

**COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y DE LOS
COSTOS DE UNA VIVIENDA EN CLT A UNA VIVIENDA EN MAMPOSTERÍA**

**Arley Felipe Sandoval Merchan
Anderson Ferney Gonzalez Murillo**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Ingeniería civil
Bucaramanga
2016**

**COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y DE LOS
COSTOS DE UNA VIVIENDA EN CLT A UNA VIVIENDA EN MAMPOSTERÍA**

**ARLEY FELIPE SANDOVAL MERCHAN
ANDERSON FERNEY GONZÁLEZ MURILLO**

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero civil

**Director:
GUSTAVO CHÍO CHO
PhD. Ingeniero**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2016

Dedicatoria

Principalmente al Señor Jesús,
Por su gran misericordia, al que fuimos aceptos en su gracia
A la que nos hicimos merecedores de su bondad
Y por su bondad y su bendición nos permitió cursar esta carrera
Que culminamos con un afán de cumplir con todos estos sueños dados
Por su bondad

A nuestros padres Felipe Sandoval, Yolanda Merchan,
Álvaro González, Herminda Murillo,
Que sin dudarlo
Nos apoyaron en todo momento,
Conscientes del logro en nuestras vidas que este traería

A nuestros hermanos, que siempre nos apoyaron
y creyeron en que lo que algún día seríamos

A nuestro profesor y director Gustavo Chío Cho
Que nos brindó la oportunidad de
Aprender de su gran experiencia, que nos permitió conocer acerca de nuevas
tendencias
Y por su apoyo incondicional
Como mentor y amigo

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. GENERALIDADES	20
1.1. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS	20
1.2. DESCRIPCIÓN	20
1.3. METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN	21
2. ROPIEDADES PARA EL DISEÑO EN CLT	23
2.1. CARGAS.....	23
2.1.1. Cubierta	23
2.1.2. Cargas para la Entre placa:	26
2.2. MASAS	28
2.2.1. Masas de Muros.	28
2.2.2. Masas Debido a las Cargas Vivas y Permanentes	29
2.3. CORTANTE BASAL.....	29
2.3.1. Selección de las Propiedades Debido al Sismo.....	29
2.3.2. Periodo Fundamental.....	31
2.3.3. Coeficiente Sísmico	31
2.3.4. Cortante Basal:	32
2.4. MODELO	33
2.4.1. Cartas de Pre Dimencionamiento	34
2.4.2. Modelado Tridimensional.....	35
2.5. ANALISIS RESULTADOS.....	36
2.5.1. Resultados de las Fuerzas Concentradas.	36
2.5.2. Resultados de las Fuerzas Distribuidas	37

2.6. COMBINACIONES DE CARGA.....	37
2.6.1. Combinación General de Carga.....	37
2.6.2. Combinaciones en las Placas.....	38
2.6.3. Combinación Debido al Sismo.....	39
2.6.4. Combinación en Caso de Fuego.....	39
3. DISEÑO ESTRUCTURAL.....	40
3.1. ELEMENTO TIPO PLACA.....	40
3.1.1. Calculó Las Fuerzas Internas de la Sección:.....	41
3.1.2. Resultados del Modelado.....	45
3.1.3. Verificación de Esfuerzos.....	47
3.1.4. Verificación en Caso de Incendio.....	49
3.1.5. Verificación De Esfuerzos.....	50
3.1.6. Chequeo A Vibreación de la Entreplaca [En 1995 1-1 (7.3)].....	51
3.1.7. Frecuencia Natural.....	52
3.1.8. Deformación.....	53
3.1.9. Aceleración.....	54
3.2. ELEMENTO TIPO MURO.....	56
3.2.1. Calculó las Fuerzas Internas de la Sección:.....	58
3.3. RESULTADO DEL DISEÑO.....	79
4. CANTIDADES DE OBRA.....	82
4.1. PLANOS ARQUITECTONICOS.....	82
4.2. PLANOS ESTRUCTURALES.....	84
4.3. EVALUACION DE COSTOS.....	85
5. PROPIEDADES PARA EL DISEÑO EN MAMPOSTERÍA.....	87
5.1. CIMENTACIÓN.....	87
5.1.1. Dimensiones de las Vigas de Amarre.....	87
5.2. ESPESORES DE LOSA.....	88

5.2.1. Entre Piso.	88
5.2.2. Refuerzo de la Losa Maciza.....	89
5.3. CARGAS.....	89
5.3.1. Cargas Muertas:	89
5.3.2. Cargas Vivas.....	91
5.4. MASAS	92
5.4.1. Masas de Muros.	92
5.4.2. Masas Debido a las Placas.....	92
5.5. CORTANTE BASAL.....	93
5.5.1. Cálculo del Coeficiente F y del Coeficiente de Importancia I.	93
5.5.2. Calculo del Periodo Fundamental de la Estructura	94
5.5.3. Coeficiente Sísmico	95
5.5.4. Cortante Basal	95
5.6. MODELO	97
5.7. COMBINACIONES DE CARGA.....	98
5.7.1. Combinaciones Debido al Sisimo.	98
5.7.2. Combinaciones Generales.....	99
6. DISEÑO DE MUROS EN MAMPOSTERÍA.....	100
6.1. CALCULO DE LAS PROPIEDADES DE LOS MUROS	100
6.1.1. Determinación de F´M Basado en la Calidad de los Materiales.....	100
6.1.2. Clasificación del Mortero.....	100
6.1.3. Resistencia Mínima de las Unidades de Mampostería:	101
6.1.4. Calculo De RM.....	101
6.1.5. Módulo de Elasticidad del Muro en Mampostería.	102
6.1.6. Módulo de Elasticidad del Muro del Mortero.	102
6.1.7. Modulo Cortante de Mampostería.....	102
6.1.8. Modulo Cortante del Mortero.	102
6.2. RESISTENCIA PARA CARGA AXIAL DE COMPRESIÓN	103
6.2.1. Máxima Resistencia Axial Teórica.	103

6.2.2. Reducción de Resistencia Axial por Esbeltez.....	103
6.2.3. Resistencia Nominal para Carga Axial.....	104
6.2.4. Máxima Resistencia de Diseño para Carga Axial.	104
6.3. RESISTENCIA CORTANTE EN LA DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL PLANO.....	104
6.4. DISEÑO DE MUROS EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO.....	105
6.4.1. Resistencia Mínima a la Flexión	105
6.4.2. Resistencia a Cortante en la Dirección Paralela al Plano del Muro:	105
7. DISEÑO DE LAS VIGAS.....	107
7.1. DISEÑO A FLEXIÓN	107
7.2. DISEÑO A CORTANTE	111
8. CUADRO RESUMEN DE DISEÑO DE LOS ELEMENTOS.....	114
8.1. ELEMENTO TIPO MURO	114
8.2. ELEMENTO TIPO VIGAS	115
8.2.1. Flexión.	115
8.2.2. Cortante	116
9. PLANOS	117
9.1. PLANOS ARQUITECTONICOS.....	117
10. EVALUACION DE COSTOS.....	118
11. COMPARACION.....	119
11.1. DISEÑO ESTRUCTURAL.....	119
11.2. COSTOS.....	120
12. CONCLUSIONES	122

BIBLIOGRAFIA..... 124

ANEXOS..... 126

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cargas muertas mínimas en cubiertas.....	23
Tabla 2. Cargas muertas mínimas en cielo raso.....	24
Tabla 3. Cargas vivas mínimas para la cubierta	26
Tabla 4. Cargas muertas mínimas para la entre placa	26
Tabla 5. Cargas vivas mínimas para le entre placa	27
Tabla 6. Masas-muros exteriores.....	28
Tabla 7. Masas-muros interiores.....	28
Tabla 8. Masa total	28
Tabla 9. Masas adicionales debido a las cargas impuestas	29
Tabla 10. Valores de Aa y Av.....	29
Tabla 11. Valor del coeficiente Fa.....	30
Tabla 12. Valor del coeficiente Fv.....	30
Tabla 13. Valor de importancia I	30
Tabla 14. Valor de los parámetros Ct y α	31
Tabla 15. Reacciones basales teóricas	32
Tabla 16. Reacciones basales calculadas	32
Tabla 17. Fuerzas puntuales de diseño en los muros.....	36
Tabla 18. Fuerzas distribuidas de diseño en los muros	37
Tabla 19. Coeficientes de seguridad y de duración para las combinaciones.....	38
Tabla 20. Centro de gravedad del elemento tipo viga.....	44
Tabla 21. Inercia del elemento tipo viga	44
Tabla 22. Clases de vibraciones en placas.....	55
Tabla 23. Factores de cálculo para la frecuencia.....	55
Tabla 24. Cargas de diseño para el elemento tipo columna	57
Tabla 25. Centro de gravedad de la sección quemada.....	60
Tabla 26. Inercia de la sección quemada	60
Tabla 27. Resultados del diseño del elemento tipo muro	80
Tabla 28. Resultados del diseño del elemento tipo placa	81

Tabla 29. Costos de los paneles.....	86
Tabla 30. Dimensiones de las vigas de la cimentación.....	87
Tabla 31. Espesores mínimos de losas	88
Tabla 32. Refuerzo mínimo en losas macizas	89
Tabla 33. Cargas muertas-pisos.....	90
Tabla 34. Cargas muertas mínimas sin análisis detallado	90
Tabla 35. Cargas vivas mínimas.....	91
Tabla 36. Valores de A_a y A_v	93
Tabla 37. Valor del coeficiente F_a	93
Tabla 38. Valor del coeficiente F_v	93
Tabla 39. Valor del coeficiente de importancia I	94
Tabla 40. Valores de los parámetros C_t y α para el cálculo del periodo aproximado	95
Tabla 41. Reacción basal	96
Tabla 42. Cortante basal.....	96
Tabla 43. Clasificación del mortero tipo pega	100
Tabla 44. Resistencia mínima de las unidades de mampostería	101
Tabla 45. Valores nominales a cortante revestido	106
Tabla 46. Diseño de los elementos tipo muro	114
Tabla 47. Diseño a Flexión de los elementos tipo viga	115
Tabla 48. Diseño a cortante de los elementos tipo viga.....	116
Tabla 49. Costos de los elementos.....	118
Tabla 50. Valores máximos de los esfuerzos en los muros en CLT	119
Tabla 51. Valores máximos de los esfuerzos en las placas en CLT	119
Tabla 52. Valores máximos de los esfuerzos en los muros en mampostería	120
Tabla 53. Valores máximos de los esfuerzos en las placas en mampostería	120
Tabla 54. Comparación de costos por elementos.....	121

