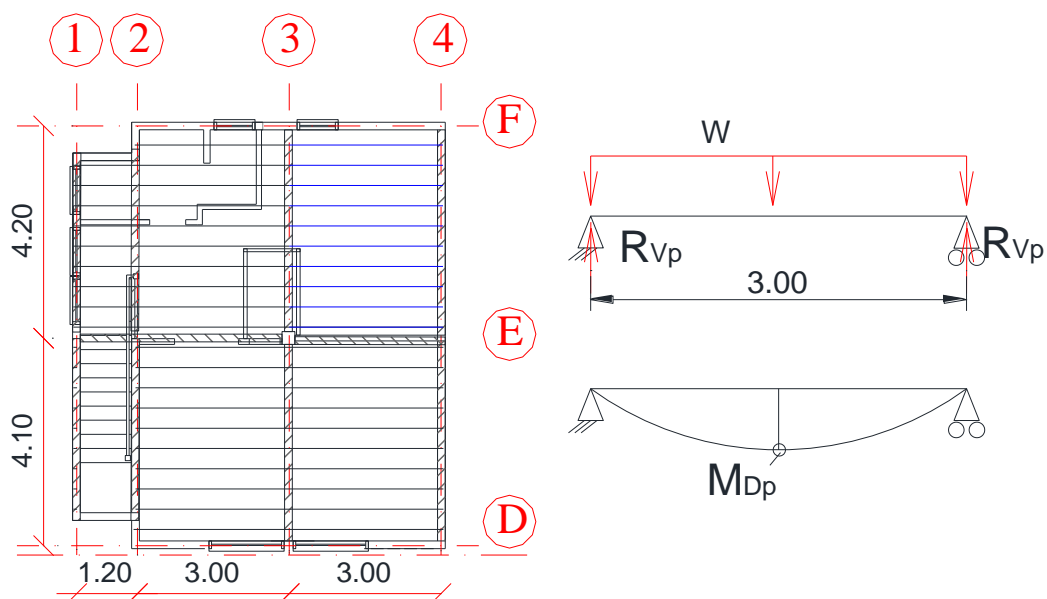


Figura 44: Planta y modelo para Viguetas de Piso.

Se asume inicialmente una sección de 5 x 25cm:

$$\sigma = \frac{6M_{DP}}{b \cdot h^2}$$

$$\sigma = \frac{6(M_{DP})}{(0.05\text{m}) \cdot (0.25\text{m})^2}$$

$$\sigma = 6008558 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma = 6.01 \text{ MPa} < 15\text{MPa}$$

Al ser menor el esfuerzo calculado que el Esfuerzo admisible la sección es adecuada. Para viguetas de piso (Joist) se considera un 5x25cm cada 40cm para todos los pisos.

3.3.5 Pre-diseño de Vigas principales

Estas reciben las cargas de las viguetas de piso. Se asume la de mayor exigencia estructural, esta viga se ubica en el pórtico 3 apoyada en las columnas de los ejes F3 y E3. El ancho cooperante de cada lado es de 1.5m, 3m en total. Iniciamos asumiendo un elemento de 15cm de base y 30cm de altura. Para obtener la carga distribuida de la viga principal se toma el dato de carga de cada vigueta de piso, esta carga cae a una separación de 40 cm a lo largo de esta viga principal.

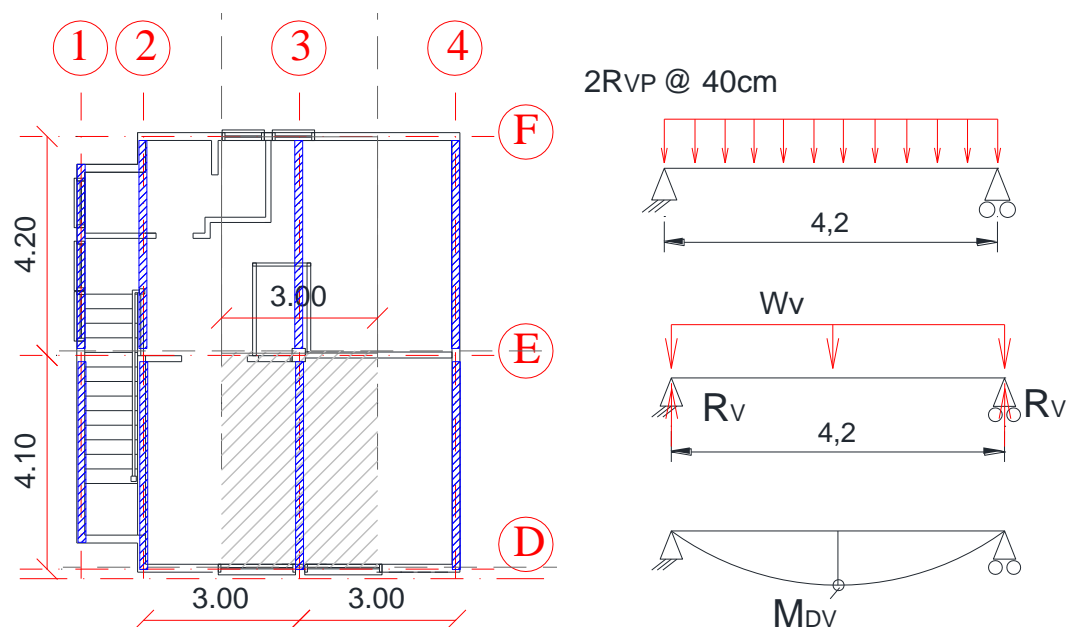


Figura 45: Planta y modelo para vigas principales

Peso de viguetas de piso aplicadas a las vigas principales:

$$2Rvp @ 40cm = 2 (217.05 \text{ Kg}) / 0.4m = 1085.25 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Peso propio: } 0.15 \times 0.30 \times 1100 = 49.5 \text{ Kg/m}$$

$$W_v = 1085.25 \text{ Kg/m} + 49.5 \text{ Kg/m}$$

$$W_v = 1134.9 \text{ Kg/m}$$

Se obtiene el momento generado en este elemento:

$$M_{DV} = \frac{(W_V)L^2}{8}$$

$$M_{DV} = \frac{(1134.9 \text{ Kg/m}) \times 4.20 \text{ m}^2}{8}$$

$$M_{DV} = 2502.5 \text{ Kg. m}$$

$$M_{DV} = 24541.3 \text{ Nm}$$

Se obtiene las reacciones generadas en los apoyos

$$R_V = \frac{W_V \cdot L}{2}$$

$$R_V = \frac{(1134.9 \text{ Kg/m}) \times 4.20}{2}$$

$$R_V = 2383.34 \text{ Kg}$$

Con el momento calculado anteriormente se obtiene el esfuerzo que se genera sobre el elemento:

$$\sigma = \frac{6M_{DB}}{b \cdot h^2}$$

$$\sigma = \frac{6(M_{DB})}{(0.15\text{m}) \cdot (0.3\text{m})^2}$$

$$\sigma = 10907247 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma = 10.9 \text{ MPa} < 15 \text{ MPa}$$

Al ser menor el esfuerzo calculado que el Esfuerzo admisible la sección es adecuada. Para viga principal se considera una viga de 15 cm de base y 30 cm de altura.

3.3.6 Análisis de cargas laterales

♦ Cálculo de Fuerza Sísmica:

Para el diseño de la casa modelo se parte de la caracterización de la estructura reconociendo las bases del diseño, Así asumimos una zona de posible construcción de la casa modelo, el control térmico favorecerá a las altas temperaturas de la Costa y en las zonas elevadas de la Sierra ecuatoriana. La zona sísmica se asume la más desfavorable de las dos, para la costa ecuatoriana excepto Esmeraldas, y clasificación de suelo promedio tipo D. para un sismo de diseño moderado de categoría ocasional de nivel 2, y un factor $\eta=1.8$ de relación de aceleración espectral y el PGA.

(Tabla 1 NEC-SE-DS)	Factor de zona sísmica	Z=0.35
(Tabla 3 NEC-SE-DS)	Factor de Sitio (Fa)	Fa=1.25
(Tabla 4 NEC-SE-DS)	Factor de Sitio (Fd)	Fd=1.28
(Tabla 5 NEC-SE-DS)	Factor de Sitio (Fs)	Fs=1.19
(Tabla 6 NEC-SE-DS)	Factor de Importancia	I =1.0
(Tabla 12 NEC-SE-DS)	Configuración estructural en planta	$\Phi_P=1$
(Tabla 12 NEC-SE-DS)	C. estructural en elevación	$\Phi_E=0.9$
(Tabla 16 NEC-SE-DS)	Reducción de Respuesta	R = 3

♦ Espectro de diseño elástico:

$$S_a = \eta Z F_a = 1.8 \times 0.35 \times 1.25 = 0.7875$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r$$

$$T_c = 0.55 F_s \cdot F_d / F_a = 0.55 \times 1.19 \times 1.28 / 1.25 = 0.67$$

$$r = 1.0 \text{ para suelos de tipo D}$$

$$T = 0.1 \text{ (N)} = 0.1 \text{ (2)} = 0.2$$

$$\text{Como } T < T_c, \text{ Entonces } S_a = \eta Z F_a = 0.7875$$

- ♦ Método Basado en Fuerzas:

(6.3.2 NEC-SE-DS) Cortante basal:

$$V = W \frac{I. Sa}{R. \Phi_P. \Phi_E}$$

$$V = W \frac{1 \times 0.7875}{3 \times 1 \times 0.9}$$

$$V = 0.292 W$$

- ♦ Distribución Vertical del cortante basal:

$$F_x = V \frac{W_x h_x}{(W_1 h_1 + W_2 h_2)}$$

Para el siguiente análisis se toma como dato las cargas calculadas anteriormente correspondientes al techado y piso y también el peso propio de los elementos. En el caso del techado se asume la carga muerta incluyendo el peso propio de la viga cumbrera y se asume el área inclinada para su aplicación.

La altura de aplicación de la carga lateral se asume desde el nivel del suelo hasta aproximadamente la altura media del techado. Para las cargas del segundo nivel se considera únicamente el peso propio de los elementos que conforman la estructura en su propio nivel, estos son las vigas laterales, viga central y conectores de vigas, aplicadas a cada pódico correspondientemente.

Se asume un incremento del 20% de carga muerta para abrir la posibilidad de incrementar elementos de refuerzo o aumentar la sección de los conectores de viga, incluyendo de esta manera en el análisis su peso propio. Además se asume como peso propio de los conectores de viga un valor similar al de las vigas laterales. Para las cargas del primer nivel se considera la carga del piso anteriormente calculado, y el peso propio de elementos de la estructura en este nivel.

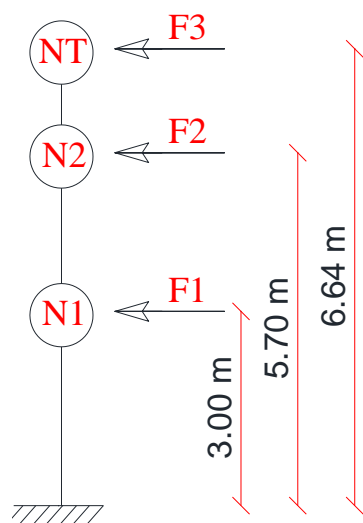


Figura 46: Esquema de distribución del cortante basal.

Tabla 19

Cargas por nivel y cálculo de las fuerzas sísmicas.

TECHADO (NT)	Techado	V. Cumbre	Asumido	Unidad	Carga Total	
CM (Kg/m ²)	70,95	6,11	92,5	kg/m ²	92,5	Kg/m ²
NIVEL 2 (N2)						
Longitud (m)	P.P. Kg/m	Cantidad	Carga (Kg)	Carga Total + 20%		
CM Viga lateral	8,3	22	3	547,8		
CM Viga central	8,3	22	1	182,6	1826,9	Kg
CM Conector de viga	7,2	22	5	792		
NIVEL 1 (N1)						
longitud (m)	P.P. Kg/m	Cantidad	Área N1	CM (Kg/m ²)	Carga Total	
CM Viga Principal	8,3	49,5	4	56,0 m ²	29,3	
CM Conector de viga	7,2	22	5		14,1	205,3 Kg/m
CM de Piso	-----	-----	-----		161,8	
NIVEL	AREA (m ²)	CM (Kg/m ²)	W (Ton)	ALTURA(m)	W.h (Ton.m)	FI (Ton)
F3- TECHADO (NT)	80,8	92,5	7,47	6,64	49,58	3,18
F2- NIVEL 2 (N2)	-----	-----	1,83	5,70	10,41	0,67
F1- NIVEL 1 (N1)	56,0	205,3	11,50	3,00	34,49	2,21
SUMATORIAS:			20,80	-----	94,49	6,07

Cortante basal: $V = 0.292 (20.80) = 6.07 \text{ Ton}$

La estructura es regular en planta, por esta razón se asume el cortante basal para el sentido X y sentido Y. Las cargas se aplican asignando una proporción para cada pórtico, para este proyecto se considera un pórtico representativo en cada sentido.

3.3.7 Distribución de cargas laterales

a) Análisis en sentido X

En sentido X se asume al pórtico E como representativo y para la distribución de cargas a cada pórtico se asume que la estructura completa se desplazaría lo mismo, por esta razón la carga se la distribuye proporcional para cada pórtico:

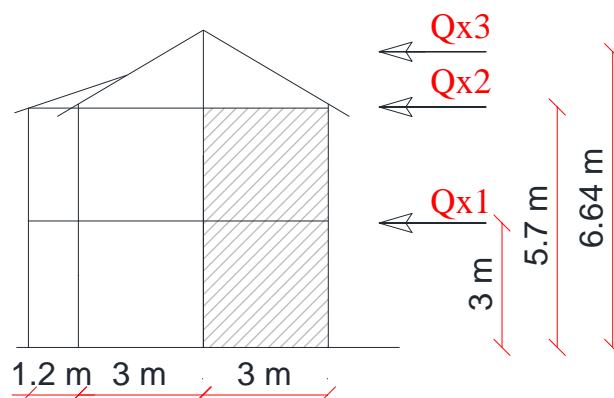


Figura 47: Esquema de distribución de cargas laterales en pórtico E

$$Q_{x3} = \frac{F_3}{3}$$

$$Q_{x3} = \frac{3.18 \text{ Ton}}{3}$$

$$Q_{x3} = 1.06 \text{ Ton}$$

$$Q_{x3} \text{ asumido} = 10.4 \text{ kN}$$

$$Q_{x2} = \frac{F2}{3}$$

$$Q_{x2} = \frac{0.67 \text{ Ton}}{3}$$

$$Q_{x2} = 0.22 \text{ Ton}$$

$$Q_{x2} \text{ asumido} = 2.2 \text{ kN}$$

$$Q_{x1} = \frac{F1}{3}$$

$$Q_{x1} = \frac{2.21 \text{ Ton}}{3}$$

$$Q_{x1} = 0.74 \text{ Ton}$$

$$Q_{x1} \text{ asumido} = 7.3 \text{ kN}$$

Se obtiene las cargas verticales, estas se aplican directamente a las columnas debido a que las viguetas de techado y de piso están dispuestas en la misma dirección de los conectores de vigas.

- ◆ Carga proveniente del techado:

Rc: reacción en apoyo de cumbrera.

$$Rc = 1149.524 \text{ Kg}, \quad Rc \text{ asumido} = 1.15 \text{ Ton}$$

RL: reacción en apoyo de viga lateral.

$$RL = 720.0 \text{ Kg}, \quad RL \text{ asumido} = 0.72 \text{ Ton}$$

- ◆ Carga proveniente del Piso:

Rv: reacción en apoyo de vigas principales.

$$Rv = 2383.34 \text{ Kg}, \quad Rv \text{ asumido} = 2.39 \text{ Ton}$$

El pórtico E recibe las reacciones de la viga cumbrera, vigas laterales y vigas principales de dos lados. Lo que duplica estas cargas. Entonces las cargas verticales se expresan de la siguiente manera.

$$2R_c = 2.30 \text{ Ton};$$

$$2R_c \text{ asumido} = 22.6 \text{ kN}$$

$$2R_L = 1.44 \text{ Ton};$$

$$2R_L \text{ asumido} = 14.1 \text{ kN}$$

$$2R_v = 4.78 \text{ Ton};$$

$$2R_v \text{ asumido} = 46.9 \text{ kN}$$

Para analizar la distribución de las cargas aplicadas a la estructura en este proyecto se utiliza el programa Ftool, donde se asigna secciones, materiales a los elementos. Para las columnas se asumió una sección de 25cm x 25cm, y para los conectores de vigas se asumió la sección de las vigas laterales para mantener consistente el sistema de piso al mismo nivel.