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Carta de pre dimensionamiento para elementos tipo placa	25
Figura 2. Carta de pre dimensionamiento para el elemento tipo muro	34
Figura 3. Modelado de la vivienda-fachada	35
Figura 4. Modelado de la vivienda-costado	35
Figura 5. Grafica de la placa como elemento tipo viga	40
Figura 6. Sección transversal del elemento tipo viga	40
Figura 7. Asignación de cargas.....	41
Figura 8. Centro de gravedad de la sección neta	41
Figura 9. Centro de gravedad de la Sección quemada.....	43
Figura 10. Diagrama de momentos en la sección neta	45
Figura 11. Diagrama de cortante en la sección neta.....	46
Figura 12. Diagrama de deformación en la sección neta.....	47
Figura 13. Diagrama de momentos en la sección quemada.....	49
Figura 14. Diagrama de cortante en la sección quemada.....	50
Figura.11. Carga unitaria	53
Figura 16.Grafica del muro como elemento tipo columna.....	56
Figura 17. Sección transversal del elemento tipo columna.....	56
Figura 18. Asignación de cargas.....	57
Figura 19. Centro de gravedad de la sección neta	58
Figura 20. Centro de gravedad de la sección quemada	60
Figura 21. Plano arquitectónico del primer piso de la vivienda en CLT	82
Figura 22. Plano arquitectónico del segundo piso de la vivienda en CLT	83
Figura 23. Plano estructural del primer piso de la vivienda en CLT	84
Figura 24. Plano estructural del segundo piso de la vivienda en CLT	85
Figura 25. Plano estructural del entre piso	88
Figura 26. Definición de patrones de carga en SAP 2000	98

Figura 27. Combinaciones de carga en SAP 2000	99
Figura 28. Modelación de la estructura en SAP 2000.....	99
Figura 29. Compatibilidad de deformaciones.....	107
Figura 30. Equilibrio de Esfuerzos	107
Figura 31. Sección transversal de las vigas.....	110
Figura 32. Comparación de costos totales entre ambos materiales	121

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. DESPIECE DE PLACAS EN CLT	126
ANEXO B. DESPIECES DE MUROS EN CLT.....	127
ANEXO C. DESPIECES DE ESCALERAS EN CLT	132
ANEXO D. ESPIECE DE RED ELECTRICA EN CLT	134
ANEXO E. DESPIECES DE REDES HIDRAULICAS Y SANITARIAS.....	137
ANEXO F.PRESUPUESTO GENERAL	139
ANEXO G. DISEÑO DADO POR EL SOFTWARE CLTengineer 1.0.....	142
ANEXO H. CONTROL DE DERIVAS.....	159
ANEXO I. DESPIECES DE ESTRUCTURA EN MAMPOSTERÍA	160

RESUMEN

TITULO: COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y DE LOS COSTOS DE UNA VIVIENDA EN CLT A UNA VIVIENDA EN MAMPOSTERÍA*

AUTORES: ANDERSON FERNEY GONZALEZ MURILLO
ARLEY FELIPE SANDOVAL MERCHAN**

PALABRAS CLAVE: COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y DE LOS COSTOS DE UNA VIVIENDA EN CLT A UNA VIVIENDA EN MAMPOSTERÍA

DESCRIPCIÓN:

El presente proyecto se realizó bajo los objetivos de comparar los comportamientos estructurales y costos, entre una casa unifamiliar hecha en mampostería (mampostería no reforzada) y una hecha en CLT (madera contra laminada), con el fin de conocer las diferencias existentes entre estos. Para esto se contó con la revisión de documentos en el caso del CLT, como DISEÑO ESTRUCTURAL DEL CLT [1], como guía básica del cálculo de las fuerzas internas del material y su comportamiento frente a fuerzas externas; acciones aplicadas, también en este documento se encuentra, el chequeo a fuego que es requisito según la UNE-EN 1995-1-2:2011, donde presenta los requisitos del diseño a fuego en caso de que este ocurra. Los cálculos realizados según DISEÑO ESTRUCTURAL DEL CLT, se basan en la norma UNE EN 1995 1-1 2006 [2], donde presenta los cálculos de los esfuerzos admisibles para flexión, cortante, cortante de rodadura, deformaciones, en el caso de elementos tipo viga, para los elementos tipo columna presenta los esfuerzos admisibles como Flexión, cortante, cortante de rodadura, cortantes en los planos de secciones netas y brutas, cortantes en los planos de secciones netas y brutas combinados, cortante por torsión, pandeo y vuelco lateral. Y por último por la parte de las constantes para el cálculo de los esfuerzos admisibles y calculados, se basaron según la norma UNE-EN- 338:2010, donde presenta los valores de resistencias a flexión, compresión, tracción, cortante y cortante de rodadura.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director. Gustavo Chío Cho

ABSTRACT

TITLE: STRUCTURAL AND BEHAVIORAL COMPARISON. COST OF HOUSING IN CLT TO HOUSING. MASONRY*

AUTHOR: ANDERSON FERNEY GONZALEZ MURILLO
ARLEY FELIPE SANDOVAL MERCHAN**

KEYWORDS: Costs, structural behavior, housing, laminated timber, CLT, multilayer panel, wall plate, unreinforced masonry

DESCRIPTION

This project was carried out under the objectives to compare structural and cost behaviors, including a detached house made of masonry (unreinforced masonry) and one made in CLT (wood from laminated), in order to know the differences between them. For this he included the review of documents in the case of CLT, such as structural design of CLT [1], as a basic guide for the calculation of the internal forces of the material and its behavior against external forces; actions implemented, also in this document is, the check fire that is required according to the UNE-EN 1995-1-2: 2011, which presents design requirements to fire if it occurs. The calculations made by CLT STRUCTURAL DESIGN are based on the UNE EN 1995 1-1 2006 [2], which presents the calculations of allowable stresses for bending, cutting, rolling shear deformations in the case of type elements beam to column type elements presents the allowable stresses such as bending, cutting, cutting rolling, cutting in flat net and gross sections, cutting in flat net and gross combined shear torsional buckling and lateral tilting sections. And finally on the side of the constants for calculating allowable stresses and calculated were based UNE-EN 338: 2010, which presents the values of resistance to bending, compression, tension, shear and shear rolling.

* Degree work

** Faculty of Engineering physicomechanical. School of Civil Engineering. Director. Gustavo Chio Cho

INTRODUCCIÓN

A medida que transcurre el tiempo la sociedad consumidora, necesitan estructuras con materiales no tan solo económicos ni mejores en su comportamiento estructural, si sino también que sean amigables con el medio ambiente, propiedades que se encuentran presentes en este material basado en madera, proveniente de cultivos forestales, que no solo presenta estas propiedades, sino también da ventajas en acabados arquitectónicos y un muy buen comportamiento estructural no solo a cargas sobre impuestas, sino también a cargas sísmicas.

Aunque solo a mediados del siglo xx se empezó a promover, como elemento capaz de soportar cargas dado que se estudió su comportamiento frente a estas, se ha extendido por casi toda Europa donde Austria, siendo el país de invención, es el mayor proveedor de material como de documentos técnicos y científicos, Gracias a esto ha logrado tomar gran fuerza dado que es un material que ha aportado soluciones efectivas en cuanto a la relación costo y tiempo de ejecución [R MM],y no solamente con esto sino en ser un material renovable, amigable con el ambiente y en su proceso de transformación consume una muy baja energía.

1. GENERALIDADES

1.1. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

El cumplimiento del objetivo general propuesto, de comparar estos dos materiales como elementos estructurales, fue posible ya que se logró hacer una revisión de la normativa pertinente, documentos científicos y técnicos, donde se presentan los requisitos mínimos a cumplir al diseñar en este material (CLT), y en mampostería que se encuentra en la normativa colombiana.

Con la ayuda de la empresa extranjera Stora Enso, se logró uno de los objetivos específicos, que fue la comparación de costos de la estructura (costos directos), del material CLT, dado que en nuestro país aún no se produce este tipo de material basado en madera estructural.

Basados en las normativas que rigen estos materiales, EUROCODOGO 5 y NSR-10, se pudo establecer el comportamiento estructural ante acciones impuestas, dadas según el tipo de servicio, lo cual mostro un comportamiento mejor al esperado por parte del material CLT

Comportamiento mejor al esperado por parte del material CLT.

1.2. DESCRIPCIÓN

El presente proyecto se realizó bajo los objetivos de comparar los comportamientos estructurales y costos, entre una casa unifamiliar hecha en mampostería (mampostería no reforzada) y una hecha en CLT (madera contra

laminada), con el fin de conocer las diferencias existentes entre estos. Para esto se contó con la revisión de documentos en el caso del CLT, como DISEÑO ESTRUCTURAL DEL CLT [1], como guía básica del cálculo de las fuerzas internas del material y su comportamiento frente a fuerzas externas; acciones aplicadas, también en este documento se encuentra, el chequeo a fuego que es requisito según la UNE-EN 1995-1-2:2011, donde presenta los requisitos del diseño a fuego en caso de que este ocurra. Los cálculos realizados según DISEÑO ESTRUCTURAL DEL CLT, se basan en la norma UNE EN 1995 1-1 2006 [2], donde presenta los cálculos de los esfuerzos admisibles para flexión, cortante, cortante de rodadura, deformaciones, en el caso de elementos tipo viga, para los elementos tipo columna presenta los esfuerzos admisibles como Flexión, cortante, cortante de rodadura, cortantes en los planos de secciones netas y brutas, cortantes en los planos de secciones netas y brutas combinados, cortante por torsión, pandeo y vuelco lateral. Y por último por la parte de las constantes para el cálculo de los esfuerzos admisibles y calculados, se basaron según la norma UNE-EN- 338:2010, donde presenta los valores de resistencias a flexión, compresión, tracción, cortante y cortante de rodadura.

1.3. METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN

En el diseño de la vivienda en CLT, se siguió los lineamientos del Euro Código 5, en la caracterización del material se basó en la norma (UNE-EN-338:2010 MADERA ESTRUCTURAL, CLASES RESISTENTES), (UNE-EN-1995-1-1. 2006 REGLAS GENERALES Y REGLAS PARA EDIFICACION), para los requisitos a flexión, cortante y cortante de rodadura, sus combinaciones, pandeo y vuelco lateral, y para la sección quemada se realizó bajo los lineamientos de la norma (UNE-EN-1995-1-2: 2011 REGLAS GENERALES. PROYECTO DE ESTRUCTURAS SOMETIDAS A FUEGO).

Para el cálculo de las fuerzas internas en el CLT, se siguió los pasos del documento informativo (DISEÑO ESTRUCTURAL DEL CLT), donde presenta el diseño básico y principios ingenieriles según el Euro Código 5. En el modelamiento de la estructura, se dispuso de cartas de pre dimensionamiento proporcionadas por la empresa Stora Enso. Una vez dimensionada la estructura y con las cargas de diseño, se procedió al respectivo análisis tridimensional, como la transmisión de las cargas impuestas en las placas hacia los muros, para esto se utilizó el software de análisis estructuras ETAPS, con el fin de obtener las fuerzas de diseño en cada elemento. Con estas fuerzas calculadas se procedió al diseño de cada elemento que compone la vivienda, en el software de diseño CLTengineer 1.0, proporcionado y elaborado por la empresa Stora Enso.

2. ROPIEDADES PARA EL DISEÑO EN CLT

2.1. CARGAS

Para la asignación de las cargas, se tomaron del TITULO B de la NSR-10 (NORMA SISMICA COLOMBIANA DEL 2010).

2.1.1. Cubierta

2.1.1.1. Carga muerta (Carga permanente):

Tabla 1. Cargas muertas mínimas en cubiertas

Tabla B.3.4.1-4
Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales – cubiertas

Componente	Carga (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga (kgf/m ²) m ² de área en planta
Cubierta		
Cobre o latón	0.05	5
Cubiertas aislantes		
Fibra de vidrio	0.0020 (por mm de espesor)	2.0 (por cm de espesor)
Tableros de fibra	0.0030 (por mm de espesor)	3.0 (por cm de espesor)
Perlita	0.0015 (por mm de espesor)	1.5 (por cm de espesor)
Espuma de poliestireno	0.0005 (por mm de espesor)	0.5 (por cm de espesor)
Espuma de poliuretano	0.0010 (por mm de espesor)	1.0 (por cm de espesor)
Cubiertas corrugadas de asbesto-cemento	0.20	20
Entablado de madera	0.0060 (por mm de espesor)	6.0 (por cm de espesor)
Láminas de yeso, 12 mm	0.10	10
Madera laminada (según el espesor)	0.0100 (por mm de espesor)	10.0 (por cm de espesor)
Membranas impermeables:		
Bituminosa, cubierta de grava	0.25	25
Bituminosa, superficie lisa	0.10	10
Líquido aplicado	0.05	5
Tela asfáltica de una capa	0.03	3
Marquesinas, marco metálico, vidrio de 10 mm	0.40	40
Tableros de fibra, 12 mm	0.05	5
Tableros de madera, 50 mm	0.25	25
Tableros de madera, 75 mm	0.40	40
Tablero metálico, calibre 20 (0.9 mm de espesor nominal)	0.08	8
Tablero metálico, calibre 18 (1.2 mm de espesor nominal)	0.08	8
Tablillas (shingles) de asbesto – cemento	0.20	20
Tablillas (shingles) de asfalto	0.10	10
Tablillas (shingles) de madera	0.15	15
Teja de arcilla, incluyendo el mortero	0.80	80

Tabla 2. Cargas muertas mínimas en cielo raso

Tabla B.3.4.1-1
Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales – Cielo raso

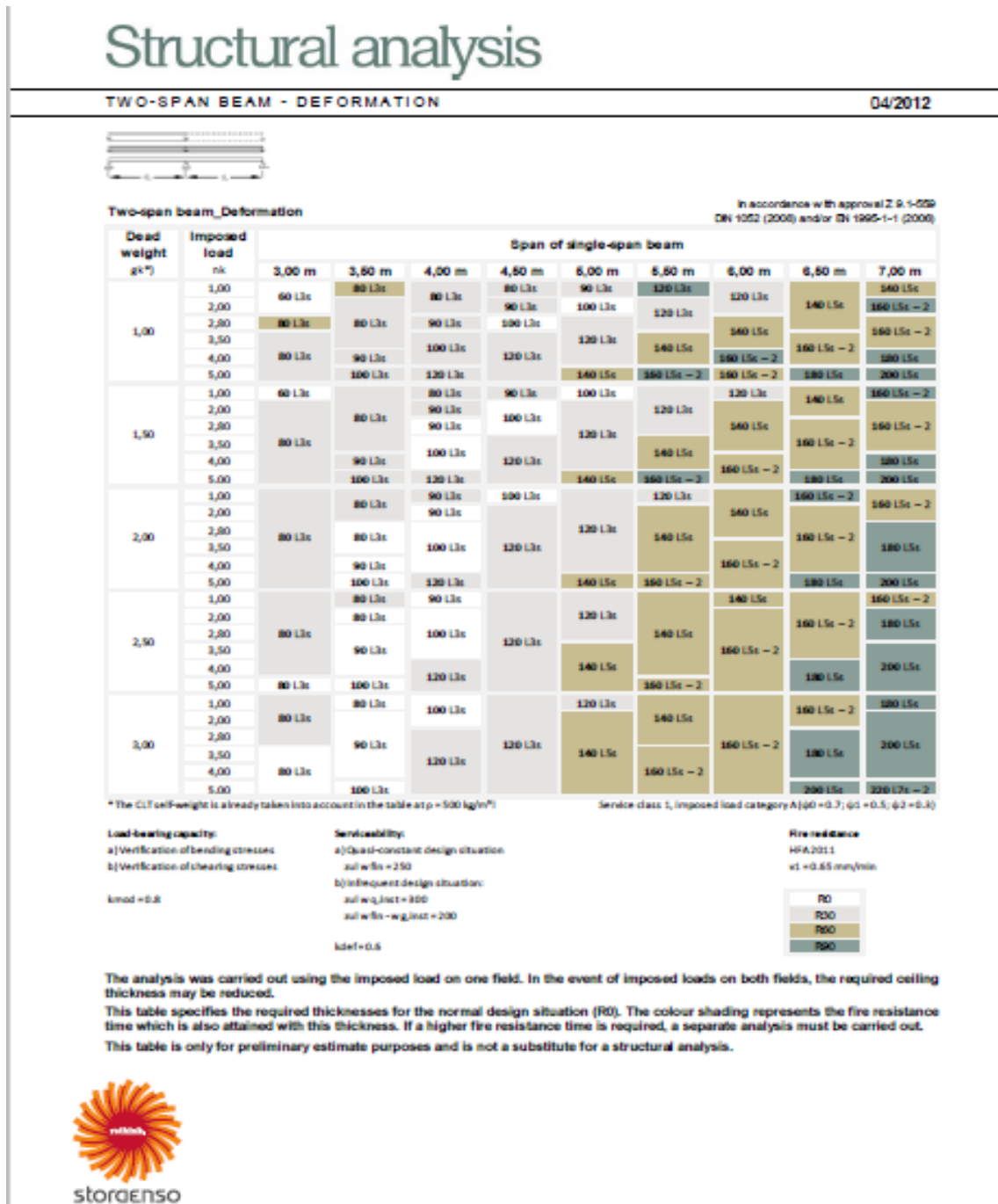
<i>Componente</i>	<i>Carga (kN/m²) m² de área en planta</i>	<i>Carga (kgf/m²) m² de área en planta</i>
<i>Cielo raso</i>		
Canales suspendidas de acero	0.10	10
Ductos mecánicos	0.20	20
Entramado metálico suspendido afinado en cemento.	0.70	70
Entramado metálico suspendido afinado en yeso.	0.50	50
Fibras acústicas	0.10	10
Pañete en yeso o concreto	0.25	25
Pañete en entramado de madera	0.80	80
Tableros de yeso	0.0080 (por mm de espesor)	8 (por cm de espesor)
Sistema de suspensión de madera.	0.15	15

De esta manera tomamos los datos señalados en las presentes tablas, el resultado para la carga muerta de la cubierta sería:

$$C_D = (0,01 [KN/m^2] * 80[mm]) + 0,2[KN/m^2] = 1 [KN/m^2]$$

Tomando como espesor de la cubierta de 80 mm tomado de las cartas de pre dimensionamiento de la empresa Stora Enso.

Figura 1. Carta de pre dimensionamiento para elementos tipo placa



2.1.1.2. Carga viva

Tabla 3. Cargas vivas mínimas para la cubierta

Tabla B.4.2.1-2
Cargas vivas mínimas en cubiertas

Tipo de cubierta	Carga uniforme (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga uniforme (kgf/m ²) m ² de área en planta
Cubiertas, Azoteas y Terrazas	la misma del resto de la edificación (Nota-1)	la misma del resto de la edificación (Nota-1)
Cubiertas usadas para jardines de cubierta o para reuniones	5.00	500
Cubiertas inclinadas con más de 15° de pendiente en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.35	35
Cubiertas inclinadas con pendiente de 15° o menos en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.50	50

De esta manera tomamos los datos señalados en las presentes tablas, el resultado para la carga muerta de la cubierta sería:

$$C_L = 0,5 [KN/m^2]$$

2.1.2. Cargas para la Entre placa:

2.1.2.1. Carga Muerta (Carga permanente):

Tabla 4. Cargas muertas mínimas para la entre placa

Tabla B.3.4.1-3
Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales – pisos

Componente	Carga (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga (kgf/m ²) m ² de área en planta
Pisos y acabados		
Acabado de piso en concreto	0.0200 (por mm de espesor)	20 (por cm de espesor)
Afinado (25 mm) sobre concreto de agregado pétreo	1.50	150
Baldosa cerámica (20 mm) sobre 12 mm de mortero.	0.80	80
Baldosa cerámica (20 mm) sobre 25 mm de mortero.	1.10	110
Baldosa sobre 25 mm de mortero	1.10	110
Bloque de asfalto (50 mm), sobre 12 mm de mortero	1.50	150
Bloque de madera (75 mm) sin relleno	0.50	50
Bloque de madera (75 mm) sobre 12 mm de mortero	0.80	80
Durmientes de madera, 20 mm	0.15	15
Madera densa, 25 mm	0.20	20
Mármol y mortero sobre concreto de agregado pétreo	1.60	160
Piso asfáltico o linóleo, 6 mm	0.05	5
Pizarra	0.030 (por mm de espesor)	30 (por cm de espesor)
Terrazzo (25 mm), concreto 50 mm	1.50	150
Terrazzo (40 mm) directamente sobre la losa	0.90	90
Terrazzo (25 mm) sobre afinado en concreto	1.50	150

Peso de los muros del segundo piso:

$$W_{\text{muros 2 piso}} = 0,3 \text{ [KN/m}^2\text{]}$$

De esta manera tomamos los datos señalados en las presentes tablas, el resultado para la carga muerta de la entre placa sería:

$$C_D = (0,02 \text{ [KN/m}^2\text{]} * 60[\text{mm}]) + 0,2[\text{KN/m}^2\text{]} + 0,3[\text{KN/m}^2\text{]} = 1,7 \text{ [KN/m}^2\text{]}$$

Tomando como espesor del concreto adicional de 60 mm, dado que este se adiciona tanto como mortero nivelador como para rigidizar la sección transversal a la carga debido a que en esta dirección no presenta una continuidad el material.