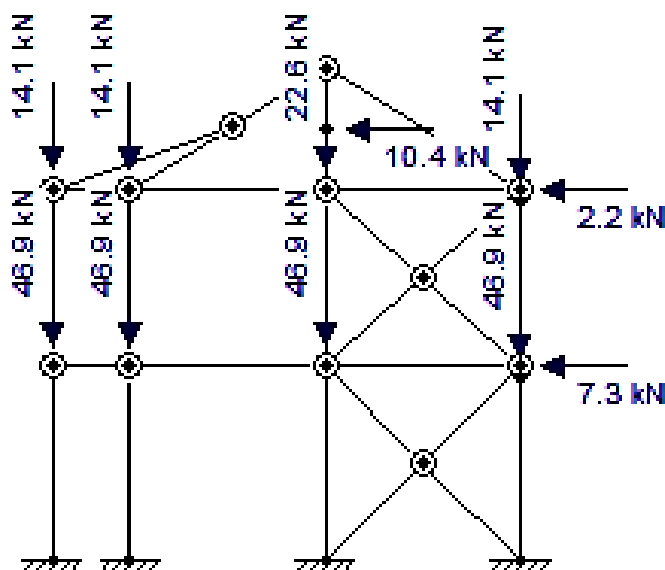


Figura 48: Diagrama de fuerzas aplicadas al pórtico E.

El tipo de conexiones asumido al inicio de este capítulo resiste únicamente cargas de corte y cargas axiales, los apoyos de las columnas se los asume un empotramiento, y adicionalmente en los planos arquitectónicos se muestra una pared en el primer y segundo nivel, que para el diseño se

asume un muro estructural como se muestra en la figura siguiente, inicialmente se asume una sección para las diagonales de 10cm x 10cm.

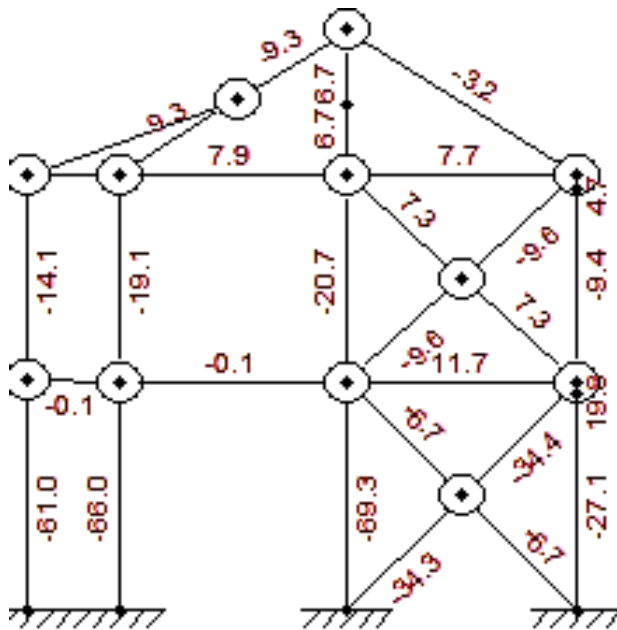


Figura 49: Diagrama de fuerzas axiales al pórtico E.

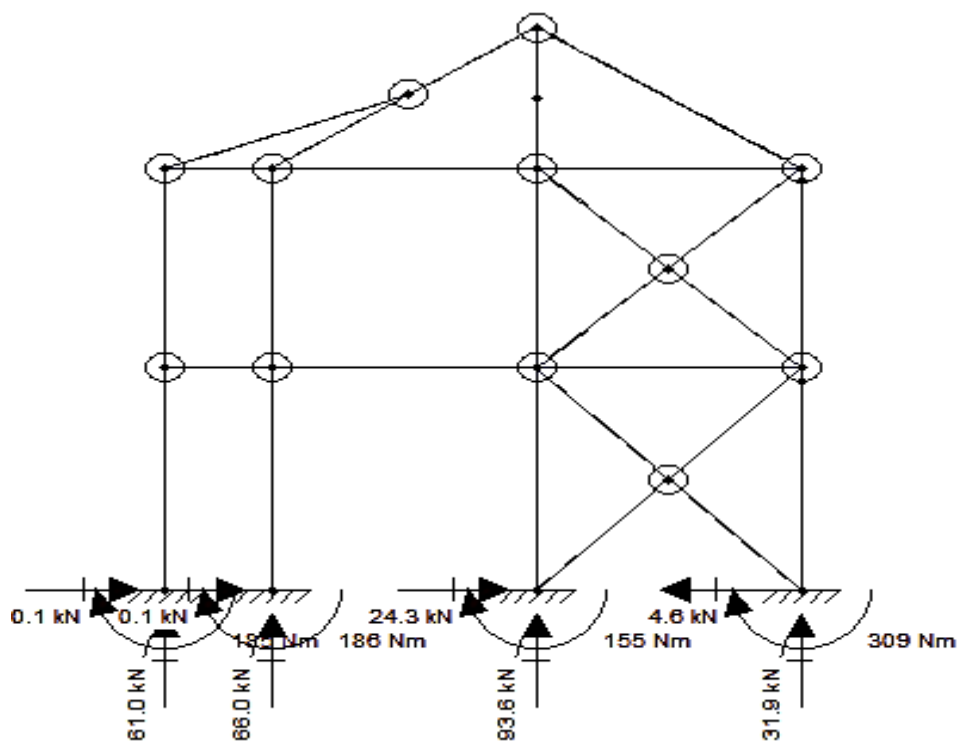


Figura 50: Reacciones del pórtico E.

De la misma manera y de forma simplificada se presenta los diagramas de los pórticos D y F para un posterior análisis.

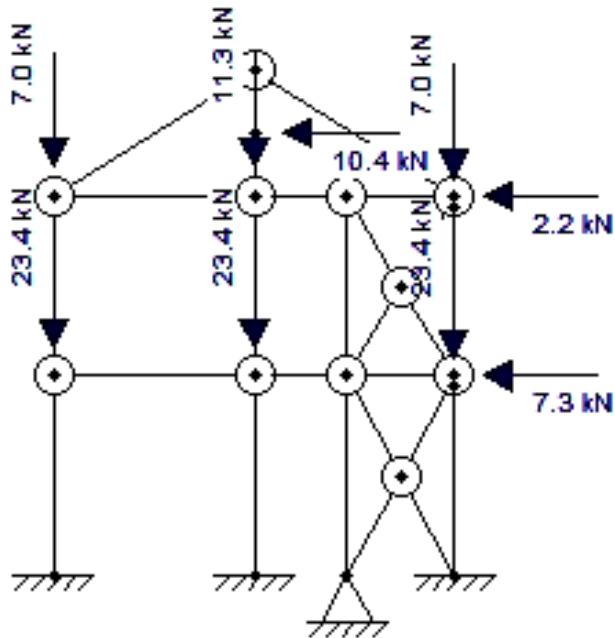


Figura 51: Diagrama de fuerzas aplicadas al pórtico D y F.

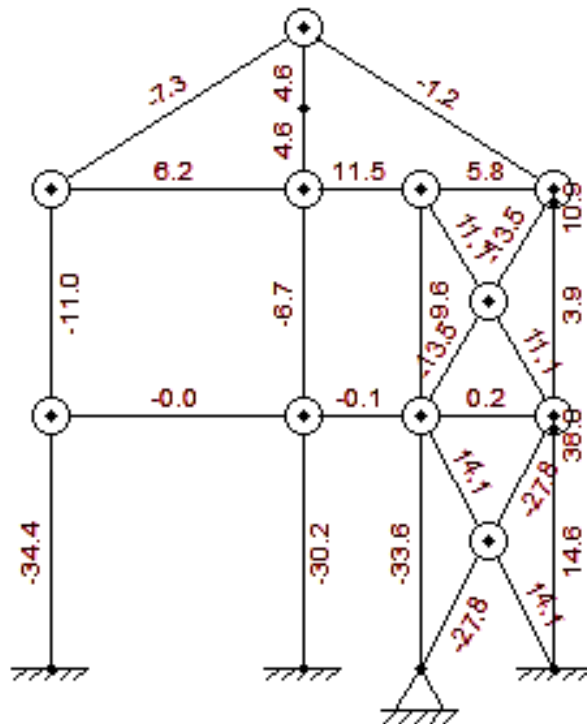


Figura 52: Diagrama de fuerzas axiales al pórtico D y F.

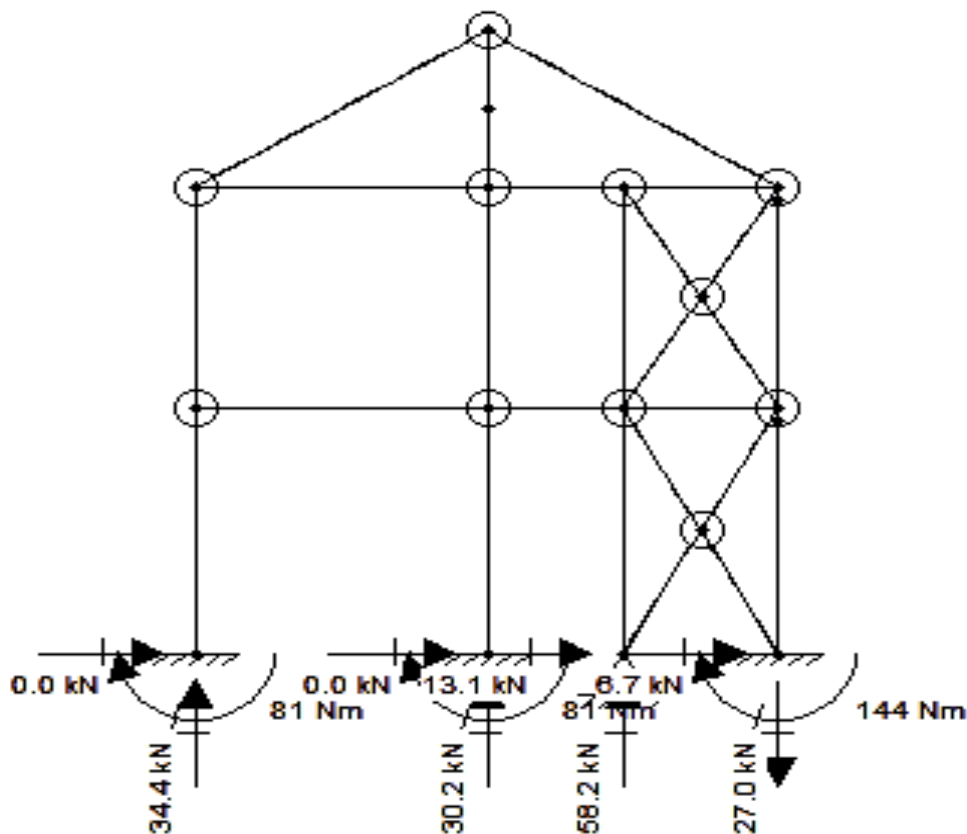


Figura 53: Reacciones del pórtico Dy F.

b) Análisis en sentido Y

En sentido Y se asume al pórtico 3, este tiene una pared en el nivel inferior que divide la cocina del baño, y en el segundo nivel, alineada a la anterior pared se encuentra otra que se ubica entre un dormitorio y el baño del segundo nivel. Para mantener firme la estructura este muro se lo desarrolla en toda la altura de la casa y se lo diseña como muro estructural de madera.

El pórtico 3 está compuesto de la viga cumbrera, vigas central y vigas principales como elementos horizontales que reciben la carga de techado o del piso respectivamente, y lo transfieren a las columnas.

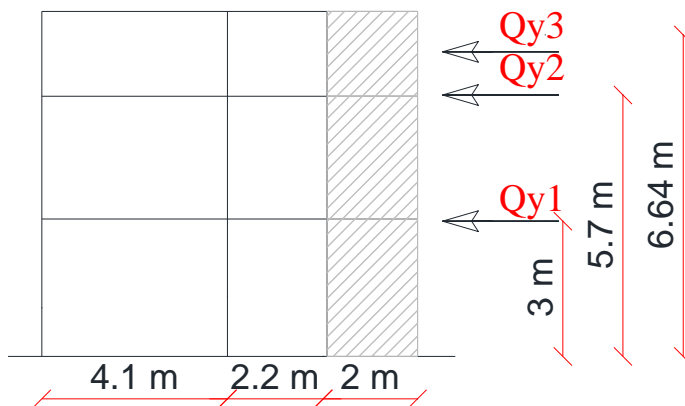


Figura 54: Esquema de distribución de cargas laterales en pórtico 3

Se obtiene las cargas laterales aplicadas al pórtico 3 en sentido Y:

$$Q_{y3} = \frac{F3}{4}$$

$$Q_{y3} = \frac{3.18 \text{ Ton}}{4}$$

$$Q_{y3} = 1.06 \text{ To}$$

$$Q_{y3} \text{ asumido} = 7.8 \text{ kN}$$

$$Q_{y2} = \frac{F2}{4} =$$

$$Q_{y2} = \frac{0.67 \text{ Ton}}{4}$$

$$Q_{y2} = 0.22 \text{ Ton}$$

$$Q_{y2} \text{ asumido} = 1.64 \text{ kN}$$

$$Q_{y1} = \frac{F1}{4}$$

$$Q_{y1} = \frac{2.21 \text{ Ton}}{4}$$

$$Q_{y1} = 0.74 \text{ Ton}$$

$$Q_{y1} \text{ asumido} = 5.4 \text{ kN}$$

Luego, se obtiene las cargas verticales que se aplican a los elementos horizontales del pórtico.

- ♦ Carga sobre la viga cumbrera:

$$W_{DA} = 503.4 \text{ Kg/m}, W_{DA} \text{ asumido} = 5000 \text{ N/m}$$

- ♦ Carga sobre la viga central:

$$\text{Peso propio: } 0.10 \times 0.20 \times 1100 = 22 \text{ Kg/m}, \text{ PPasum} = 215 \text{ N/m}$$

- ♦ Carga sobre la viga de piso:

$$W_v = 1134.9 \text{ Kg/m}, W_v \text{ asumido} = 11130 \text{ N/m}$$

El pórtico 3 recibe las reacciones de los conectores de vigas que se incluyen en los pesos asumidos. Para analizar la distribución de las cargas aplicadas a la estructura en este proyecto se utiliza el programa Ftool.

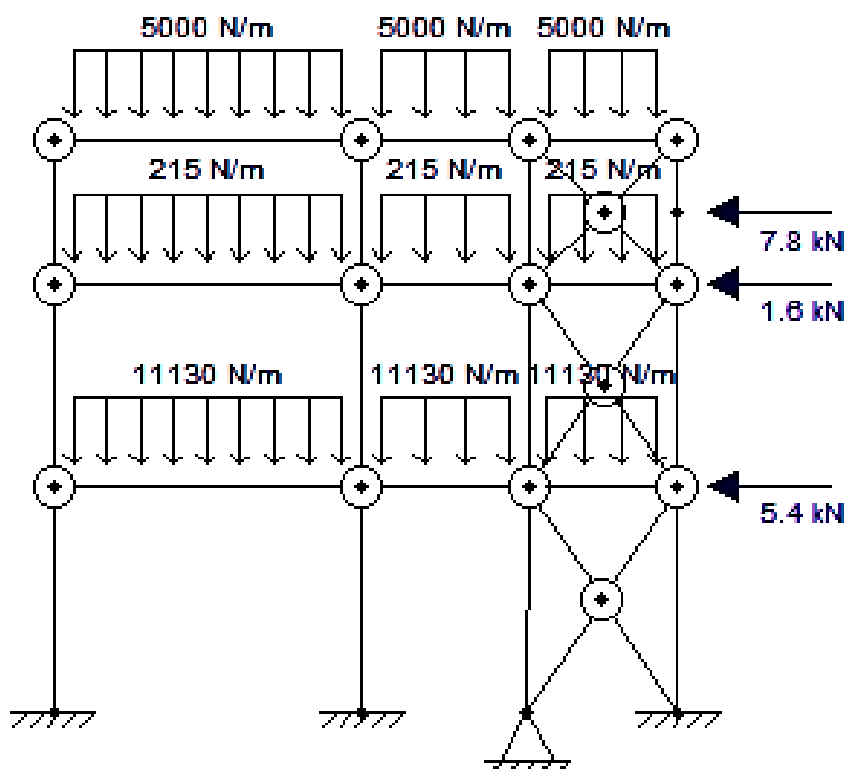


Figura 55: Diagrama de fuerzas aplicadas al pórtico 3.

Para las columnas se asumió una sección de 25cm x 25cm, y para los conectores de vigas se asumió la sección de las vigas laterales para mantener consistente el sistema de piso al mismo nivel. La sección de las diagonales en los muros se asume de 10cm x 10cm, y se agrega un apoyo adicional que impide el desplazamiento en la base.

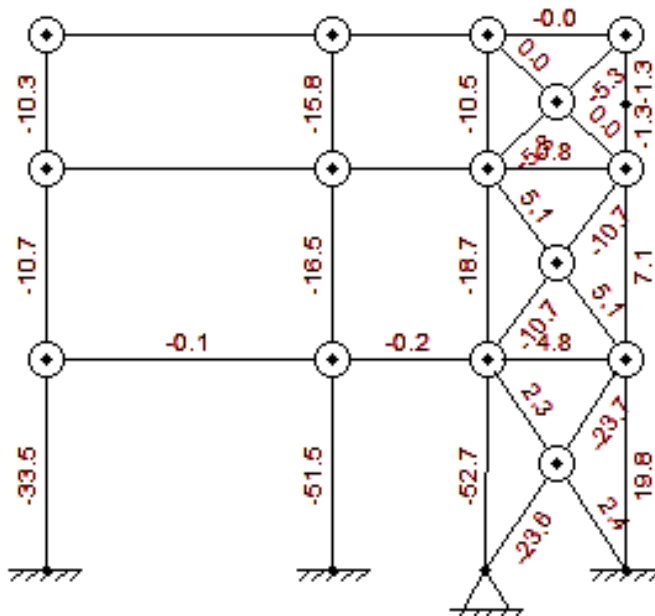


Figura 56: Diagrama de Fuerzas axiales del pórtico 3.