2.1.2.2. Carga Viva

Tabla 5. Cargas vivas mínimas para le entre placa

Tabla B.4.2.1-1
Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas

Ocupación o uso		Carga uniforme (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga uniforme (kgf/m ²) m ² de área en planta
Reunión	Balcones	5.0	500
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Silletería fija (fijada al piso)	3.0	300
	Gimnasios	5.0	500
	Vestibulos	5.0	500
	Silletería móvil	5.0	500
	Áreas recreativas	5.0	500
	Plataformas	5.0	500
	Escenarios	7.5	750
Oficinas	Corredores y escaleras	3.0	300
	Oficinas	2.0	200
	Restaurantes	5.0	500
Educativos	Salones de clase	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Bibliotecas		
	Salones de lectura	2.0	200
Fábricas	Estanterías	7.0	700
	Industrias livianas	5.0	500
	Industrias pesadas	10.0	1000
Institucional	Cuartos de cirugía, laboratorios	4.0	400
	Cuartos privados	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
Comercio	Minorista	5.0	500
	Mayorista	6.0	600
Residencial	Balcones	5.0	500
	Cuartos privados y sus corredores	1.8	180
	Escaleras	3.0	300
Almacenamiento	Liviano	6.0	600
	Pesado	12.0	1200
Garajes	Garajes para automóviles de pasajeros	2.5	250
	Garajes para vehículos de carga de hasta 2.000 kg de capacidad.	5.0	500
Coliseos y Estadios	Graderías	5.0	500
	Escaleras	5.0	500

$$C_L = 1,8 [KN/m^2]$$

2.2. MASAS

2.2.1. Masas de Muros. Para el cálculo de las masas, se tuvieron en cuenta los muros estructurales o los que iban a resistir cargas, dado que la densidad del material (Pino Radiata C24), es de 5 KN/m³

Tabla 6. Masas-muros exteriores

MUROS EXTERIORES					
EJES	L [m]	H [m]	e[m]	V [m3]	MASA[KN]
A,1	8,94	2,4	0,08	1,71648	8,5824
A,2	8,94	2,4	0,14	3,00384	15,0192
B,1	8,94	2,4	0,08	1,71648	8,5824
D,2	7,94	2,4	0,08	1,52448	7,6224
I,1	8,94	2,4	0,08	1,71648	8,5824
I,2	7,34	2,4	0,08	1,40928	7,0464

Tabla 7. Masas-muros interiores

MUROS INTERIORES					
EJES	L [m]	H [m]	e[m]	V [m3]	MASA[KN]
5,1	2,19	2,4	0,08	0,42048	2,1024
7,1	2,19	2,4	0,08	0,42048	2,1024
6,1	2,89	2,4	0,08	0,55488	2,7744
5,2	3	2,4	0,08	0,576	2,88
G,2	1,6	2,4	0,08	0,3072	1,536
6,2	1,4	2,4	0,08	0,2688	1,344

Tabla 8. Masa total

SUMA TOTAL DE MUROS	68,1744
---------------------	---------

2.2.2. Masas Debido a las Cargas Vivas y Permanentes

Tabla 9. Masas adicionales debido a las cargas impuestas

	L	D	AREAS	ESPEORES	VOLUMEN	CP[KN]	L[KN]	D [KN]	D+CP[KN]
CUBIERTA	0,5	1	58,56	0,1	5,856	58,56	29,28	29,28	87,84
ENLACA	1,8	1,7	54,95	0,08	4,396	93,415	98,91	21,98	115,395
TOTAL			113,51			151,98	128,19		203,235

2.3. CORTANTE BASAL

Con respecto a lo especificado en el ante proyecto, la parte sísmica se estableció para una zona de baja sismicidad donde los valores característicos fueron tomados del Título A de la norma NSR-10 (REQUICITOS GENERALES DE DISEÑO Y CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE). Tabla A.2.3-1, niveles de amenaza sísmica según valores de A_a y de A_v .

2.3.1. Selección de las Propiedades Debido al Sismo

Tabla 10. Valores de A_a y A_v

Tabla A.2.3-1
Nivel de amenaza sísmica según valores de A_a y de A_v

Mayor valor entre A_a y A_v	Asociado en mapas de las figuras A.2.3-2 y A.2.3-3 a Región N°	Amenaza Sísmica
0.50	10	Alta
0.45	9	Alta
0.40	8	Alta
0.35	7	Alta
0.30	6	Alta
0.25	5	Alta
0.20	4	Intermedia
0.15	3	Intermedia
0.10	2	Baja
0.05	1	Baja

Con esto se procedió a calcular los valores respectivos de los coeficientes F , y con esto el periodo de la estructura basados en las formulas del mismo título, con un tipo de suelo con buena capacidad portante (perfil tipo B).

Calculo de los coeficientes F:

Tabla 11. Valor del coeficiente Fa

Tabla A.2.4-3
Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Tabla 12. Valor del coeficiente Fv

Tabla A.2.4-4
Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos intermedios del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Tabla 13. Valor de importancia I

Tabla A.2.5-1
Valores del coeficiente de importancia, I

Grupo de Uso	Coficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

2.3.2. Periodo Fundamental. Calculo del periodo fundamental de la estructura:

$$(A.2.6-6)$$

$$T_0 = 0,1 \frac{A_V F_V}{A_a F_a} = 0,1 \frac{0,05 * 1}{0,05 * 1} = 0,1$$

$$(A.2.6-42)$$

$$T_C = 0,48 \frac{A_V F_V}{A_a F_a} = 0,48 \frac{0,05 * 1}{0,05 * 1} = 0,48$$

$$(A.2.6-4)$$

$$T_L = 2,4 F_V = 2,4 * 1 = 2,4$$

Periodo fundamental aproximado:

$$(A.4.2-3)$$

$$T_a = C_a h^\alpha$$

Dónde:

Tabla 14. Valor de los parámetros C_t y α

Tabla A.4.2-1
Valor de los parámetros C_t y α para el cálculo del periodo aproximado T_a

Sistema estructural de resistencia sísmica	C_t	α
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.047	0.9
Pórticos resistentes a momentos de acero estructural que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.072	0.8
Pórticos arriostrados de acero estructural con diagonales excéntricas restringidas a pandeo.	0.073	0.75
Todos los otros sistemas estructurales basados en muros de rigidez similar o mayor a la de muros de concreto o mampostería	0.049	0.75
Alternativamente, para estructuras que tengan muros estructurales de concreto reforzado o mampostería estructural, pueden emplearse los siguientes parámetros C_t y α , donde C_w se calcula utilizando la ecuación A.4.2-4.	$\frac{0.0062}{\sqrt{C_w}}$	1.00

$$T_a = 0,049 * 2,4^{0,75} = 0,09448$$

2.3.3. Coeficiente Sísmico

$$(A.2.6-7)$$

$$S_a = 2,5 A_a F_a I \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

$$S_a = 2,5 * 0,05 * 1 * 1 \left(0,4 + 0,6 \frac{0,09448}{0,1} \right) = 0,121$$

2.3.4. Cortante Basal:

$$(A.4.3-1)$$

$$V_s = S_a g M$$

Dado que la M es la total en ambos pisos, sumamos las de las tablas de muros más las de las placas, adicionando la carga permanente tenemos:

$$V_s = 0,121 * 271,41 = 32,8 \text{ [KN]}$$

Agrupando los resultados de las masas totales, obtenemos las reacciones basales dadas por las cargas muertas, permanentes, vivas y de la acción sísmica.

Tabla 15. Reacciones basales teóricas

L T [KN]	128,19
D T [KN]	271,41
Vx [KN]	32,80

Comparación con los resultados obtenidos del modelado en el software ETTAPS:

Tabla 16. Reacciones basales calculadas

CARGA	FX	FY	FZ
	KN	KN	KN
Dead	0	0	271,3839
Live	0	0	128,4614
Sx	-30,4295	0	0
Sy	0	-30,4295	0

Calculo de error en los resultados basales:

Vs

$$e\% = \frac{\text{Valor teorico} - \text{Valor experimental}}{\text{Valor teorico}} * 100$$

$$e\% = \frac{32,8 - 30,4295}{32,8} * 100 = 7,22\%$$

Masa muerta

$$e\% = \frac{\text{Valor teorico} - \text{Valor experimental}}{\text{Valor teorico}} * 100$$

$$e\% = \frac{271,41 - 271,3899}{271,41} * 100 = 0,0096\%$$

Masa viva

$$e\% = \frac{\text{Valor teorico} - \text{Valor experimental}}{\text{Valor teorico}} * 100$$

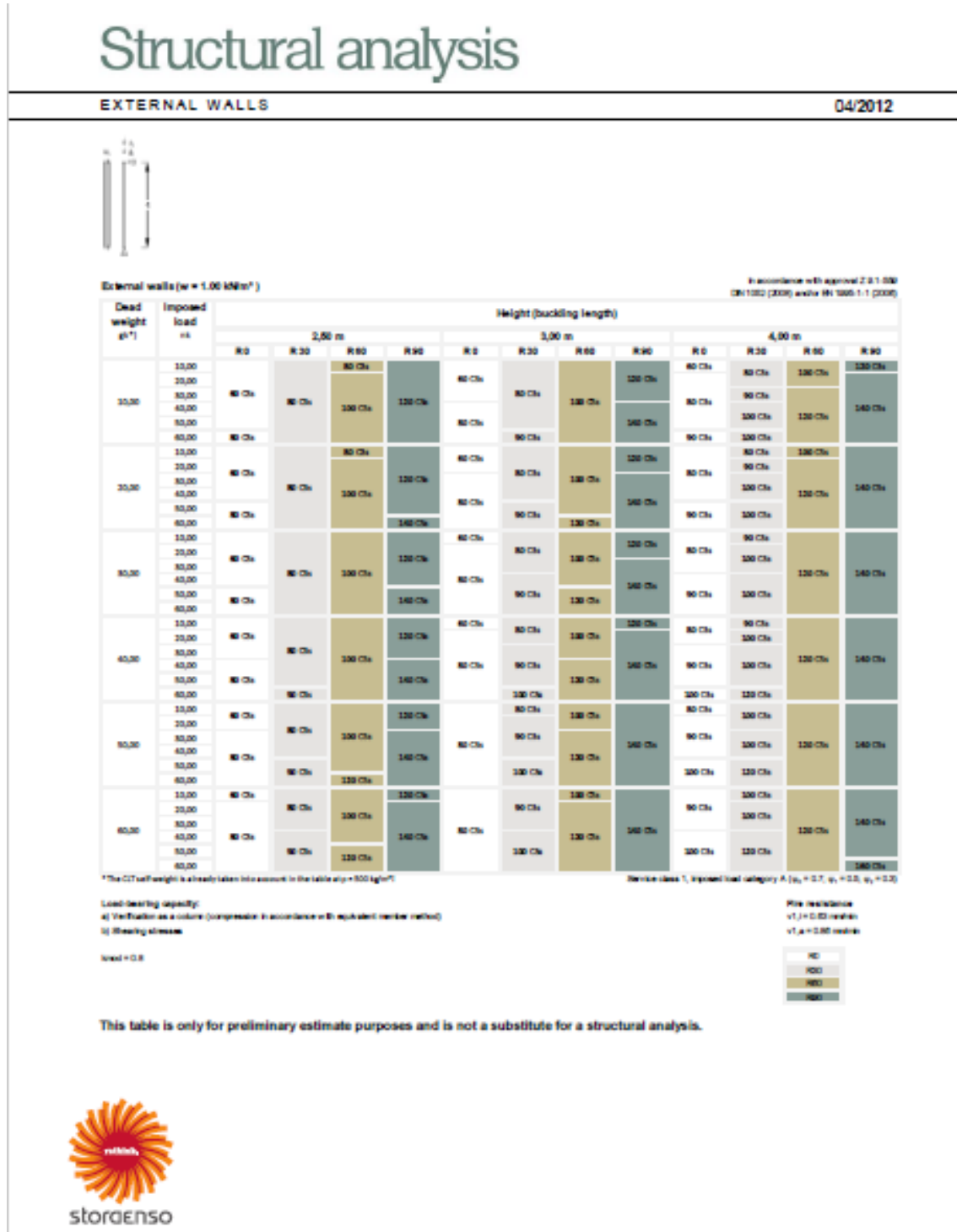
$$e\% = \frac{128,19 - 128,4614}{128,19} * 100 = 0,211\%$$

2.4. MODELO

A la hora del modelado se dispuso de los espesores de pre dimensionamiento, donde se requería las cargas de diseño, mencionadas en el apartado 2 (cargas) y luces entre apoyos, para el caso de los elementos tipo placa, en el caso de los elementos tipo muro, se requirió las cargas de diseño transmitidas desde las placas y sus alturas. Según el diseño arquitectónico propuesto para la casa.

2.4.1. Cartas de Pre Dimensionamiento

Figura 2. Carta de pre dimensionamiento para el elemento tipo muro



2.4.2. Modelado Tridimensional. El modelado se realizó en el software de análisis estructural ETTAPS teniendo en cuenta la parte ya descrita del sismo, $S_a = 0,121$ (sismo estático) y un coeficiente $K=1$, calculado de acuerdo a (A.4.3.2 (a)).

$$k = 1 \text{ para } T \leq 0,5 \text{ seg}$$

De este modo se procedió al modelado tridimensional de la estructura con los espesores de placas y muros dados por las cartas de pre dimensionamiento.

Figura 3. Modelado de la vivienda-fachada

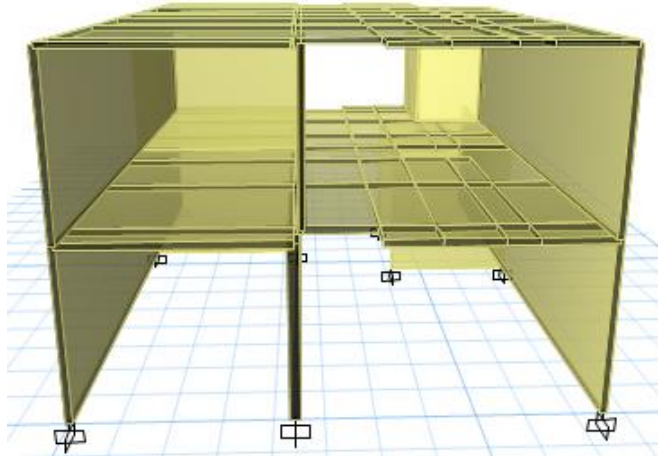
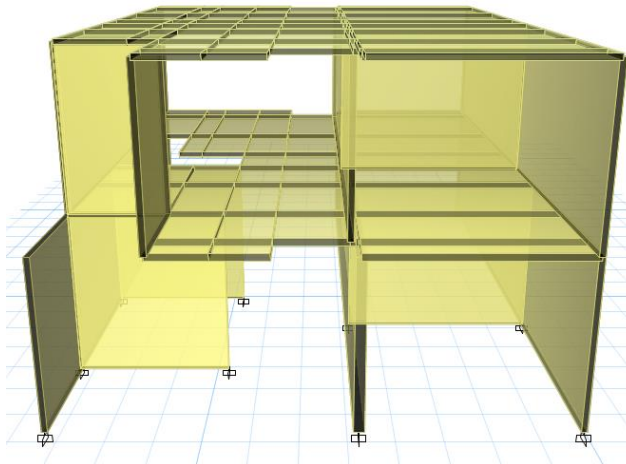


Figura 4. Modelado de la vivienda-costado



2.5. ANALISIS RESULTADOS

Para el análisis de los resultados se procedió a verificar los resultados basales calculados teóricamente, con los calculados según el software, propuestos en el apartado 2.3 (MASAS),

Una vez comprobado estos resultados se procedió a la revisión de las fuerzas de cada elemento en el caso de los muros ya que por la parte de los elementos tipo placa se pudo evaluar en el software de diseño del material CLTengineer 1.0, dado que este evalúa el análisis como un elemento como tipo viga de un anchor aferente de 1m. Por esto, solo se exportaron los resultados de los elementos tipo muro. Con el fin de obtener las fuerzas axiales, cortantes en las dos direcciones horizontales y los momentos debido a estas, para luego cargarlas al software de diseño del material.

2.5.1. Resultados de las Fuerzas Concentradas. Para esto, se asignaron propiedades tipo Piers a los elementos tipo muro, con el fin de agrupar estas fuerzas.

Tabla 17. Fuerzas puntuales de diseño en los muros

MURO	Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	MY	MX
					kN	kN	Kn	kN-m	kN-m
A2	Story2	P2	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-39,7434	-42,056	0,329	0,2369	-104,697
D2	Story2	P4	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-6,3566	59,134	3,9803	6,0711	88,7217
I2	Story2	P6	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-60,5815	-10,365	-11,0548	-10,264	27,9039
5,2	Story2	P8	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-88,7869	-26,564	0,0113	0,0185	37,5749
7,2	Story2	P11	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-2,8166	26,266	0,0192	0,0227	34,6432
G2	Story2	P12	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	4,5089	-4,464	-1,1474	-1,6613	-3,1575
A1	Story1	P1	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-99,2849	-16,044	0,268	0,0127	-217,396
B1	Story1	P3	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-117,450	26,868	2,752	1,0921	-35,3869
I1	Story1	P5	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-102,013	-7,5049	-1,1406	-1,0218	-87,6651
5,1	Story1	P7	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-57,6295	20,361	0,7486	0,5978	32,0111
6,1	Story1	P9	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-163,203	-14,222	0,0305	0,0189	49,1647
7,1	Story1	P10	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-19,4786	9,434	0,0096	0,0026	36,2813

Donde el prefijo es el eje y el sufijo es el piso.

2.5.2. Resultados de las Fuerzas Distribuidas. Para esto, se tuvo que dividir entre la longitud de cada elemento para obtener las fuerzas distribuidas.

Tabla 18. Fuerzas distribuidas de diseño en los muros

MURO	Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	MY	MX
					KN/m	KN/m	KN/m	kN-m/m	kN-m/m
A2	Story2	P2	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-4,45	-4,70	0,04	0,03	-11,71
D2	Story2	P4	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-0,80	7,45	0,50	0,76	11,17
I2	Story2	P6	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-8,25	-1,41	-1,51	-1,40	3,80
5,2	Story2	P8	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-29,60	-8,85	0,00	0,01	12,52
7,2	Story2	P11	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-2,01	18,76	0,01	0,02	24,75
G2	Story2	P12	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	2,82	-2,79	-0,72	-1,04	-1,97
A1	Story1	P1	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-11,11	-1,79	0,03	0,00	-24,32
B1	Story1	P3	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-13,14	3,01	0,31	0,12	-3,96
I1	Story1	P5	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-11,41	-0,84	-0,13	-0,11	-9,81
5,1	Story1	P7	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-26,31	9,30	0,34	0,27	14,62
6,1	Story1	P9	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-56,47	-4,92	0,01	0,01	17,01
7,1	Story1	P10	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	Bottom	-8,89	4,31	0,00	0,00	16,57

2.6. COMBINACIONES DE CARGA

2.6.1. Combinación General de Carga. Para las combinaciones de carga, se basaron según el EUROCODIGO 1 (ACCIONES EN ESTRUCTURAS), UNE EN 1995-1-1:2009, TABLA A.1.1 Y A.1.2; en la parte de los coeficientes de amplificación, y con respecto a las duraciones de estas cargas, de acuerdo a la norma DIN 1052:2004, TABLA 4, ya que las propuestas por el Título G (ESTRUCTURAS DE MADERA Y DE GUADUA), de la norma NSR-10, presenta unos coeficientes similares a los descritos en los EUROCODIGOS mencionados, por lo que se decidió trabajar con los descritos en los EUROCODIGOS, con el fin de no mezclar las normas.