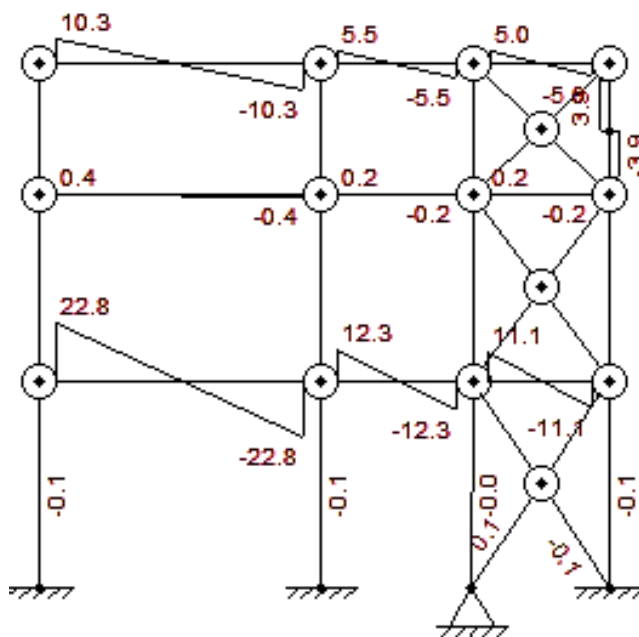


Figura 57: Diagrama de cortantes en el pórtico 3.

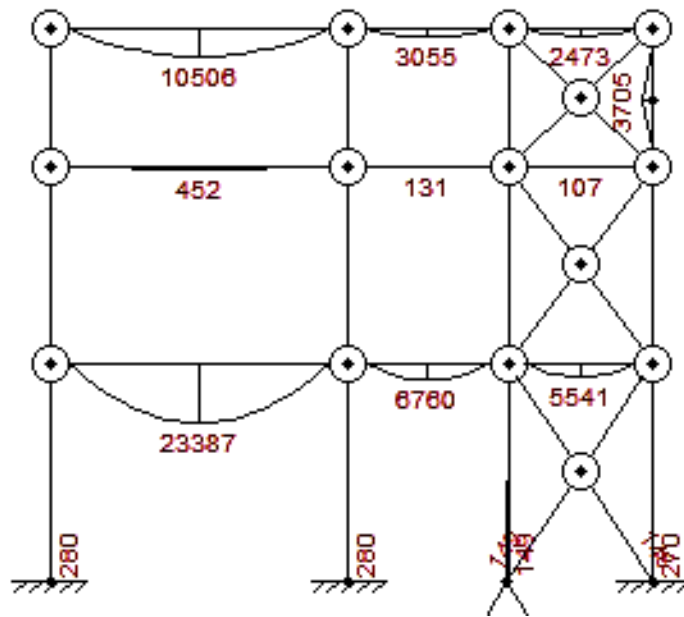


Figura 58: Diagrama de momentos en el pórtico 3.

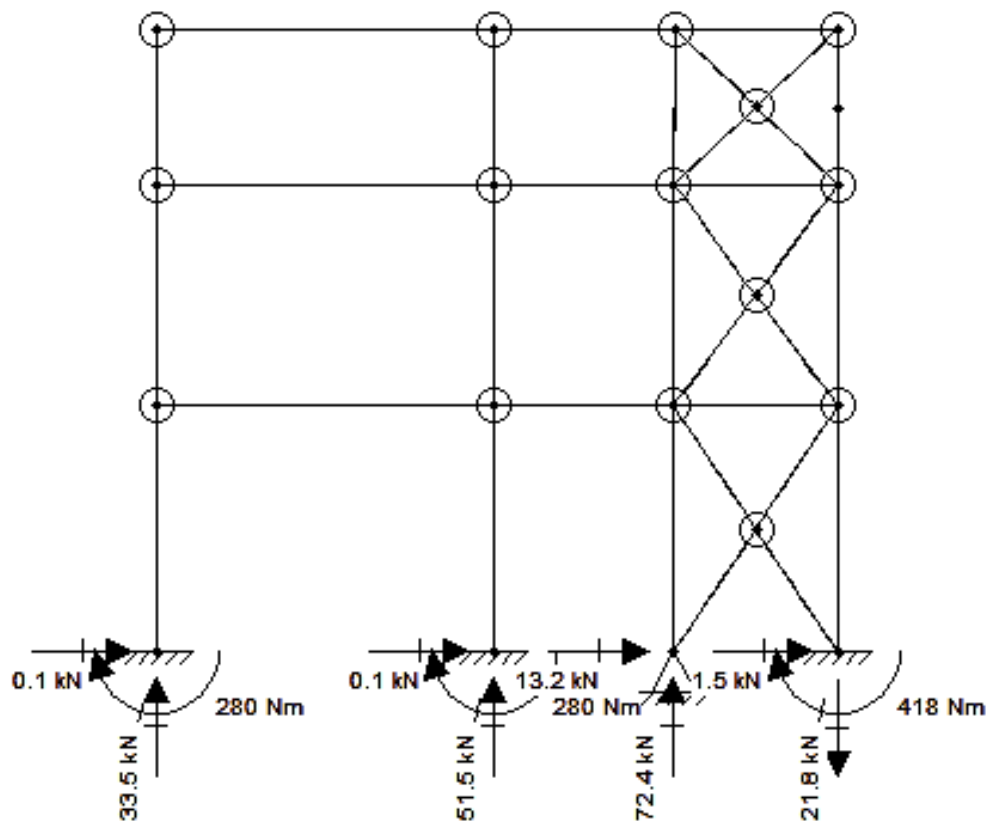


Figura 59: Esquema de reacciones del pórtico 3.

De la misma manera y de forma simplificada se presenta los diagramas de los pórticos 1,2 y 4 para un posterior análisis. Las cargas del techado se asumen en el último nivel acumulado.

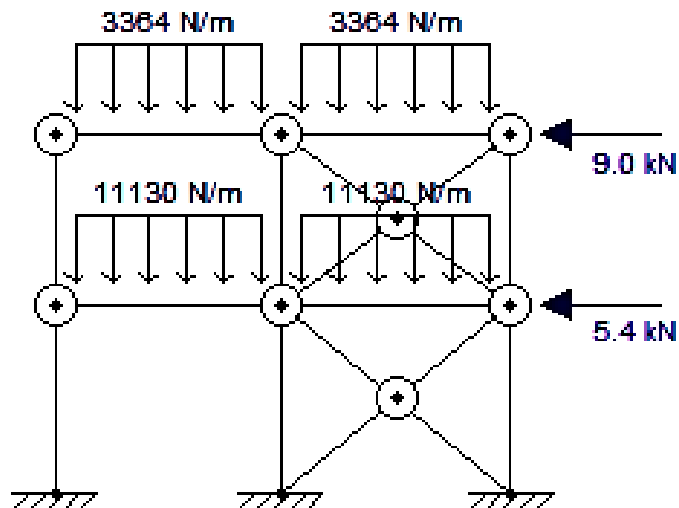


Figura 60: Diagrama de fuerzas aplicadas al pórtico 1.

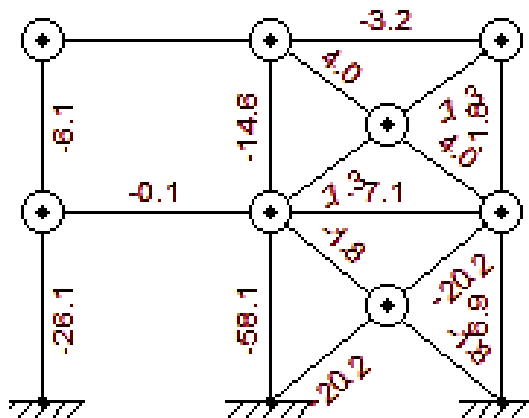


Figura 61: Diagrama de Fuerzas axiales del pórtico 1.

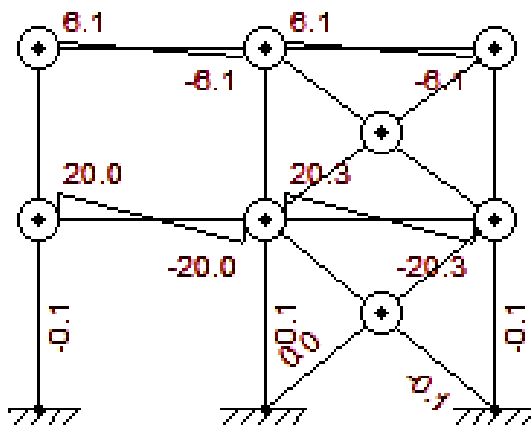


Figura 62: Diagrama de cortantes en el pórtico 1.

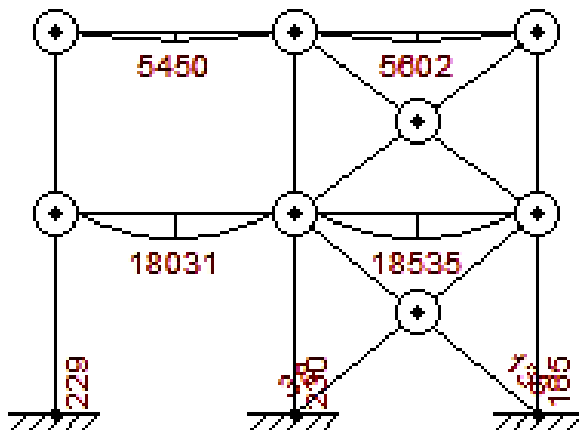


Figura 63: Diagrama de momentos en el pórtico 1.

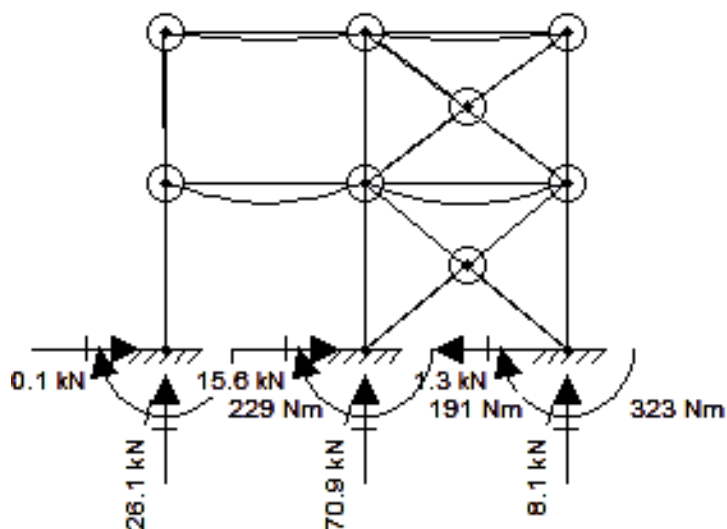


Figura 64: Esquema de reacciones del pórtico 1.

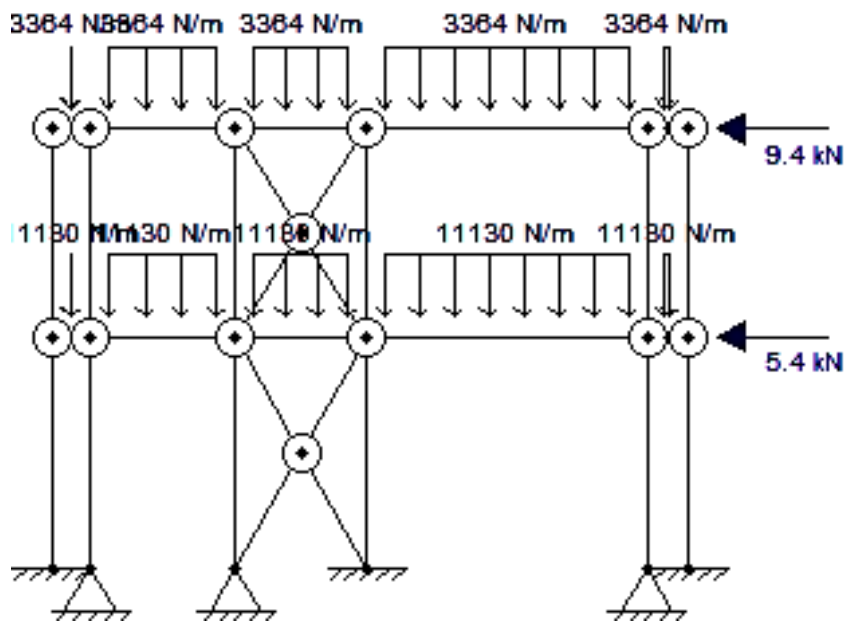


Figura 65: Diagrama de fuerzas aplicadas al pórtico 2.

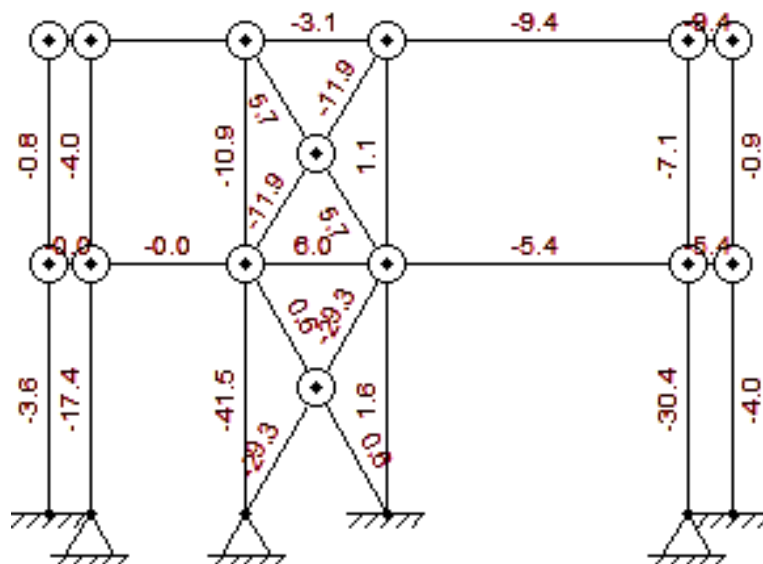


Figura 66: Diagrama de Fuerzas axiales del pórtico 2.

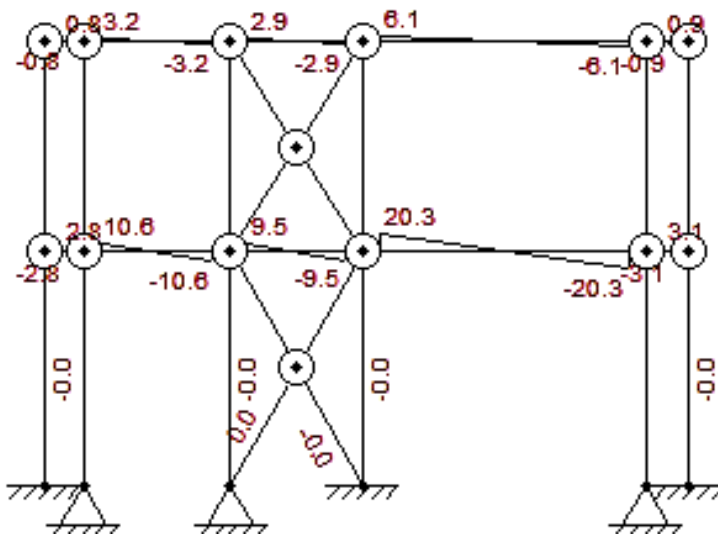


Figura 67: Diagrama de cortantes en el pórtico 2.

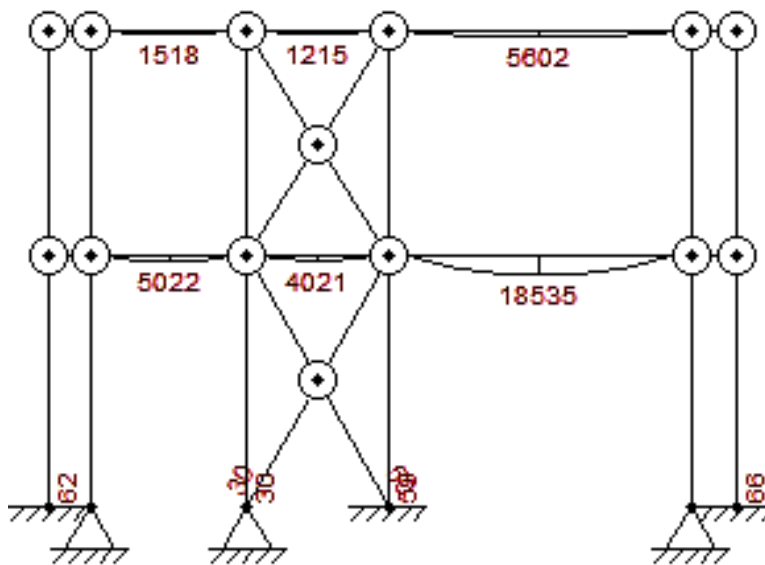


Figura 68: Diagrama de momentos en el pórtico 2.