Con esto se obtuvo la siguiente combinación.

$$E_d = \sum \gamma_G * E_{G,i,k} + \gamma_Q * E_{Q,1,k} + \sum \psi_0 * \gamma_Q * E_{Q,i,k}^c$$

Tabla 19. Coeficientes de seguridad y de duración para las combinaciones

GRUPO	CATEGORIA	LOAD ABREVIATION	γ	DURACIÓN	K_{mod} [NKL] 1,2	ψ_0	ψ_1	ψ_2
CARGA PERMANENTE	-	G	1,35	PERMANENTE	0,6	1	1	1
LIVE	A: RESIDENCIALES	Q	1,5	MEDIA	0,8	0,7	0,5	0,3
SISMO	-	Q	1,5	CORTA	0,9	0,6	0,2	0

DONDE:

γ : coeficiente de amplificación o de seguridad

ψ_0 : coeficientes de combinación de corta duración

ψ_1 : coeficiente de combinación de media duración

ψ_2 : coeficiente de combinación de duración permanente

Remplazando en la fórmula obtenemos:

$$E_d = 1,35D + 1,5L + (0,6 * 1,5)E$$

2.6.2. Combinaciones en las Placas

2.6.2.1. Cubierta: Como en la combinación general esta combinación también se basó en los EUROCODIGOS nombrados. Con la excepción del EUROCODIGO 1 apartado [6.2.1 (3)] de la UNE EN 1995-1-1:2009, que dice; "LA CARGA VIVA DE TIPO H, (ACCESIBLE SOLO PARA MANTENIMIENTO) NO SE TIENEN EN CUENTA EN LAS COMBINACIONES", de acuerdo a esto se obtiene la siguiente combinación.

$$E_d = 1,35D$$

2.6.2.2. Entreplaca: A diferencia de la combinación de la cubierta, este si presenta la carga viva con su respectivo coeficiente de amplificación

$$E_d = 1,35D + 1,5L$$

2.6.3. Combinación Debido al Sismo. Dado que el sismo no ataca a la estructura en una sola dirección horizontal, se propuso la siguiente combinación con el fin de prever estas situaciones:

Combo Ey: 30% Sx +100% Sy.

Combo Ex: 100% Sx +30% Sy,

Siendo Sx y Sy los patrones de fuerzas definidos para el cálculo del sismo estático usando los coeficientes Sa y K, definidos en el apartado 2.3.3.3 y 3.2 respectivamente. Con lo cual, quedan 2 combos posibles a analizar:

$$\begin{aligned} E_d &= 1,35D + 1,5L + (0,6 * 1,5)Ex \\ E_d &= 1,35D + 1,5L + (0,6 * 1,5)Ey \end{aligned}$$

De esta manera se obtienen 2 respuestas posibles, donde se escogió la respuesta más crítica, las cuales se presentan en el apartado 4.1 y 4.2.

Para el caso de sismo (E), se basó según el apartado B.2.3.2 FUERSAS SISMICAS REDUCIDAS de la NSR-10. En la búsqueda de este factor se encontró que para la madera maciza según la norma Chilena NCh433 tabla 5.1 (valores máximos de los factores de modificación de la respuesta), presenta factores de 5,5 y de 7, para análisis estático y análisis modal espectral respectivamente. Debido a que no se encontró un factor característico del material se decidió tomar un valor de R más conservador que el presente en esta norma, siendo 2 el factor tomado para la reducción de fuerzas sísmicas.

2.6.4. Combinación en Caso de Fuego: De acuerdo con euro código EN 1991-1-1, apartado 6.2.1 (3)

$$E_{fir,d} = \sum G_{k,j} * \psi_2 + \sum \psi_1 * Q_{K,i}$$

3. DISEÑO ESTRUCTURAL

3.1. ELEMENTO TIPO PLACA

Se decidió chequear la cubierta, debido a que el comportamiento estructural es el mismo que la entre placa. Con excepción de que a este no se le realiza el chequeo de vibración por recomendación del manual de diseño del software CLTEngineer 1.0, debido a esto se le realizo esta revisión a la entre placa.

Para esto, se diseñó como este elemento tipo viga con una anchura de 1 m.

Figura 5. Grafica de la placa como elemento tipo viga

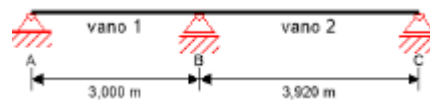
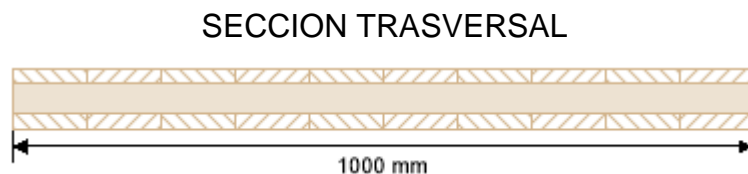
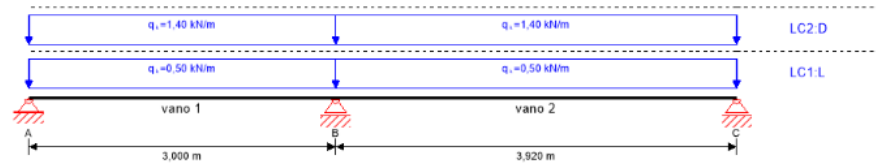


Figura 6. Sección transversal del elemento tipo viga



Según el apartado 2 (cargas) y de acuerdo a las cartas de pre dimensionamiento, se procedió al modelado de este elemento, que se realizó en el software (CLTEngineer 1.0), con el cual se diseñó de todos los elementos estructurales del proyecto, software obtenido y originado por la empresa cotiza dora del material (Stora Enso). También se modelo en el software ETAPS para corroborar los resultados estructurales, obteniendo una igualdad en ellos. Debido a esto se decidió trabajar con los resultados del software CLTEngineer 1.0.

Figura 7. Asignación de cargas



De este modelo, se utilizaron los resultados como Momentos, Cortantes y deflexiones (flechas), usadas para el chequeo de la sección propuesta.

3.1.1. Calculó Las Fuerzas Internas de la Sección:

Datos:

$$d[m] = 0,08$$

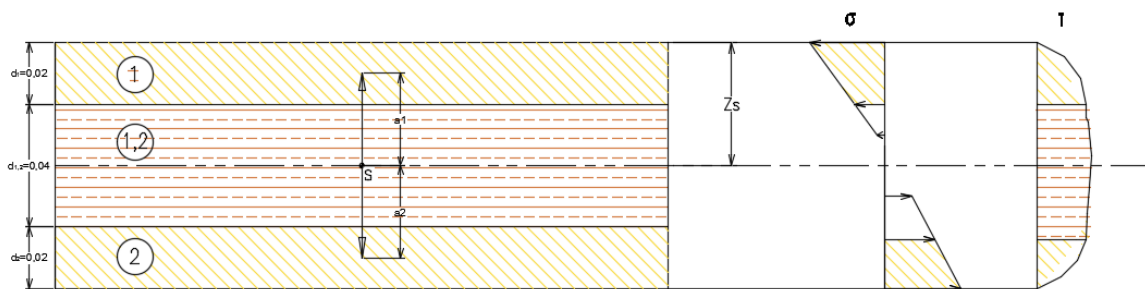
$$l_{afacente} [m]$$

$$E_{0,mean} [N/mm^2] = 12500$$

CENTRO DE GRAVEDAD

3.1.1.1. Sección Neta

Figura 8. Centro de gravedad de la sección neta



$$Z_s = \frac{h}{2} = 4cm$$

AREA

$$A_{0,net} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} * b * d_i$$

SUPOCICIÓN

$$\frac{E_i}{E_n} = 1 \quad \text{Donde } n \text{ es el numero de capas}$$

$$A_{0,net} = 1 * 100 * (2 + 2) = 400 \text{ cm}^2$$

MOMENTO DE INERCIA

$$I_{0,net} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} * \frac{b * d_i^3}{12} + \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} * b * d_i * a_i^2$$

DISTANCIA AL CENTROIDE

$$a_1 = \left(\frac{d_1}{2} + \frac{d_{1,2}}{2} \right)$$

$$a_1 = \frac{2}{2} + \frac{4}{2} = 3 \text{ cm}$$

$$a_1 = a_2$$

$$I_{0,net} = 2 * \left(\left(\frac{100 * 2^3}{12} \right) + (100 * 2 * 3^2) \right) = 3733,33 \text{ cm}^4$$

MODULO DE SECCIÓN

$$W_{net} = \frac{I_{0,net}}{\max\{Z_0; Z_u\}}$$

$$Z_0 = Z_u = Z_s = 4 \text{ cm}$$

$$W_{net} = \frac{3733,33}{4} = 933,3 \text{ cm}^3$$

MOMENTO ESTATICO (CORTANTE CIZALLADOR)

$$S_{R,net} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} * b * d_i * a_i$$

$$S_{R,net} = 100 * 2 * 3 = 600 \text{ cm}^3$$

3.1.1.2. Sección A Fuego. De acuerdo con la norma UNE EN 1995 1-2 2011 [REGLAS GENERALES PROYECTO DE ESTRUCTURAS SOMETIDAS A FUEGO], la sección debe someterse a una prueba de fuego en caso de que este ocurra.

$$\beta_0$$

SECCIÓN RESIDUAL

$$d_{ef} = d_{CHAR} + k_0$$

TASA DE CARBONIZACIÓN

$$d_{CHAR}$$

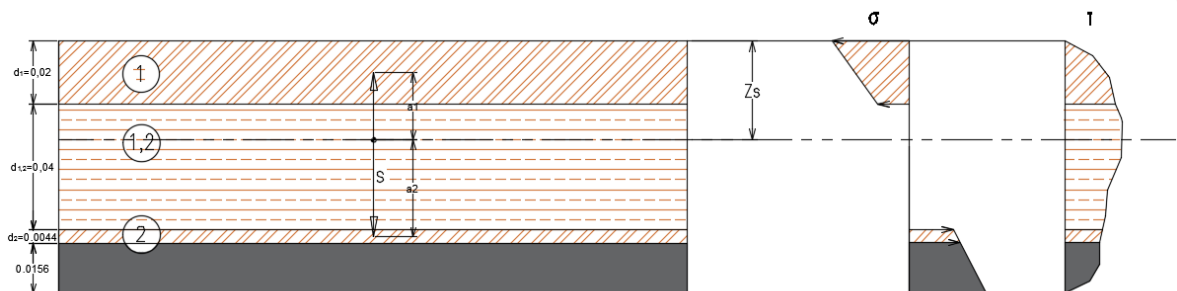
$$d_{CHAR} = 0,65 * 24$$

$$k_0 * d_0 = 7 \text{ mm}$$

$$k_0 = 1$$

$$d_{ef} = 1,56 + 7$$

Figura 9. Centro de gravedad de la Sección quemada



CENTRO DE GRAVEDAD

$$Z_s = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} * A_i * o_i}{\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} * A_i}$$