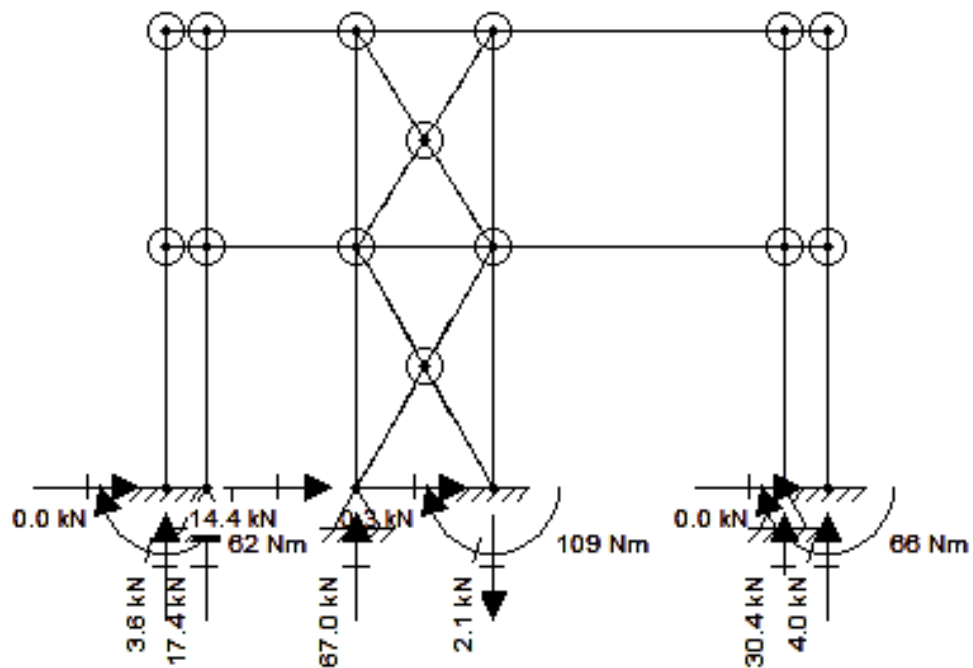


Figura 69: Diagrama de reacciones del pórtico 2

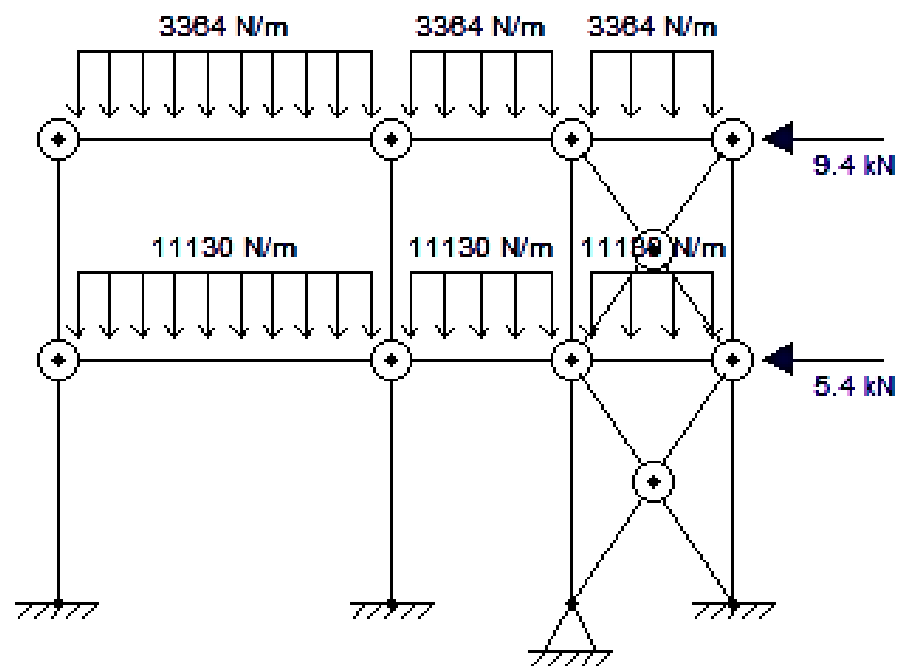


Figura 70: Diagrama de cargas sobre el pórtico 4

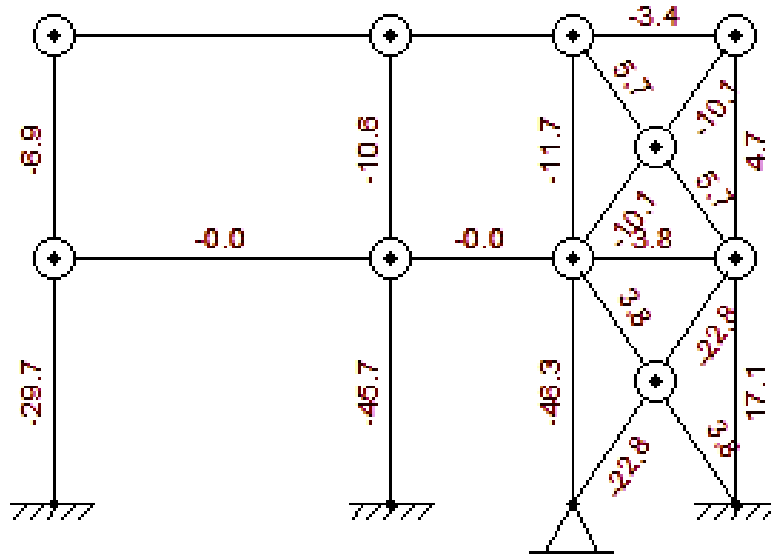


Figura 71: Diagrama de fuerzas
Axiales del pórtico 4.

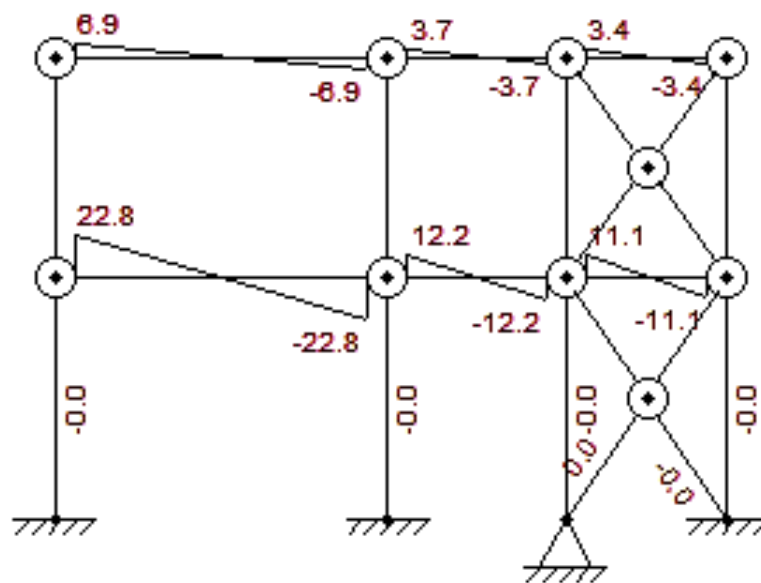


Figura 72: Diagrama de cortantes
en el pórtico 4.

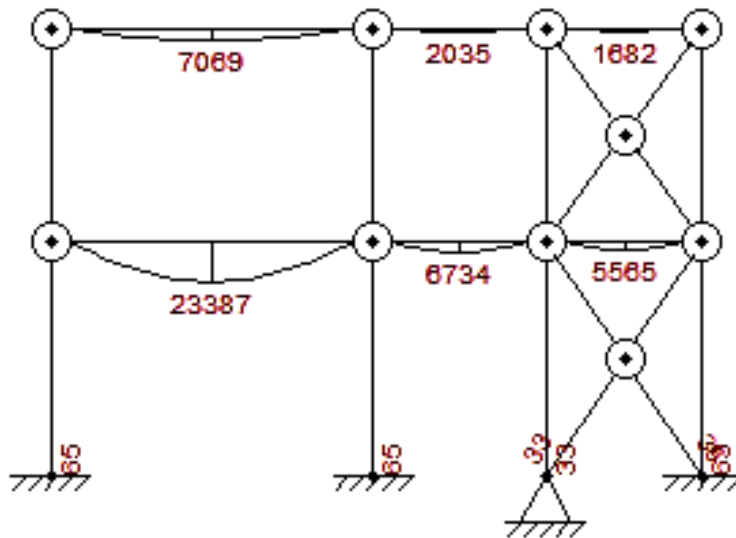


Figura 73: Diagrama de momentos en el pórtico 4.

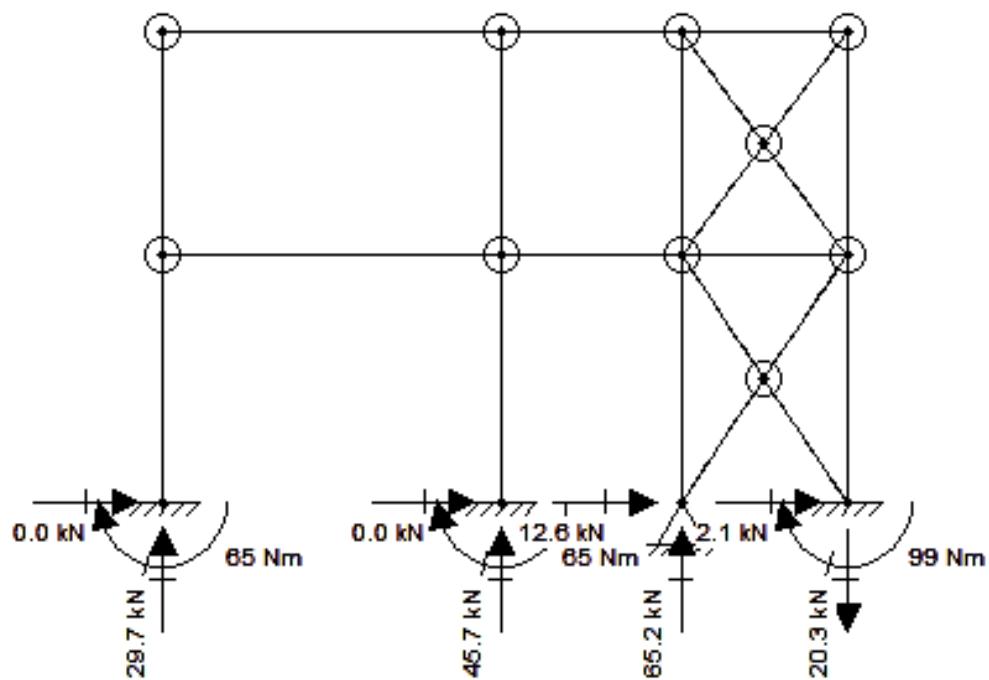


Figura 74: Esquema de reacciones del pórtico 4.

3.3.8 Análisis de resultados

El pórtico del eje E es afectado por las cargas de los pisos y del techado en mayor medida, lo que nos lleva a diseñar las columnas, conectores de vigas y diagonales de muros con los valores obtenidos en sentido X. La mayor carga axial que reciben estos elementos a compresión son: para una columna de 3 m es de 69.3 kN, para un conector de viga de 3 m es de 0.1 kN, y mientras que para las diagonales de muros el valor más crítico de estos es de 34.4 kN a una longitud asumida de 2.1 metros. La viga cumbrera, la viga central y la viga principal se diseñan en función de los momentos obtenidos en el diagrama de momentos del pórtico 3.

Tabla

20

Resumen de reacciones de porticos por columnas.

PORTICO		col 1	col 2	col 3	col 4	col 5	col 6
E	Axial [kN]	61	66	93.6	31.9	--	--
	Cortante [kN]	0.1	0.1	24.3	-4.6	--	--
	Momento [Nm]	180	186	155	309	--	--
D,F	Axial [kN]	34.4	30.2	58.2	27	--	--
	Cortante [kN]	0	0	13.1	6.7	--	--
	Momento [Nm]	81	81	0	144	--	--
3	Axial [kN]	33.5	51.5	72.4	21.8	--	--
	Cortante [kN]	0.1	0.1	13.2	1.5	--	--
	Momento [Nm]	280	280	0	418	--	--
1	Axial [kN]	26.1	70.9	8.1	--	--	--
	Cortante [kN]	0.1	15.6	1.3	--	--	--
	Momento [Nm]	229	191	323	--	--	--
2	Axial [kN]	3.6	17.4	67	2.1	30.4	4
	Cortante [kN]	0	14.4	0.3	0	0	0
	Momento [Nm]	62	0	0	109	0	66
4	Axial [kN]	29.7	45.7	65.2	20.3	---	---
	Cortante [kN]	0	0	12.6	2.1	---	---
	Momento [Nm]	65	65	0	99	---	---

3.3.9 Columnas

La columna se asentará sobre una placa anclada a la cimentación, de modo que no puede rotar pero ni trasladarse. Se supone que por el tipo de conexión con la viga en el extremo superior de la columna, puede desplazarse lateralmente y rotar parcialmente en este extremo. Por esta razón se asume $K = 1.5$ para el cálculo de la longitud efectiva. La longitud de la columna se asume 3m y la para este modelo se asume una sección mínima inicial de 25cm de base y 25cm de altura. La carga axial se asume la obtenida del diagrama de fuerzas axiales del pórtico E con un valor de:

$$N_c = 69.3 \text{ kN}$$

$$N_c \text{ asumido} = 7070 \text{ Kgf}$$

Se obtiene la longitud efectiva del elemento:

$$L_{ef} = K \cdot L$$

$$L_{ef} = 1.5 \times 3.00$$

$$L_{ef} = 4.50 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_{ef}}{d}$$

$$\lambda = \frac{4.50 \text{ m}}{0.25 \text{ m}}$$

$$\lambda = 18.0$$

Para columnas de maderas del grupo B, el valor de C_k es de 18.34, (PADT-REFORT, 1984)

$\lambda < C_k$, entonces se trata de una columna intermedia.

$$N_{adm} = f_c \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right) A$$

Ecuación 14

$$N_{adm} = 110 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{18.0}{18.34} \right)^4 \right) A$$

$$N_{adm} = 47486 \text{ kgf}$$

Entonces:

$$N_c < N_{adm}$$

El esfuerzo generado por las cargas no supera al admisible por lo tanto la sección de las columnas se mantiene en 25cm de base y 25cm de altura. En el capítulo 4 de este proyecto se compara los resultados obtenidos de este capítulo con las resistencias de placas de anclaje entre cimentación y columnas de madera.

3.3.10 Conectores de Vigas

Para los conectores de vigas se asume articulado en ambos lados. Por esta razón se asume $K = 1.0$, en el capítulo 4 se especifica el tipo de junta requerida.

Carga axial: 0.1 kN,

N_{cv} asumido = 10.2 Kgf

Se obtiene la longitud efectiva del elemento:

$$L_{ef} = K.L$$

$$L_{ef} = 1.0 \times (3.00 - 2(0.15))$$

$$L_{ef} = 2.7 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_{ef}}{d}$$

$$\lambda = \frac{2.7\text{m}}{0.10\text{m}}$$

$$\lambda = 27$$

Ck para maderas del grupo B es de 20.2 considerándolo parte del entramado de la estructura (Tabla 9.4, PADT-REFORT, 1984)

$\lambda > C_k$, y Además $\lambda < 50$; entonces se trata de una columna larga.

$$N_{adm} = 0.329 \left(\frac{EA}{(\lambda)^2} \right) \quad \text{Ecuación 15}$$

$$N_{adm} = 0.329 \left(\frac{75000 \text{Kgf/cm}^2 (10 \text{cm} \times 15 \text{cm})}{(27)^2} \right)$$

$$N_{adm} = 5077.2 \text{ kgf}$$

Entonces: $N_{cv} < N_{adm}$

El esfuerzo generado por las cargas a compresión no supera al admisible por lo tanto se asume como elemento tipo para todos los conectores de vigas.

3.3.11 Diagonales de muros

Para las diagonales de muros se asume articulado en ambos lados. Por esta razón se asume $K = 1.0$, en el capítulo 4 se especifica los tipos de apoyos recomendados para estos casos utilizando placas diseñadas para construcciones de madera sismo resistentes.

Carga axial: 34.4 kN,

N_{cv} asumido = 3507 Kgf

Se obtiene la longitud efectiva del elemento:

$$L_{ef} = K.L$$

$$L_{ef} = 1.0 \times (2.1 - 2(0.1))$$

$$L_{ef} = 1.9 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L_{ef}}{d}$$

$$\lambda = \frac{1.9\text{m}}{0.10\text{m}}$$

$$\lambda = 19$$

C_k para maderas del grupo B es de 20.2 considerándolo parte del entramado de la estructura (Tabla 9.4, PADT-REFORT, 1984)

$$\lambda < C_k,$$

entonces se trata de una columna intermedia.

$$N_{adm} = f_c \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right) A \quad \textbf{Ecuación 16}$$

$$N_{adm} = 110 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{18.0}{18.34} \right)^4 \right) A$$

$$N_{adm} = 6776.35 \text{ kgf}$$

Entonces: $N_c < N_{adm}$

El esfuerzo generado por las cargas a compresión sobre las diagonales no supera al admisible por lo tanto se asume como elemento tipo para todos los elementos que forman las diagonales. Debido a que las características del suelo varían en gran manera dependiendo del sitio donde se colocará la casa modelo, en este proyecto se recomienda al proyectista considerar las cargas y esfuerzos obtenidos para determinar el diseño de la losa de cimentación para cada caso en particular de acuerdo al sitio.

También se recomienda al lector se haga un estudio detallado de la cimentación en función de las fallas geológicas cercanas a la posible ubicación de cada proyecto, tomando en cuenta las recomendaciones del estudio de suelos correspondiente.

Los parantes, dinteles escaleras y enmarcado interior se consideran elementos no estructurales, que el constructor o proyectista puede anclar a la cimentación o clavar simplemente a la estructura principal, de esta manera se plantea diseñada la estructura principal de madera.

CAPITULO 4

PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA CASA MODELO DE ESTRUCTURA DE MADERA

4.1 Subestructura de la casa modelo

4.1.1 Cimentación

El desbroce, limpieza, nivelación, alineamiento de fundación y excavación constituyen la preparación del terreno, es el primer paso para cualquier edificación. En la zona del proyecto se deberá retirar la vegetación y la capa superficial blanda que presenta el suelo, para poder replantear las líneas y puntos que definirán la cimentación.

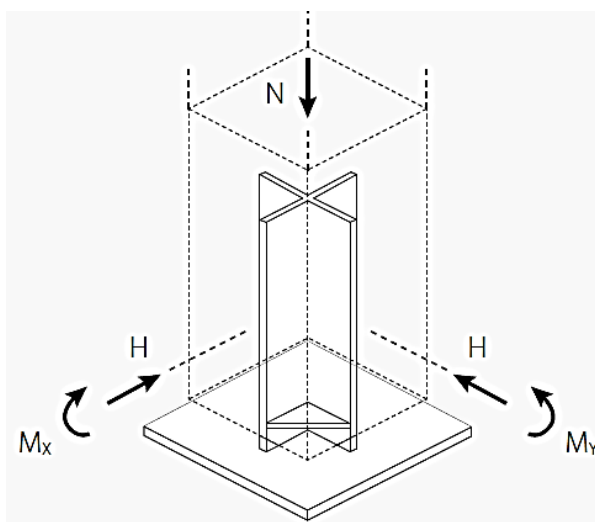


Figura 75: Unión columna - cimentación.

Fuente: Catálogo ROTHOBLAAS, "Placas y Conectores para Madera"

Luego se procede a la excavación hasta la profundidad requerida asignada por los estudios de suelos. Se coloca el acero de refuerzo y se amarra el cruce de varillas con alambre y se pone soportes para que separen las varillas del suelo permitiendo un recubrimiento de concreto debajo. Se define el perfil de la cimentación con encofrado para que el concreto tome su forma, luego se coloca el concreto. Una vez fraguado el hormigón, se alinean los ejes de las columnas y con tornillos para luego anclar la base mecánica del apoyo de la columna sobre el concreto.

Tabla 21
Valores característicos de placas tipo TYP-X para unión de la Columna a la cimentación.

configuración	COMPRESIÓN	CORTE	MOMENTO X	MOMENTO Y
	N_k [kN]	H_k [kN]	$M_{x,k}$ [kNm]	$M_{y,k}$ [kNm]
S1	127,00	10,10	2,28	2,28
S2	127,00	13,80	4,39	4,39
S3	127,00	13,80	5,53	5,53
S4	127,00	13,80	2,94	2,94

Fuente: Catálogo ROTHOBLAAS, "Placas y Conectores para Madera".

Para este proyecto se recomienda las placas de tipo TYP-X para pie de columna cruzado, de acero al carbono con galvanizado en caliente, recomendado para construcciones en zonas de alta sismicidad, además presenta una alta resistencia a la exposición del medio ambiente.

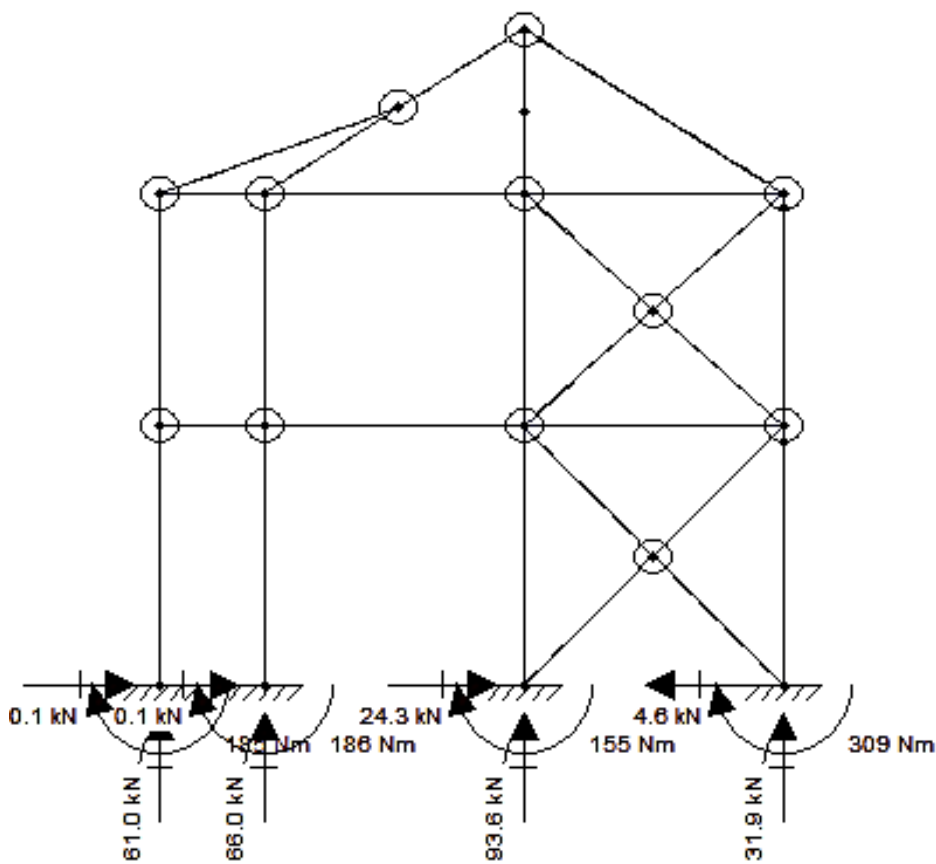


Figura 76: Reacciones de los pórticos E.

Este modelo permite una rápida y fácil colocación en obra, su configuración cruzada y la disposición de los fijadores asegura resistencia de este tipo de unión. El momento en el apoyo de columnas no supera en ningún caso la resistencia característica de la placa de anclaje considerada. Como resultado se tiene que todas las placas de apoyo de las columnas resisten la compresión generada por la estructura para cada caso.

Hay una carga en tracción la cual se comprueba con el tipo de anclaje a la cimentación. Para anclar todas las columnas perimetrales se asume un anclaje pesado de tipo AB1, de los cuales se selecciona 4 pernos del tipo M8 que en total resisten la carga de tracción generada durante el efecto de cargas laterales.

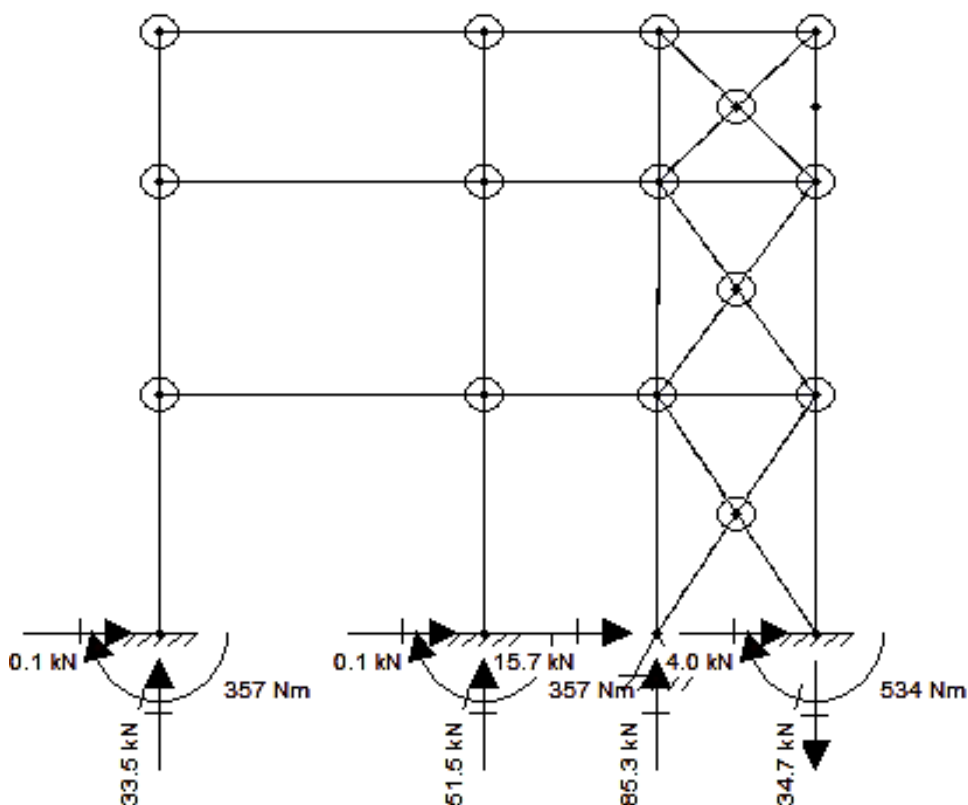


Figura 77: Reacciones de los pórticos 3.

Tabla

22

Valores característicos de pernos de anclaje tipo AB1 para anclaje de columnas a la cimentación.

	HORMIGÓN RANURADO			
	TRACCIÓN ⁽¹⁾		CORTE ⁽²⁾	
	$N_{Rk,p}$ [kN]	γ_{Mp}	$V_{Rk,s}$ [kN]	
			AB1 galvanizado	AB1 A4
M8	5		10	11
M10	9	1,8	18	17
M12	12		23	25
M16	20	1,5	44	47

Fuente: Catálogo ROTHOBLAAS, "Placas y Conectores para Madera".

El efecto del corte en los apoyos resulta ser crítico para la columna central, con un valor de 24.3 kN. La placa de apoyo únicamente resiste un cortante de 13.8 kN. Por esta razón se asume colocar 4 pernos de anclaje del tipo M8 que superan el requerimiento del corte generado por las cargas laterales de diseño. En resumen, Se coloca anclajes TYP-X-S1 con 4 pernos AB1-M8 para columnas perimetrales y un anclaje TYP-X-S2 con 4 pernos AB1-M8. Para el proceso constructivo estas placas se colocan como se muestra en la siguiente figura y los valores característicos de este material están en el catálogo ROTHOBLAAS, “Placas y Conectores para Madera”.

Se deben hacer perforaciones y limpiar bien la ranura para luego colocar el anclaje químico del tipo VINILPRO. Se señala la profundidad efectiva de estos anclajes que para el anclaje de pernos AB1-M8 es de 64 mm. Girando se lo introduce en el orificio, se deja en reposo durante mínimo 45 minutos alrededor de 20 grados centígrados y luego se da presión a la tuerca sobre este perno.

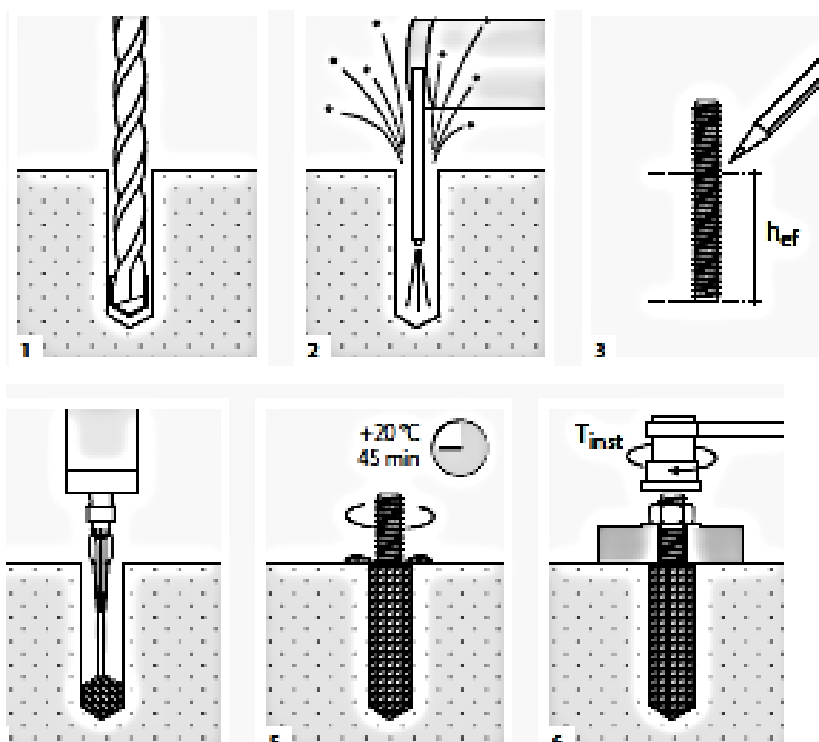


Figura 78: proceso de colocación de pernos de Anclajes para apoyo de columnas a la cimentación.

Fuente: Catálogo ROTHOBLAAS, “Placas y Conectores para Madera”

4.2 Estructura de la casa modelo

4.2.1 Enmarcado o entramado.

Se parte colocando las columnas sobre de los apoyos metálicos anclados previamente con tornillos, y para alinear la columna de manera de forma perpendicular se colocan elementos temporales que limiten el cabeceo de la columna. Se verifica que en todo el proceso estas permanezcan perpendiculares utilizando un nivel largo.

Las vigas y conectores de viguetas se deben colocar conectando las columnas sin hacer cortes profundos a la sección de columna y anclándola sucesivamente con placas de sujeción. Para las viguetas de piso y viguetas de techado se recomienda utilizar el mismo sistema ya que permite un rápido montaje.



Figura 79: Placas tipo RICON.

Fuente: Catálogo ROTHOBLAAS,
“Placas y Conectores para Madera”

Para todas las vigas, conectores de vigas, viguetas y diagonales se utiliza las conexiones panificadas en el capítulo anterior, modelado como una sujeción que resiste tracción y corte.

Tabla**23****Resistencia al corte de placa de conexión RICON.**

RICON B x H [mm]	viga principal $B_{H,min}$ [mm]	viga secundaria $b_{J,min}$ [mm]	$h_{J,min}$ [mm]	MADERA $R_{v1,k}$ ↓ [kN]
40 x 60	60	50	80	6,32
40 x 80	60	50	100	10,30
40 x 100	60	50	120	15,40
40 x 120	60	50	140	19,75
40 x 140	60	50	160	24,11
40 x 160	60	50	180	28,46

Fuente: Catálogo ROTHOBLAAS, "Placas y Conectores para Madera".

Las conexiones de tipo RICON, son placas de unión de elementos de madera recomendados para construcciones en zonas de sismicidad alta, que tienen características de las características de resistencia con las que se ha diseñado en el capítulo anterior.

Tabla**24****Resistencia a la tracción de placa de conexión RICON.**

RICON B x H [mm]	viga principal $B_{H,min}$ [mm]	viga secundaria $b_{J,min}$ [mm]	$h_{J,min}$ [mm]	MADERA $R_{ax1,k}$ → [kN]
40 x 60	60	50	80	8,36
40 x 80	60	50	100	
40 x 100	60	50	120	
40 x 120	60	50	140	
40 x 140	60	50	160	
40 x 160	60	50	180	

Fuente: Catálogo ROTHOBLAAS, "Placas y Conectores para Madera".

Las secciones de los elementos anteriormente diseñados son:

Vigas Cumbre	20cm x 20cm
Vigas Laterales y viga central:	10cm x 20cm
Vigas Principales:	15cm x 30cm
Conectores de vigas:	10cm x 15cm
Viguetas de Piso:	5cm x 25 cm
Viguetas de Techado:	5cm x 20cm
Diagonales:	10cm 10 cm

Para la viga cumbre la mayor carga axial de tracción registrada es de 0.5 kN y un cortante máximo de 10.3 kN y por esta razón se recomienda para las conexiones de este elemento con las columnas las juntas de tipo RICON 40x80. Esta cumple con los requerimientos mínimos de sección.

Para las vigas laterales y central la mayor carga axial de tracción registrada es de 0.1 kN y un cortante máximo de 0.4 kN y por esta razón se recomienda para las conexiones de este elemento con las columnas las juntas de tipo RICON 40x60. Esta cumple con los requerimientos mínimos de sección. Para las vigas principales la mayor carga axial de tracción registrada es de 0.4 kN y un cortante máximo de 22.8 kN y por esta razón se recomienda para las conexiones de este elemento con las columnas las juntas de tipo RICON 40x140. Esta cumple con los requerimientos mínimos de sección.