Tabla 20. Centro de gravedad del elemento tipo viga

i	b	$\frac{E_i}{E_C}$	$Z_s = \frac{d_i^{*73,68}}{244}$	$\frac{E_i}{E_C} * A_i$	o_i	$\frac{E_i}{E_C} * A_i * o_i$
	[cm]	[-]	[cm]	[cm ²]	[cm]	[cm ³]
1	100	1	2	200	1	200
3	100	1	0,44	44	6,22	273,68
sum				244		473,68

MOMENTO DE INERCIA

$$I_{0,net} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_C} * \frac{b * d_i^3}{12} + \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_C} * b * d_i * a_i^2$$

Tabla 21. Inercia del elemento tipo viga

i	$\frac{E_i}{E_C} * A_i$	a_i	I_{intri}	$\frac{E_i}{E_C} * A_i * a_i^2$
		$o_i - Z_s$	$\frac{b * d_i^3}{12}$	
	[cm ²]	[cm]	[cm ⁴]	[cm ⁴]
1	200	-1,00	66,67	200,00
2	44	4,22	0,71	783,57
sum	244		67,38	983,57

$$I_{0,net} = 67,38 + 983,57 = 1050,9 \text{ cm}^4$$

MODULO DE SECCION

$$W_{net} = \frac{I_{0,net}}{Z_0}$$

$$Z_0 = (d - d_{ef}) - Z_s = 3,74 \text{ cm}$$

$$W_{net} = \frac{1050,9}{3,74} = 281,00 \text{ cm}^3$$

MOMENTO ESTATICO (CORTANTE CIZALLADOR)

$$S_{R,net} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_C} * b * d_i * a_i$$

$$S_{R,net} = 100 * 2 * 1 = 200 \text{ cm}^3$$

3.1.2. Resultados del Modelado. Los resultados de los momentos, cortante y deflexión, para sección neta y sección en caso de fuego se combinarán según sus debidas combinaciones para el respectivo chequeo de diseño.

DATOS:

$$f_{m,k}[N/mm^2] = 24$$

$$\gamma_m = 1,25$$

$$K_{sys} = 1,1$$

$$K_m = 1$$

$$K_{fire} = 1,15$$

$$\gamma_{mfir} = 1$$

$$K_{mod, fir} = 1$$

$$f_{V,k}[N/mm^2] = 4$$

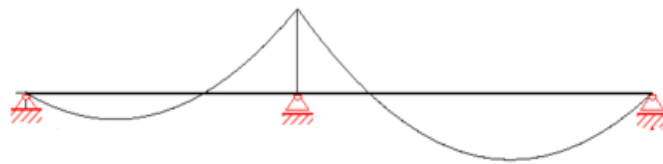
$$f_{r,k}[N/mm^2] = 1,7$$

$$K_{def} = 0,8$$

$$f_{r, fir, k}[N/mm^2] = 1,51$$

MOMENTOS

Figura 10. Diagrama de momentos en la sección neta



El máximo momento ocurre en el eje B

$$M_D[\text{KNm}] = -2,15$$

$$M_L[\text{KNm}] = -0,77$$

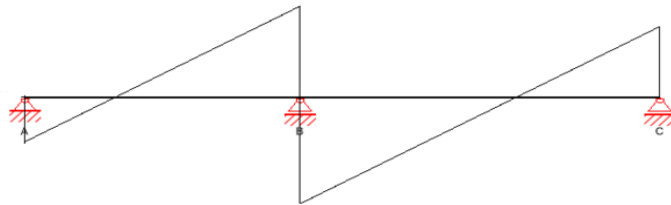
COMBINACIONES

$$M_d[\text{KNm}] = \gamma_G * M_D$$

$$M_d[\text{KNm}] = 1,35 * 2,15 = 2,9$$

CORTANTE

Figura 11. Diagrama de cortante en la sección neta



El cortante máximo ocurre en el eje B

$$V_D[\text{KN}] = 3,29$$

$$V_L[\text{KN}] = 1,18$$

CONBINACIONES

$$V_d[\text{KNm}] = \gamma_G * V_D$$

$$V_d[\text{KN}] = 1,35 * 3,29 = 4,44$$

REACCIONES

El cortante máximo ocurre en el eje B

$$B_D[\text{KN}] = 6,11$$

$$B_L[\text{KN}] = 2,18$$

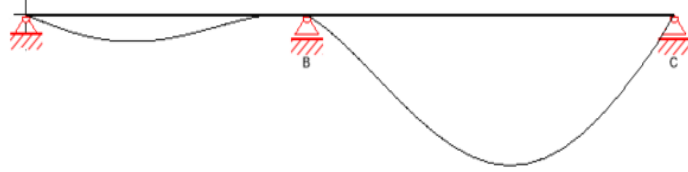
CONBINACIONES

$$B_d[\text{KNm}] = \gamma_G * B_D$$

$$B_d[\text{KN}] = 1,35 * 6,11 = 8,25$$

DEFLECCIONES

Figura 12. Diagrama de deformación en la sección neta



La máxima deflexión ocurre en el segundo vano

$$W_D [\text{mm}] = 5,6$$

$$W_L [\text{mm}] = 2,5$$

COMBINACIONES

MADEIA PERMANENCIA

$$W_{inst} [\text{mm}] = 2,5$$

$$W_{activa} [\text{mm}] = W_{inst} * W_D * K_{def}$$

$$W_{activa} [\text{mm}] = 2 + (5,6 * 0,6) = 5,9$$

$$W_{fin,neta} [\text{mm}] = [W_D * (1 + K_{def})]$$

$$W_{fin,neta} [\text{mm}] = 5,16 * (1 + 0,6) = 9,0$$

3.1.3. Verificación de Esfuerzos

3.1.3.1. Flexión

$$\sigma_{m,d} * K_m \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{m,d} \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right] = \frac{M_d}{W_{net}} = \frac{-2,9}{933,33} * 1000 = -3,11$$

$$f_{m,d} \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right] = K_{mod} * K_{sys} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0,6 * 1,1 \frac{24}{1,25} = 12,67$$
$$3,11 = \leq 12,67 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Aprovechamiento= 25 %

3.1.3.2. Cortante

$$\tau_{V,d} \leq f_{V,d}$$
$$\tau_{V,d} \left[\frac{N}{mm^2} \right] = \frac{V_d * S_{0,net}}{I_{0,net} * b} = \frac{4,44 * 600}{3733,33 * 100} * 10 = 0,071$$
$$f_{V,d} \left[\frac{N}{mm^2} \right] = K_{mod} * \frac{f_{V,k}}{\gamma_m} = 0,6 * \frac{4}{1,25} = 1,92$$
$$0,07 \left[\frac{N}{mm^2} \right] \leq 1,92 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Aprovechamiento = 4 %

3.1.3.3. Cortante de Rodadura

$$\tau_{R,d} \leq f_{VR,d}$$
$$\tau_{R,d} \left[\frac{N}{mm^2} \right] = \frac{V_d * S_{0,net}}{I_{0,net} * b} = \frac{4,44 * 600}{3733,33 * 100} * 10 = 0,071$$
$$f_{VR,d} \left[\frac{N}{mm^2} \right] = K_{mod} * \frac{f_{VR,k}}{\gamma_m} = 0,6 * \frac{1,7}{1,25} = 0,82$$
$$0,072 \left[\frac{N}{mm^2} \right] \leq 0,82 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Aprovechamiento = 9 %

3.1.3.4. Deflecciones

3.1.3.4.1. Deformación Inicial

$$W_{inst} \leq \frac{L}{300}$$
$$W_{inst} [mm] = \frac{3,92}{300} = 13,1$$
$$2,5 [mm] \leq 13,1 [mm]$$

Aprovechamiento = 19 %

3.1.3.4.2. Deformación Activa

$$W_{activa} \leq \frac{L}{150}$$
$$W_{inst}[mm] = \frac{3,92}{150} = 26,1$$
$$5,9 [mm] \leq 26,1[mm]$$

Aprovechamiento = 22 %

3.1.3.4.3. Deformación Final

$$W_{fin,neto} \leq \frac{L}{250}$$
$$W_{inst}[mm] = \frac{3,92}{250} = 15,7$$
$$8,9[mm] = \leq 15,7[mm]$$

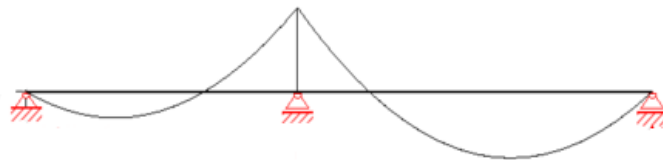
Aprovechamiento = 57 %

3.1.4. Verificación en Caso de Incendio

3.1.4.1. Resultados del Modelado

MOMENTOS

Figura 13. Diagrama de momentos en la sección quemada



El máximo momento ocurre en el eje B

$$M_D [\text{KNm}] = -2,15$$

$$M_L [\text{KNm}] = -0,77$$

COMBO

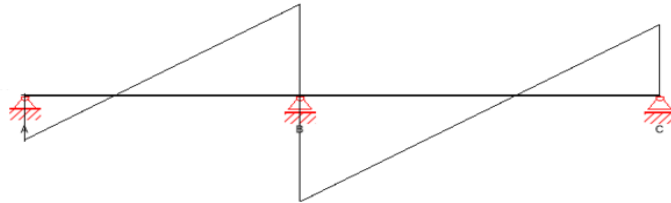
CONBINACIONES

$$M_d[\text{KNm}] = \psi_2 * M_D$$

$$M_d[\text{KNm}] = 1 * 2,15 = 2,15$$

CORTANTE

Figura 14. Diagrama de cortante en la sección quemada



El cortante máximo ocurre en el eje B

$$V_D[\text{KN}] = 3,29$$

$$V_L[\text{KN}] = 1,18$$

CONBINACIONES

$$V_d[\text{KNm}] = \psi_2 * V_D$$

$$V_d[\text{KN}] = 1 * 3,29 = 3,29$$

3.1.5. Verificación De Esfuerzos

3.1.5.1. Flexión

$$\sigma_{m,fir,d} \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{m,fir,d} \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right] = \frac{M_{fir,d}}{W_{net}} = \frac{-2,15}{281,0} * 1000 = -7,65$$

$$f_{m,fir,d} \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right] = K_{mod,fir} * K_{sys} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_{m,fir}} = 1,15 * 1,1 \frac{24}{1,0} = 30,36$$

$$7,65 \left[\frac{N}{mm^2} \right] \leq 30,36 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Aprovechamiento= 25 %