Para los conectores de vigas la mayor carga axial de tracción registrada es de 7.9 kN y no tienen cortante representativo ya que las cargas de piso están direccionadas a las vigas principales y por esta razón se recomienda para las conexiones de este elemento con las columnas las juntas de tipo RICON 40x60. Esta cumple con los requerimientos mínimos de sección.

Para las viguetas de piso y viguetas de techado se asume las reacciones calculadas en el capítulo anterior cuya reacción máxima es de 217.05 kgf, asumidos como 2.2 kN y se coloca la junta RICON 40x60,

además se ratifica que estas cumplen con las secciones mínimas. Para anclar la columna del segundo piso a la del primer piso se recomienda un desfase de la sección de la columna para unir con la otra y apretar la columna con pernos en la zona baja del segundo nivel.

Todas estas placas de sujeción, pernos clavos y otros tipos de conexiones se puede encontrar en el catálogo de “Placas y Conectores para Madera” de Fastener Soluciones SA de ROTHOBLAAS, El proyectista puede utilizar otros métodos de conexión demostrando su resistencia como aporte en la estructura.



Figura 80: Otras placas de conexión para vigas.

Hasta aquí tenemos una estructura enmarcada de vigas y columnas que requiere ser rigidizada, se colocan elementos temporales que permitan mantener firme la estructura para poder continuar colocando los demás elementos que aportarán con rigidez como pisos y paredes. Los elementos temporales que sujetan a la columna en varias direcciones se retiran al momento de colocar las paredes, puertas y ventanas.

Durante este proceso el viento es un factor influyente en la estructura, por lo que se recomienda utilizar estos elementos temporales en posiciones que no interfieran en la colocación de la pared y que resista el empuje del viento hasta clavarla y sujetar la pared completamente a las vigas y al suelo mediante placas.

4.2.2 Pisos



Figura 81: Viguetas de piso descubiertas.

Las viguetas de piso se colocan a una separación de 40 cm una de otra, todas en la misma dirección, sujetándolas a la viga principal mediante

placas ancladas. Se recomienda colocar rigidizadores centrales para evitar el alabeo de estas viguetas. Sobre las viguetas de piso se coloca el tablero contrachapado clavándolo para hacer que estos elementos trabajen en conjunto recibiendo las cargas de cada nivel.



Figura 82: Viguetas de piso cubiertas con tablero contrachapado.

El tablero contrachapado es un material a base de madera elaborado con finas chapas de madera pegadas unas sobre otras con resinas sintéticas mediante presión y calor. Cada capa está colocada con las fibras en diferentes direcciones, es decir, las fibras de la capa superior forman 90 grados con las fibras de la capa inferior, esta técnica mejora notablemente las características dándole estabilidad dimensional.

4.2.3 Paredes interiores y exteriores

Las paredes están conformadas de parantes que dejan espacio suficiente para el material de insolación, tienen una separación que permite la sujeción de los materiales de recubrimiento interior y exterior de la casa, por lo general es la misma separación de las viguetas de piso para darle facilidad al constructor en la colocación de los materiales.

Se colocan piezas horizontales en la cabeza y pie de los parantes para completar el enmarcado de las paredes y así poder clavarlo a las vigas y al piso. Para sujetar las paredes al piso se recomienda utilizar la placa perforada tridimensional tipo WHT XXL. Y para sujetar las paredes a pisos superiores se recomienda placas de tipo LBV 1.5mm, estas placas se las puede encontrar en el catálogo de “Placas y Conectores para Madera” de Fastener Soluciones SA de ROTHOBLAAS.



Figura 83: Detalle de unión de paredes al piso y pared viga.

Fuente: Catálogo ROTHOBLAAS, “Placas y Conectores para Madera”

Todo el exterior de estas paredes se recubre con tablero contrachapado clavándolo hacia los parantes, así el material de fachada exterior tiene un apoyo firme para ser sujetado. El lado interior de la paredes no requiere el tablero contrachapado, únicamente se colocará materiales que tengan alta resistencia a la transferencia de temperatura.



Figura 84: Enmarcado de paredes exteriores e interiores.

4.2.4 Aberturas en paredes



Figura 85: Enmarcado tipo de puerta.

Para el caso de paredes que tienen aberturas de puertas y ventanas es necesario que se haga la forma del marco dejando una holgura suficiente para la colocación y ajuste a nivel de la puerta o ventana. Los elementos horizontales que definen el marco de la abertura se deben apoyar en parantes de la pared que transfieren directamente el peso de la ventana al piso.

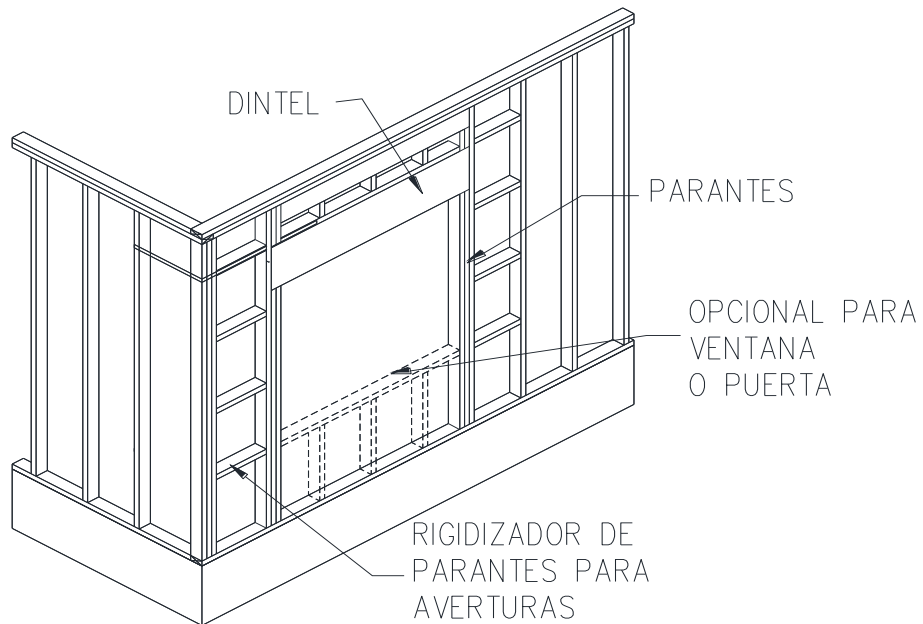


Figura 86: Enmarcado tipo de ventana.

4.3 Superestructura de la casa modelo

4.3.1 Techado



Figura 87: Colocación de vigas de techado.

El enmarcado del techado se inicia colocando las vigas laterales directamente sobre las columnas del segundo piso, estas soportan una porción del peso del techado y por esta razón se lo considera parte de la superestructura. Sobre las vigas laterales se asientan las viguetas de techado que a su vez inclinadas se apoyan también en la viga de cresta o cumbrera, separadas en la misma medida de las viguetas de piso para facilitar la colocación en obra, y se colocaran de lado y lado alternando para mantener el equilibrio de peso hacia la viga de cresta.



Figura 88: Entramado del Techado.

La viga de cresta debe verificarse que siempre permanezca horizontal a nivel. Después de formada la estructura de techado se debe colocar tableros contrachapados clavados hacia las viguetas de techado (rafters), este tablero contrachapado permite fijar el material de recubrimiento del techado posteriormente.

Una vez concluido el proceso de construcción del enmarcado, es necesario proteger la estructura de madera frente a la lluvia y la humedad. Se coloca una lona de cualquier material que le permita permanecer impermeable a la estructura de madera. En este proyecto se recomienda la colocación de láminas sintéticas que se puede encontrar fácil mente, se menciona a la empresa CHOVA DEL ECUADOR SA. Que entre sus productos expone algunas opciones de impermeabilizantes sintéticos.



Figura 89: Lámina sintética en paredes y Lámina asfáltica en techos.

Fuente: (Catálogo de productos CHOVA DEL ECUADOR SA).

4.3.2 Recubrimientos del Techado

Los materiales de revestimiento del techado son de suma importancia ya que deben resistir el mayor tiempo posible a la exposición exterior. Para este proyecto se ha tomado en cuenta las tejas asfálticas que ha presentado buenos resultados y sus características y duración son ya reconocidas en el mercado. Del catálogo de CHOVA DEL ECUADOR SA. se considera el modelo rectangular o estándar habiendo una diferencia únicamente estética en la forma, todas poseen las mismas características de resistencia.

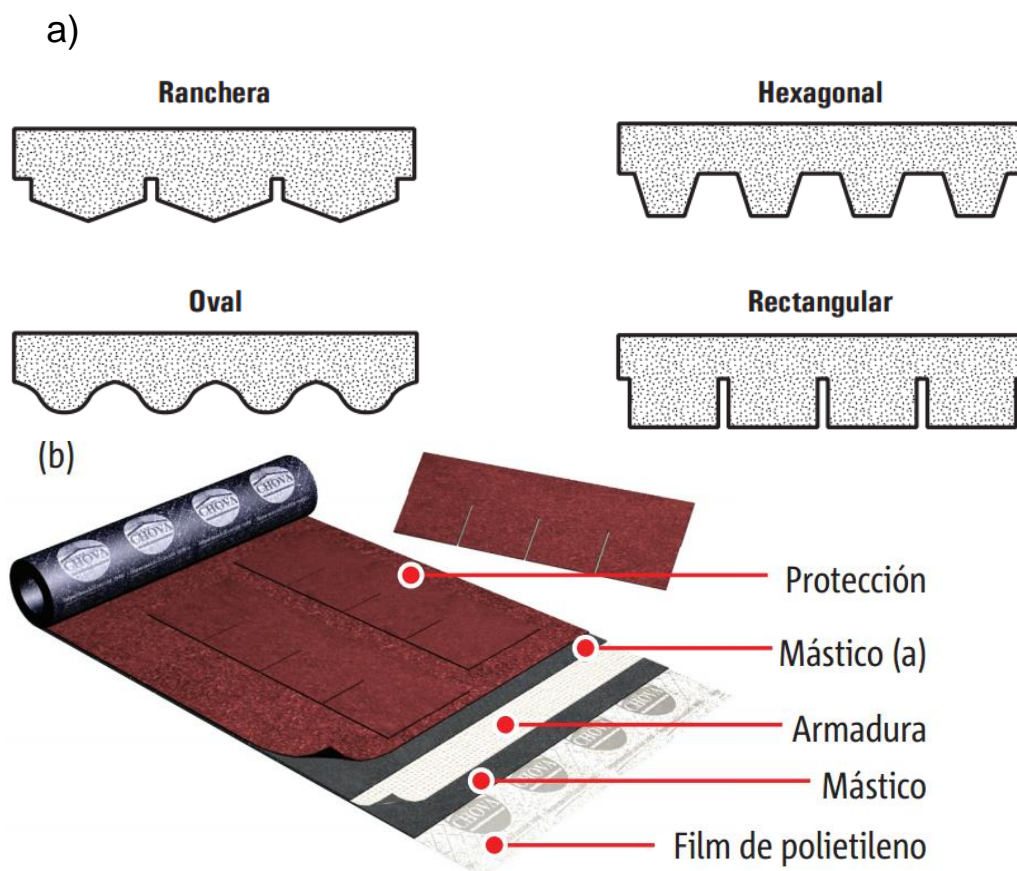


Figura 90: Lámina sintética en paredes y Lámina impermeable.

Fuente: Catálogo de productos CHOVA DEL ECUADOR SA.

La colocación de la teja asfáltica es sencilla, previamente se debe preparar el área a cubrir colocando de un extremo a otro al menos una capa de mástico (lamina de material viscoso) sobre el impermeabilizante colocado anteriormente. Para techos de pendientes pronunciadas se sugiere agregar una capa de armadura que es un tejido adhesivo que se coloca entre las capas de mástico, y sobre estas capas se coloca la teja asfáltica. Para evitar que la lluvia penetre en las capas se recomienda colocar goteros y canaletas para conducir el agua.



Figura 91: Colocación de primeras tejas asfálticas.

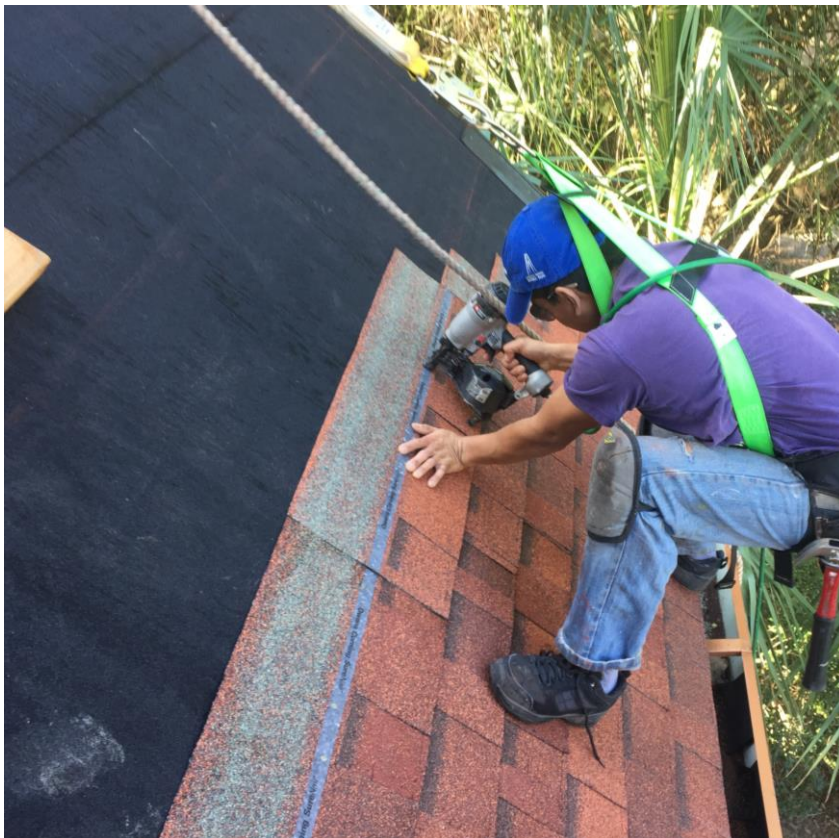


Figura 92: clavado de teja asfáltica.



Figura 93: Proceso de colocación de teja asfáltica.

Para la colocación de la teja asfáltica es importante marcar alineaciones guía y se coloca desde la zona más baja, para que la siguiente capa se coloque sobre la anterior permitiendo el drenaje del agua lluvia. Se

coloca la teja clavándola hacia el tablero contrachapado y las capas superiores van cubriendo el clavo para protegerlo de la humedad, traslapando la unión al poner la siguiente capa.



Figura 94: techado en la cima de la casa.

Ambas inclinaciones convergen en la cima de la casa, la cual debe ser cubierta con la misma teja asfáltica, recortándola en 4 partes iguales y colocándolas una seguida de otra en la cima del techado. El techado y las paredes quedan recubiertas y protegidas de la lluvia con los materiales anteriormente mencionados, (ver figura 61).

4.3.3 Recubrimiento de Paredes



Figura 95: Recubrimiento de Siding para el exterior.

Fuente: (Catálogo de productos DVP ECUADOR).

Para el recubrimiento exterior se propone un material liviano y rápido de colocar, el revestimiento de siding representa una solución completa, fácil de limpiar y de larga duración, no requiere pintura lo que lo vuelve directamente un material de revestimiento terminado. Se recomienda DVP ECUADOR como uno de los proveedores de este material, en cuyo catálogo de terminaciones para construcción presenta varias opciones en la forma y color. Se coloca desde abajo hacia arriba de las paredes, clavándolo hacia el tablero contrachapado colocado en las paredes exteriores, su forma permite encajar fácilmente una pieza con otra.

4.3.4 Instalaciones



Figura 96: Instalaciones eléctricas, aire acondicionado.

Mientras el proceso de recubrir la casa en el exterior se desarrolla, los trabajos en el interior pueden iniciarse, la colocación del cableado y central eléctrica junto con la instalación de tuberías de agua y drenaje, sistemas electrónicos, sensores, Instalaciones de aire acondicionado y las necesidades requeridas se colocan en sus posiciones en la casa, fijándolos al entramado con tornillos o clavos. En este paso se puede hacer una planificación conjunta con los grupos de trabajo que realizarán las

instalaciones para conducir los ductos y cableados por conductos comunes a través de la casa.



Figura 97: Instalaciones eléctricas y plomería entre parantes.

4.4 Equipamiento para el control térmico del interior.

4.4.1 Puertas y ventanas

Al ser aberturas en las paredes se consideran el principal foco de fuga de aire, las fugas generan un mayor gasto energético para poder mantener una cierta temperatura en el interior de la casa. Por este motivo, puertas y ventanas deben ser colocadas con materiales que permitan mantener totalmente separado el entorno interior del exterior, es decir, que deben ser

colocadas con un sellante exterior y una buena cobertura en el interior, que permita controlar la temperatura en el interior de la casa.



Figura 98: Colocación de Puertas y ventanas.

Para la colocación de la puerta o ventana primero se verifica que las dimensiones encajen en la apertura y que el umbral esté nivelado. Siempre se debe instalar puertas y ventanas a nivel y exactamente según las recomendaciones del fabricante. Se coloca una cinta impermeabilizante en todo el perímetro de la puerta o ventana para evitar el ingreso de agua o aire desde el exterior. CHOVA DEL ECUADOR SA., es un proveedor calificado de varios materiales impermeabilizantes, entre ellos ofrece sellantes y una cinta impermeabilizante para puertas y ventanas llamada “Rapid Bric”.

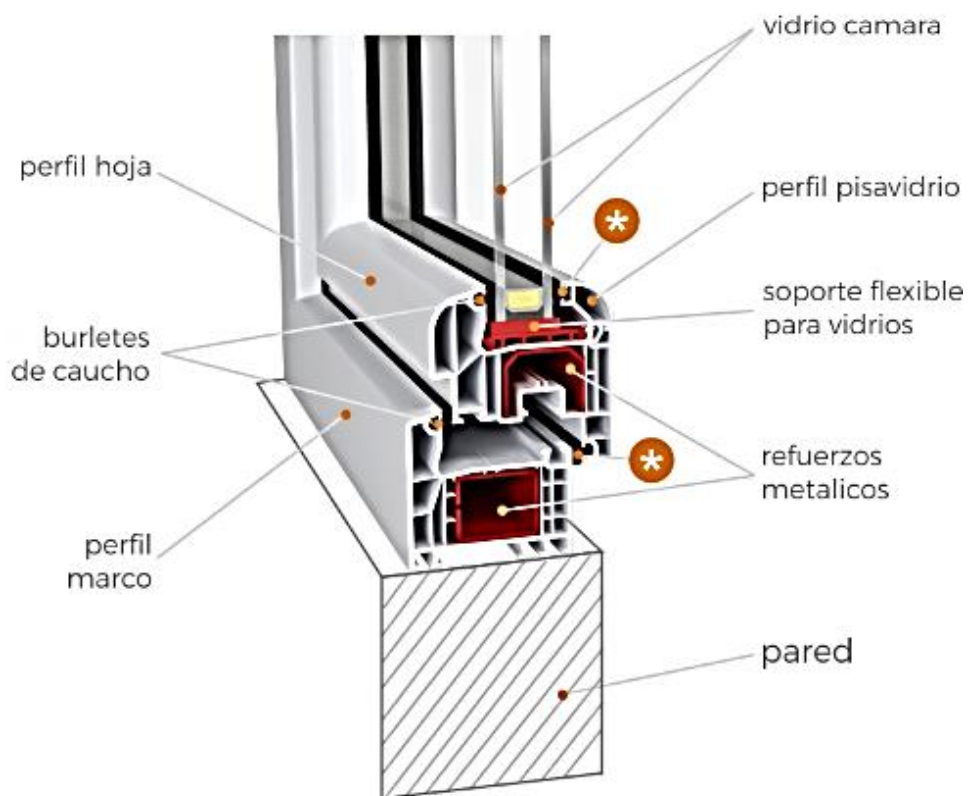


Figura 99: Estructura de acristamiento de puertas y ventanas.

Fuente: (Catálogo de productos de VENTANAS MAGIGAS).

Debido a que las puertas y ventanas conectan directamente el interior con el exterior mediante el vidrio, estas deben tener doble cristal y ser normadas para mantener la eficiencia general de la casa. Se recomienda VENTANAS MAGIGAS como empresa proveedora que entrega puertas y ventanas normadas y calificadas.

4.4.2 Insolación

El conjunto de elementos que conforman una metodología de insolación tiene como objetivo principal el de acumular entre todos estos un valor de conductividad térmica bajo. Empezando por la madera como principal elemento, bajo en conductividad térmica y en combinación con otros materiales se puede aislar el interior del exterior de la casa. Previo a

seleccionar una opción de insulación es necesaria la comprensión del movimiento del aire en el interior de la casa debido a la temperatura.



Figura 100: Insulación colocada entre viguetas.

Los aislantes más conocidos son lana de roca, fibra de vidrio, la celulosa y la espuma rígida, el proyectista deberá planificar en función del presupuesto para definir la mejor opción, tomando en cuenta que los materiales que presentan alta resistencia a la transferencia de temperatura son opciones a considerar como materiales de insulación para la casa. Los proveedores usualmente exponen el factor de resistencia a la transferencia de temperatura, permitiendo así colocar un material de acuerdo a la necesidad de cada caso. Para este proyecto se propone materiales como la fibra de vidrio o lana de roca mineral, cuyo procedimiento de colocación es

muy sencillo. Puede colocarse a mano entre los parantes de las paredes sin necesidad de presión, pues trabajan mejor los materiales no compactados.



Figura 101: Insulación colocada entre parantes.

Estos productos son porosos, fabricados a partir de roca volcánica, son incombustibles, con un bajo coeficiente de conductividad térmica y buen coeficiente de absorción acústica.

Este material se coloca entre las viguetas de piso, entre los parantes de las paredes exteriores y entre las viguetas de techado, cubriendo así todo

orificio dejado por el enmarcado de madera. Este producto es comercializado por CHOVA DEL ECUADOR, DISETEC SOLUCIONES INDUSTRIALES entre otros.

El sistema de aire acondicionado envía una tubería que conduce el aire a través de ductos dentro de la casa, para distribuirlo posteriormente con tuberías menores a cada habitación de la casa.

4.4.3 Recubrimiento Interior



Para este revestimiento interior se considera un material común en el mercado actual, fácil y rápido de colocar y que aporta de gran manera a la resistencia a la transferencia de temperatura. Las láminas de gypsum se anclan al enmarcado únicamente con tornillos lo que facilita el proceso de colocación.



Figura 102: colocación gypsum en paredes.

Para la colocación la superficie del enmarcado debe ser uniforme y lisa para que la lámina de gypsum se afirme completamente, verificando que la insolación este colocada entre los parantes de la pared. Los cortes de este tablero se pueden realizar con una cuchilla simple de manera rápida haciendo que esta parte del proceso constructivo tarde poco tiempo. Para las conexiones eléctricas se hace un corte del tamaño y forma requerida.



Figura 103: colocación gypsum en techado.

Los tornillos aprietan la lámina de gypsum al enmarcado dejando una zona presionada, la misma que debe ser rellenada para mantener la pared lisa y lista para la pintura. Las juntas entre paneles de gypsum y las esquinas también resultan presionadas por los tornillos por lo que resulta necesario emparejarlas también para obtener paredes lisas.



Figura 104: colocación de papel rígido en juntas.

Para las esquinas interiores se utiliza la cinta de papel con perfil metálico fino que también entregan los proveedores, estas forman los ángulos rectos en las esquinas. Este proceso demora debido a la espera del secado de la mezcla que rellena los agujeros y hendiduras hasta conseguir una superficie seca y completamente lisa. GYPSUM QUITO SA., CIEPAR, SICON SISTEMAS CONSTRULIVIANOS Cia. Ltda, entre otros, forman parte de la gran gama de proveedores a nivel nacional que ofrecen todos los productos necesarios para darle el acabado que se requiera a la pared de gypsum.



Figura 105: Sellado de agujeros y juntas de gypsum.

A continuación se presenta el proceso constructivo de la formación de la pared lisa para juntas y tornillos que aprietan las láminas de gisumí mediante las siguientes figuras



Figura 106: Sellado de yeso.



Figura 107: Colocación de cinta de papel o fibra.

La cinta de papel o fibra cubre la junta controlando que la pasta de yeso se sujete firme a una superficie y al secarse forma una superficie para las siguientes capas y la pintura.



Figura 108: corte de yeso.



Figura 109: limpieza de superficie.

Una vez limpia la superficie se procede a colocar al menos 3 capas de yeso o hasta dejar plana completamente la superficie respecto de las zonas no presionadas de las láminas de gypsum.



Figura 110: Lijado de paredes.

Para finalizar este proceso se lija las superficies de paredes, techo que fueron recubiertas de gypsum con yeso, esto se lo puede verificar con mucha iluminación que permita reconocer los fallos del material. Cabe reconocer que la humedad a la que se trabaja el yeso al colocarlo en las uniones de gypsum y en los agujeros que deja la presión de tornillos debe ser óptima para que permita un rápido secado durante la colocación, y de esta manera se puede realizar las capas en menor tiempo. Cada capa debe esperar a que seque la anterior. En las esquinas se debe hacer un solo lado y esperar a que seque para colocar el asta de yeso en el otro lado, y de esta manera sucesivamente hasta llegar a obtener una esquina lisa y lista para la pintura.

Para este proyecto se ha preparado una pared que permita observar lo anteriormente explicado entre dos paredes, (ver figura 111) donde se tiene una pared únicamente con enmarcado y otras paredes recubiertas y listas para pintar.



Figura 111: Sellado de agujeros y juntas de gypsum.

4.4.4 Detalles complementarios

El tipo de piso que se coloque y la baldosa para los baños y cocina aumentan la resistencia a la transferencia de temperatura, por este motivo se deja esa iniciativa para próximos avances de este proyecto. Además, para completar el sellado de la casa se debe aplicar sellantes en el perfil de ventanas y puertas desde el interior de la casa.

As instalaciones de aire acondicionado deben ser colocadas entre los parantes de paredes y entre las viguetas de techado y piso (ver figura 112).



Figura 112: Ducto de aire acondicionado entre viguetas de techado.

Se muestra también las instalaciones eléctricas en una pared antes y después de colocados los recubrimientos interiores preparados para este proyecto. Las láminas de gypsum son un material sencillo de cortar y de colocación simple, además fácil de reparar, se recorta se sección necesaria para colocar los interruptores y queda listo para recubrirlo y pintarlo. (Ver figura113). Inicialmente se colocan las cajas y cables para estimar un correcto ordenamiento de los cables, para la etapa final se colocan en lugares y posiciones específicas para que el sistema sea entendible para la administración eléctrica de la casa desde el centro de control. (Ver figura114).



Figura 113: Aberturas en gypsum para las instalaciones eléctricas



Figura 114: instalaciones eléctricas colocadas en pared enmarcada y luego recubierta con gypsum

Para este proyecto se ha preparado la las escaleras para una tener una idea clara del enmarcado de las escaleras y el recubrimiento de las mismas. Todo el recubrimiento del enmarcado permite encapsular de mejor manera el aire en el interior de la casa modelo, esto reduce el espacio que requiere ser controlada la temperatura.

El enmarcado de la escalera no representa una estructura que aporte en la rigidez de los pórticos de análisis y por esta razón no se lo considero en los cálculos. El resultado final de un buen enmarcado de la casa permite asegurar que todos los elementos aportan realmente para resistir esfuerzos generados por cargas laterales, al no ser consideradas en el diseño y cálculos el constructor o proyectista puede agregar a la zona de las escaleras el diseño forma y dimensiones que crea necesario.

Para este proyecto se presenta mediante imágenes una recomendación de escaleras para la casa modelo (ver figura 115 y 116)



Figura 115: Enmarcado de escaleras

Los elementos que conforman un enmarcado de escaleras soportan a las vigas en varios apoyos lo que hace que ninguno de los elementos requiera resistir esfuerzos significantes y al mismo tiempo se da forma a la pared interior.



Figura 116: Recubrimiento del enmarcado de escaleras



Figura 117: Recubrimiento y pintado final

Al final e colocadas las ventanas es importante sellar toda posible fuga de aire ya sea con pintura u otros materiales para asegurar una eficiencia al controlar la temperatura en el interior. (ver figura 116).



Figura 118: Recubrimiento y pintado de ventanas y aberturas.

El material que se coloque en el piso aporta al encapsulamiento de la temperatura interior, por esta razón se propone materiales a base de madera que representa el mejor material para este caso sin influir con las propia temperatura del material como lo haría la cerámica o baldosas.

Entre el suelo y el material de terminado del piso existe una abertura que debe ser rellena y al final sellada también, (ver figura 119) en esta abertura encaja parte del piso terminado y mediante clavos se ajusta una lámina que aparte de ser decorativa al final se la sella de la misma manera que se hizo con las ventanas anteriormente.



Figura 119: Ranura para piso terminado.



Figura 120: Sujeción de mastico.

A continuación se presenta unas imágenes que muestran el detalle de materiales de piso en la zona de aire acondicionado con baldosa para baños la cual se coloca sobre láminas de fibra de cemento para ser adherida, (ver figura 121) y pisos de madera para el resto de la casa modelo (ver figura 122). La colocación del piso de madera aporta al sellado de la casa y el proceso constructivo se muestra más adelante.

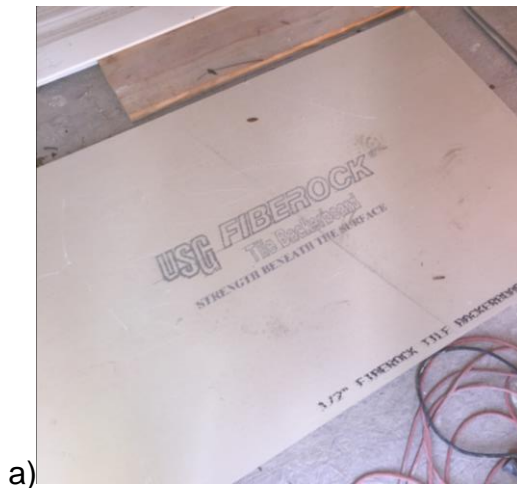


Figura 121: a) Lámina de fibra de cemento, b) baldosa.

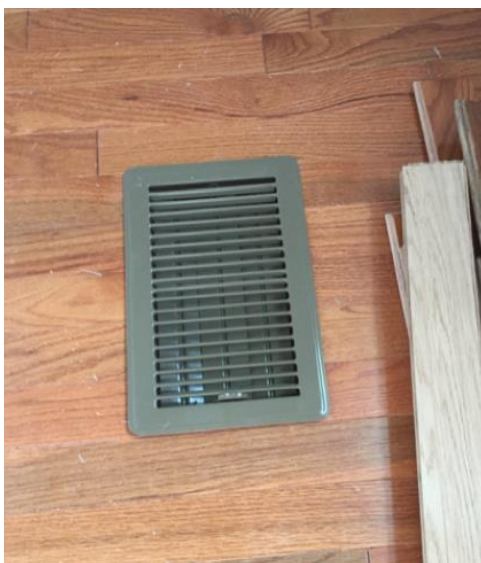


Figura 122: piso de madera.

Se utiliza una lámina de papel grueso o mastico que cumple la función de relleno entre el piso de madera y el tablero contrachapado, esto es debido a que la superficie de ambos materiales deja una serie de orificios al estar en contacto. Ver (Ver figura 123).



Figura 123: mastico en piso.

Luego se coloca un impermeabilizante que limita la humedad del piso o vapor del piso inferior, de esta manera se controla que el piso no se levante por efectos de humedad y al mismo tiempo se asegura el correcto encapsulamiento de la habitación reduciendo el porcentaje de vacíos o fugas posible a través del piso. (Ver figura 124).



Figura 124: Colocación de piso terminado de madera.

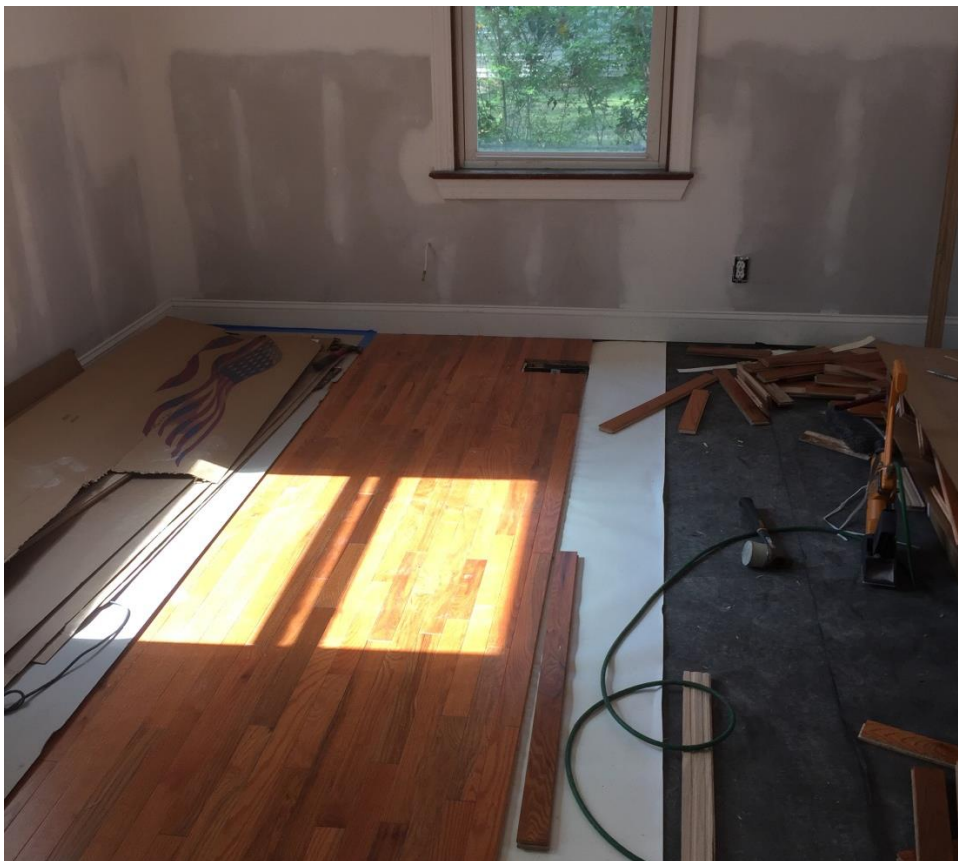


Figura 125: Lamina impermeabilizante sobre mastico en piso.



Figura 126: Clavado final del piso terminado.

CAPITULO**5****ANÁLISIS DE COSTOS**

Los depósitos de madera aserrada en el Ecuador son los establecimientos que registran mayores volúmenes de madera movilizados, especialmente en centros urbanos de Quito, Cuenca, Tena, Coca durante los meses de diciembre 2011 a marzo 2012. Los proveedores de Quito y Cuenca reciben madera principalmente de intermediarios, mientras que del Tena y Coca además de intermediarios reciben de finqueros y comunidades indígenas. (Mejía, 2013).



Figura 127: Proceso constructivo de casas de madera en estados unidos.

Algunos estudios analizan el movimiento del mercado forestal en el Ecuador, el cual está integrado por un numeroso grupo de pequeños productores de madera que usualmente realizan sus operaciones de aprovechamiento de manera informal para el mercado interno. La creciente demanda urbana también contribuye a la informalidad debido a que los intermediarios no son capaces de suministrar todos los pedidos con madera proveniente de aprovechamientos legales. (Mejía, 2013).

El bosque, y principalmente la madera, es una fuente importante de ingresos económicos para los hogares en la Amazonía ecuatoriana. El aprovechamiento de madera se realiza principalmente en los bosques primarios y los sistemas agroforestales, es decir, las familias poseen tierras con bosques nativos y árboles dentro de áreas intervenidas. (Mejía, 2013).

La comercialización de la madera está estructurada a través de redes relativamente complejas de intermediación, que operan a través de mecanismos formales e informales y cuyo principal objetivo es responder a las demandas de cantidad y calidad de los pedidos que son realizados por diferentes sectores de la industria.

El mercado interno de madera, o por lo menos al que se vinculan los productores e intermediarios de la Amazonía ecuatoriana, está liderado por depósitos de gran escala que son los que aglomeran la madera, en particular de especies de mayor valor comercial. (Mejía, 2013).

Los depósitos son los principales abastecedores del mercado nacional (35% del total), movilizan madera principalmente a otros depósitos de menor tamaño, a la industria y a otros consumidores sin RUC registrado. Los depósitos se encuentran localizados en las tres regiones del país, aunque su participación en el volumen comercializado es mayor en la Costa (53%) que en Sierra (28%) y Amazonia (19%). (Mejía, 2013).

La industria consume casi la mitad de toda la madera que ingresa al mercado formal, y está localizada principalmente en la Costa y Sierra, mientras que en la Amazonía esta industria es casi inexistente. En Quito y Cuenca se destina al mercado de la construcción y mueblería. Las

principales especies comercializadas en Quito y Cuenca son maderas para la construcción como el eucalipto y la mueblería como el chuncho, el laurel y el manzano fino. (Mejía, 2013).

5.1 Análisis de costo de la madera estructural estimada para la casa modelo

Para el análisis de costos en este proyecto se considera los elementos estructurales de madera diseñados. Las variantes para el control de temperatura en el interior se deja abierto para el análisis de costos de acuerdo a las necesidad y exigencia de la zona, es decir, para zonas de temperaturas muy altas o muy bajas se utilizarían los más altos niveles de resistencia a la transmisión de temperatura, y se puede utilizar materiales con menores valores de resistencia a la transferencia de temperatura para zonas no muy exigentes.

El techado se compone de viguetas separadas cada 40 cm en cada lado, estas se apoyan sobre la viga cumbrera y las vigas laterales, los sobrantes se utilizan en entramado de escaleras y soportes para mesones, adicionalmente. El recorte en ángulos reduce la longitud de la pieza, por esto es importante que la longitud sea mayor a la de diseño y se recorta a la medida necesaria en obra. Para la viga cumbrera y las vigas laterales se asume una longitud común de 4.20m para ser cortadas y colocadas en obra. La viga Central se incluye en el grupo de vigas laterales debido a que posee las mismas características de longitud y sección.

Para los conectores de vigas se considera la misma sección, pero se clasifica por la longitud que debe cruzar, estas se colocaran en el primer y segundo nivel. De la misma manera se clasifica las viguetas de piso que se colocan dispuestas en la misma dirección de las viguetas de techado y se distribuyen separadas 40 cm una de otra. Las vigas Principales se las coloca en los pórticos 1, 2, 3 y 4, recibiendo las cargas de las viguetas de piso.

Para las columnas del primer nivel se asume una longitud que supere la altura del nivel de piso y se le debe dar continuidad con a columna del segundo piso generando una conexión en la parte inferior del segundo nivel.

Las columnas del segundo nivel se clasifican según la longitud debido a que tres de ellas requieren mayor longitud para llegar hasta la viga cumbrera.

Tabla**25****Costos de Elementos estructurales de Madera.**

ELEMENTO	b	h	L	CANT.	PVP X METRO	TOT PI PROD.	PRECIO FINAL
	cm	cm	m		(DOLAR)	(DOLAR)	(DOLAR)
Vigueta de Techado	5	20	4,25	67	5	21,25	\$ 1.423,75
Viga Cumbrera	20	20	4,20	2	8,5	35,70	\$ 71,40
Viga Lateral	10	20	4,20	8	7,25	30,45	\$ 243,60
Conector de Vigas	10	15	1,20	6	7,25	8,70	\$ 52,20
Conector de Vigas	10	15	3,00	20	7,25	21,75	\$ 435,00
Vigueta de piso	5	25	4,20	11	8,5	35,70	\$ 392,70
Vigueta de piso	5	25	4,20	43	8,5	35,70	\$ 1.535,10
Viga Principal	15	30	4,10	4	8,5	34,85	\$ 139,40
Viga Principal	15	30	4,20	4	8,5	35,70	\$ 142,80
Segundo Piso	25	25	2,70	3	15	40,50	\$ 121,50
Segundo Piso	25	25	2,70	7	15	40,50	\$ 283,50
Primer piso	25	25	2,70	12	15	40,50	\$ 486,00
Diagonales	10	10	5,00	10	7,25	36,25	\$ 362,50
TOTAL							\$ 5.689,45

La longitud ofertada debe ser mayor, tomando en cuenta el corte recto o en ángulo que se realizara en obra. Las dimensiones de base y altura para los elementos de madera no deberán estar en un rango de alrededor de un 10% para que se ajuste al diseño de casa modelo. La estructura de los pórticos A, B y C se asumen como una estructura exterior de la casa

modelo. Lo que permite al proyectista decidir sus dimensiones, diseño y colocación, dependiendo la disponibilidad de espacio y topografía.

Para el análisis de costos se toma los precios de un proveedor calificado que da la facilidad de entregar los elementos con las dimensiones de diseño sin ningún costo adicional. Por esta razón para el presupuesto se analiza con las dimensiones diseñadas. El proveedor es el ACERRADERO SAN FELIPE ubicado en la Urb. San Gabriel, Av. Ilaló y Río Corrientes, en el valle de los Chillos.

Para este proyecto no se toma en cuenta elementos menores que pueden ser colocados según diseño arquitectónico por el proyectista, como las escaleras y gradas exteriores de acceso a la casa y para elementos como diagonales se asume la mayor longitud de la diagonal para que el constructor pueda determinar la forma y posición de colocación.

El diseño de la casa en este proyecto se enfoca en establecer una estructura soportante principal, los demás elementos como paredes parantes y aberturas de ventanas se consideran elementos no estructurales o elementos menores y no se consideró en el análisis de presupuesto.

5.2 Proveedores recomendados

Partimos de la exposición de un método para estimar el costo de una obra según las condiciones actuales del mercado en una página estándar para algunos países, desarrollado por CYPE Ingenieros S. A. que sirve como una excelente herramienta para arquitectos, ingenieros y constructores. Con una suscripción gratuita se puede llegar a una estimación del costo de un proyecto como alternativa para confirmar los precios verificados en localidades cercanas al proyecto. Desarrollando el proyecto se puede estimar precios para vigas y columnas en el mismo sitio web.

www.ecuador.generadordeprecios.info/

Como proveedores certificados y con varias sucursales en diferentes ubicaciones en el país se puede presentar una lista de algunos como se muestra a continuación. Estos proveedores son únicamente ejemplares de la gran gama de ofertas disponibles en el mercado.

- ◆ Proveedor de Madera: EDIMCA
- ◆ Proveedor de cubierta: CHOVA DEL ECUADOR S.A.,
- ◆ Proveedor de recubrimientos o Siding: DVP ECUADOR
- ◆ Proveedor de Aislamiento Térmico y Acústico: PLASTEX S.A.
- ◆ Proveedor de Aislamiento Térmico y Acústico: KUBIEC
- ◆ Proveedor de Aislamiento Térmico y Acústico: DISETEC

CAPITULO**6****CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES****RECOMENDACIONES**

Parte de la planificación previene problemas futuros al momento de la construcción, como escoger bien el sitio de implantación, conociendo el tipo de suelo, condiciones climáticas, exposición a los eventos extraordinarios como sismos, crecidas de ríos, fuertes vientos, e incluso factores tan sencillos como el buen drenaje del sitio previniendo a la construcción del daño y deterioro temprano debido a la humedad.

La universidad de Clemson considera una extensión para la construcción de casas de madera y la prevención del daño por humedad expresado en un artículo y una lista de revisión que conduce fácilmente a una inspección preliminar del sitio ideal para una casa de madera. Se hace referencia a las publicaciones HL 252 y HL 253 para el control de la humedad interna y externa en casas de madera, además del artículo HEL 385 que acerca recomendaciones puntuales para evaluar el sitio de construcción, citado en la bibliografía.

Previo a la colocación de la cimentación se recomienda hacer una buena compactación del suelo, y asegurarnos de que el acero de la zapata jamás quedará expuesto al suelo sin el recubrimiento de concreto necesario. Para la colocación del hormigón, se debe asegurar de que la mezcla es homogénea y que llega a todas las esquinas de la sección.

Un buen aislamiento en paredes y techo puede llegar a reducir alrededor de un 30% los gastos en enfriamiento del espacio interior. Para asegurarse de que la temperatura en el interior no entra o sale, se sugiere aplicar materiales aislantes para evitar fugas de la forma más adecuada a cada situación, como pinturas silicón o derivados asfálticos. Este trabajo

puede ser utilizado para la restauración, inspección o la misma construcción de la casa de madera modelo.

CONCLUSIONES

Al igual que toda la construcción de la casa se considera necesario recalcar la importancia de una buena clasificación de los materiales que serán empleados para proteger a la madera de la humedad del ambiente y los materiales que resistirán la transferencia de temperatura. La madera tratada aporta en gran medida a la durabilidad de la estructura, garantizando una permanencia de las propiedades y características que se ha considerado como base para el diseño de la casa de madera.

Considerando la eficiencia energética se aporta con ventanas que se direccionan en todos los sentidos permitiendo el paso de luz y claridad a todos los rincones de la casa, generando mejor calor de luces en el interior.

Las juntas de anclajes metálicos entre elementos de madera permiten una sujeción de estos que no es resistente a momento, pero con alta resistencia a tracción y corte, y para anclar la estructura al piso los anclajes resistentes a momentos resultan ser efectivos para estructuras livianas de madera. Las puertas también aportan como materiales aislantes entre diferentes departamentos de la vivienda y hacia el exterior, pues mejora notablemente su rendimiento. Es importante que la puerta principal y ventanas o aberturas de la vivienda tenga propiedades aislantes, especialmente si da directamente al exterior.

Se deberá utilizar madera tratada para todo elemento que tenga una clara exposición o incluso una posible exposición con el medio ambiente húmedo, agua lluvia, o zonas de alto riesgo de ataque de insectos. Se trata a la madera antes durante y después de la colocación, esto es secado, tratamientos a presión, y pintado con productos certificados para protección de madera. De esta manera se busca la eficiencia estructural y mayor duración.

Todo material que presente una alta resistencia a la transferencia de temperatura representa un material apto para el encapsulamiento y recubrimiento interior de las paredes y techado, además, las ventanas y puertas deben poseer un recubrimiento de doble vidrio para mejorar la eficiencia energética de la casa modelo de madera.

Este proyecto propone construir casas de peso ligero que actúen de mejor manera en zonas sísmicas, la aceleración del sismo no se puede modificar pero si se puede reducir la masa de la estructura reduciendo así de forma directa la fuerza sísmica que afecta a la estructura. Esto es debido a que la fuerza lateral es directamente proporcional a la masa y se expresa con una simple formula, $F=ma$.

Se plantea la propuesta de la construcción de casas de madera buscando materiales porosos para recubrir y encapsular los módulos interiores y reducir en lo posible el espacio interior de la casa, generando mayor cantidad de divisiones interiores y además sellando e impermeabilizando todo el interior.

Al igual que todas las comodidades que se busca tener en el hogar se vuelve prescindible tener un ambiente controlado de temperatura en el interior de una casa, esto se expresa al momento de comprar una casa en zonas de muy altas o muy bajas temperaturas la casa de madera modelo planteada en este proyecto se presenta como una solución aplicable para las exigentes condiciones del Ecuador.

BIBLIOGRAFÍA

- ASEFAVE (2014). "Guía Técnica de Ventanas para Certificación Energética de Edificios". Asociación Española de Fabricación de Fachadas ligeras y Ventanas.
- AFCCM (2008). "Casas de Madera". Revista N°0. Asociación de Fabricantes y Constructores de Casas de Madera
- Arias, M.; Armijos S.; Medina J. (2010). "Propiedades Físico- mecánicas de las maderas tipo A: Guayacan Pechiche, Colorado, Sande y Mascarey: aplicación al diseño del paradero en el IASA II". Tesis Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
- ASCE/SEI. (2010). "Minimum design Loads for Buildings and Other Structures". Low - Rise Buildings. American Society of Civil Engineers
- BEC (2011). "Air Leakage Guide". Building energy Code
- Clavón, J.; Rosero, F.(2013). "Análisis de las propiedades físico-mecánicas de las maderas nativas del Ecuador: aliso, canelo amarillo, manzano colorado, roble para el diseño estructural del convento para el Centro Pastoral Espíritu Santo a ubicarse en el Camal Metropolitano en la Ciudad de Quito". Tesis Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
- CORMA (2011). "Manual de Construcción de Vivienda de Madera". Corporación de la Madera. Chile.
- DGIEM (2012). "Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética". Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid.
- EPA (2009). "Sellado e insolado con energy Star". Environmental Protection Agency,
- Espinoza, A; Salazar, A. (2011). "Propiedades Físico- mecánicas de uniones clavadas y empernadas, sometidas a compresión, con de madera tipo A, tipo B y tipo C: Guayacán, Eucalipto Globulus Fernsánchez; para el diseño de la cubierta del proyecto casa montufar". Tesis Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

- HEL 385 (1997). "Evaluate before buying, bulding or remodeling". Clemson Extentsion.
- HL 234 (1997). "Controlling External Water Problems for Residences". Clemson Extentsion.
- HL 235 (1997). "Controlling InternalWater Problems for Residences". Clemson Extentsion.
- IRC (2015). "International Code for residences up to tho stores". International Residential Code. R317.1.2
- Mejía E y Pacheco P. (2013). "Aprovechamiento forestal y mercados de la madera en la Amazonía Ecuatoriana". Centro para la Investigación Forestal Internacional. Occasional Paper 97. Bogor, Indonesia: CIFOR.
- NEC-SE-MD (2015). "Estructuras de Madera". Norma Ecuatoriana de la Construccion. Ecuador.
- NEC-SE-CG, (2015). "Cargas no Sísmicas". Norma Ecuatoriana de la Construccion. Ecuador.
- NTE INEN 2506 (2009). Norma Tecnica Ecuatoriana, "Eficiencia Energetica en Edificaciones".
- NSR (2010). "Norma Sismo Resistente". Reglamento Colombiano de Construccion Sismo Resistente. Colombia.
- Ordenanza 3477. (2009). "Normas de Arquitectura y Urbanismo para el Distrito metropolitano de Quito". Seccion segunda, Edificaciones para de vivienda. El Consejo Metropolitano de Quito
- PADT-REFORT (1984), "Manual de Diseno para Maderas del Grupo Andino". Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Area de los Recursos Forestales Tropicales, Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima, Perú.
- UNASYLVA (1971). "Empleo de la Madera para la Vivienda". Revista Internacioonal de Silvicultura e Industria Forestal.
- Veit, J. (2015) "Clemson institute secures USDA grant to expand use of wood". College of Agriculture, Forestry and Life Sciences, The Newsstand.
- WCEE. (2004). "Seismic Design and the International Codes – The South Carolina Experience". 13th World Conference on Earthquake Engineering.
- Martinez, J;, Pérez L. (2000). "Instrucciones de Estilo para los Autores". Inteligencia Artificial, 20. pp. 30-54. Ed. AEPIA..