3.1.5.2. Cortante

$$\tau_{V,d} \leq f_{V,d}$$

$$\tau_{V,d} \left[\frac{N}{mm^2} \right] = \frac{V_{fir,d} * S_{0,net}}{I_{0,net} * b} = \frac{3,29 * 188,26}{1050,1 * 100} * 10 = 0,06$$

$$f_{V,d} \left[\frac{N}{mm^2} \right] = K_{fir} * K_{mod,fir} * \frac{f_{V,k}}{\gamma_{m,fir}} = 1,15 * 1 * \frac{4}{1,0} = 4,6$$

$$0,06 \left[\frac{N}{mm^2} \right] \leq 4,6 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Aprovechamiento = 1 %

3.1.5.3. Cortante de Rodadura

$$\tau_{R,d} \leq f_{VR,d}$$

$$\tau_{R,d} \left[\frac{N}{mm^2} \right] = \frac{V_d * S_{0,net}}{I_{0,net} * b} = \frac{3,29 * 188,26}{1050,1 * 100} * 10 = 0,06$$

$$f_{VR,d} \left[\frac{N}{mm^2} \right] = K_{fir} * K_{fir} * \frac{f_{VR,k}}{\gamma_m} = 1,15 * 1 * \frac{1,51}{1,0} = 1,74$$

$$0,06 \left[\frac{N}{mm^2} \right] \leq 1,74 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Aprovechamiento = 4 %

3.1.6. Chequeo A Vibración de la Entreplaca [En 1995 1-1 (7.3)]. De acuerdo con el EUROCODIGO 1 y el manual del software de diseño, no se realizó el chequeo por vibración en la cubierta, por consiguiente, se hizo el chequeo de la entreplaca, con el fin de comprobar el cumplimiento de todos los requisitos establecidos. El chequeo se realizó para la clase 2.

De acuerdo con las cartas de pre dimensionamiento de la empresa Stora Enso, se propuso el espesor de la entre placa, siendo de 100mm y (CLT 100 L5s), su clasificación.

Datos.

$$d[m]=0,1$$

$$l_1[m] = 2,89$$

$$l_2[m] = 4,03$$

$$I_{0,ef}[cm^4] = 6599,99$$

$$g[m/s^2] = 9,81$$

$$C_D \left[\frac{KN}{m^2} \right] = 1,7$$

$$C_L \left[\frac{KN}{m^2} \right] = 1,8$$

$$b[m] = 4 \text{ distancia transversal a la carga aproximadamente de un cuarto}$$

3.1.7. Frecuencia Natural

RIGIDECES

EN DIRECCIÓN A LA CARGA

$$(E * I)_l [KNm^2] = E * I_{0,ef} = 12500 * 6599,9 * 10^{-5} = 825$$

TRANSVERSAL A LA CARGA:

Debido a que no hay una continuidad en el material, en dirección transversal a la carga, a causa de que la entre placa está dividida por paneles, el MANUAL DE DISEÑO DEL SOFTWARE, aconseja poner una capa tipo mortero de 6 cm con un módulo de elasticidad de 26 MPa, para darle rigidez en este sentido.

$$(E * I)_b [KNm^2] = E * I = 26000 * \frac{100 * 6^3}{12} * 10^{-5} = 468$$

CRITERIO DE FRECUENCIA

$$K_{transversal} = \sqrt{1 + \left[\left(\frac{l}{b} \right)^2 + \left(\frac{l}{b} \right)^4 \right] * \frac{(E * I)_b}{(E * I)_l}}$$

$$K_{transversal} = \sqrt{1 + \left[\left(\frac{4,03}{4} \right)^2 + \left(\frac{4,03}{4} \right)^4 \right] * \frac{468}{825}} = 1,5$$

INFLUENCIA DEL SISTEMA EN LA ESTÁTICA

$$\frac{l_{min}}{l_{max}} = \frac{2,89}{4,03} = 0,72$$

De la tabla 6.2 factor para el cálculo de la frecuencia natural

$$K_e = 1,196$$

$$f_1 = \frac{\pi}{2 * l^2} * \sqrt{\frac{E * I_0}{m}} * K_{transversal} * K_e$$

$$m \left[\frac{kg}{m^2} \right] = \frac{C_D}{g} = \frac{1,7 + 0,5}{9,81} = 224,3$$

$$f_1 [Hz] = \frac{\pi}{2 * 4,03^2} * \sqrt{\frac{12500 * 6599,9}{224,3} * 10^{-2} * 1,5 * 1,1962} = 10,5$$

$$10,5 [Hz] \geq 6,0 [Hz]$$

Aprovechamiento 57 %

3.1.8. Deformación

CRITERIO DE RIGIDEZ

Para este criterio se toma la metodología de, deformación con una carga de 1 kN en el punto más desfavorable [PAPER BINDERHOLZ]

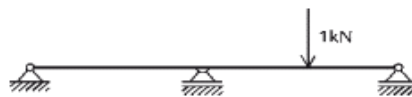


Figura15. Carga unitaria

Determinación de la carga en la sección transversal, se tomará con una anchura efectiva:

$$W_{stat} = \frac{F * l^3}{48 * (E * I)_l * b_F}$$

$$b_F = \min \left\{ \frac{l}{1,1} * \sqrt[4]{\frac{(E * I)_b}{(E * I)_l}} ; b \right\}$$

$$\frac{l}{1,1} * \sqrt[4]{\frac{(E * I)_b}{(E * I)_l}} = \frac{4,03}{1,1} * \sqrt[4]{\frac{468}{825}} = 3,2$$

$$b_F = \min\{3,2 ; 4\} = 3,2$$

Deformación debido a la carga distribuida

$$W_{stat}[mm] = \frac{1000 * 4,03^3}{48 * 825 * 3,18} = 0,5$$

$$0,5[mm] \leq 5[mm]$$

Aprovechamiento 100 %

3.1.9. Aceleración

MASA MODAL

$$M = m * \frac{l}{2 * K_{traversal}^2} * b$$

$$M[Kg] = 356,8 * \frac{4,03}{2 * 1,1^2} * 8,94 = 803,35$$

$$a_{rms} = \frac{0,4 * a * F_0}{2 * D * M}$$

$F_0[N] = 700$ peso aproximado de una persona

$$a = e^{-0,47 * f_1} = e^{-0,47 * 6} = 0,0071$$

$$a_{rms} = \frac{0,4 * 0,056 * 700}{2 * 0,04 * 5311,6} = 0,031$$

$$0,037[m/s^2] \leq 0,1[m/s^2]$$

Aprovechamiento 31 %

Los valores comparativos son dados por el EURO CODIGO 5 tabla 6-4 clases de vibración en cielorrasos

Tabla 22. Clases de vibraciones en placas

Table 6-4 Vibration classes of ceilings

	Vibration class I	Vibration class II	Vibration class III
Typical applications	Ceilings between different utilisation units, like separating ceilings between apartments, continuous ceilings, ceilings in offices, etc.	Ceilings within one utilisation unit, ceilings in single-family houses with common utilisation	Ceilings under undeveloped attics, ceilings without vibration requirement
Execution	Wet screed floating on light or heavy fills Dry screed on heavy fill (i.e. with more than 60 kg/m ²)	Wet screed floating (also without fill)	-
Frequency criterion	$f_1 \geq 8 \text{ Hz}$	$f_1 \geq 6 \text{ Hz}$	
Stiffness criterion¹	$w_{1kV} \leq 0,25 \text{ mm}$	$w_{1kV} \leq 0,50 \text{ mm}$ for low requirements: $w_{1kV} \leq 1,00 \text{ mm}$	
Limit acceleration²			
Hamm und Richter (2009) or Kreuzinger und Mohr (1999) upon transfer of vibration into the adjacent room, resp.	$a_{rms} \leq 0,05 \text{ m/s}^2$ additionally $f_1 \geq 4,5 \text{ Hz}$	$a_{rms} \leq 0,10 \text{ m/s}^2$ $f_1 \geq 4,5 \text{ Hz}$	

Tabla para determinación de la frecuencia natural, para el caso de viga con 2 vanos

Tabla 23. Factores de cálculo para la frecuencia

Table 6-2 Factors for determination of the natural frequency of double-span girders depending on relation of the spans

ℓ_2 / ℓ_1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
$k_{e,2}$	1,000	1,090	1,157	1,206	1,245	1,282	1,318	1,359	1,410	1,474	1,562

3.2. ELEMENTO TIPO MURO

Para este elemento se decidió chequear el muro del eje A del primer piso de la vivienda, que se propuso para el proyecto. Para esto, se diseñó como un elemento

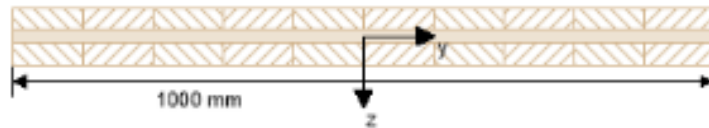
Figura 16. Grafica del muro como elemento tipo columna



tipo columna con una anchura de 1 m.

SECCIÓN TRANSVERSAL

Figura 17. Sección transversal del elemento tipo columna



Para el presente diseño, se estimó un espesor de 80 mm, de acuerdo a la carta de pre dimensionamiento (PARED EXTERIOR Stora Enso).

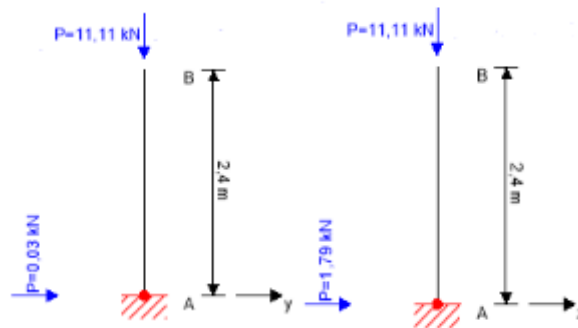
Tomando las fuerzas distribuidas de diseño, presentes en el apartado 4, que se presentan para el elemento a diseñar son:

Tabla 24. Cargas de diseño para el elemento tipo columna

MURO	P [KN/m]	Vx [KN/m]	Vy [KN/m]	Mx [KN.m/m]	My [KN.m/m]
A 1°P	-11,11	-1,79	0,03	-24,32	0,00

Con estos datos, modelamos el muro en el software de diseño CLTengineer 1.0.

Figura 18. Asignación de cargas



De este modelo, se utilizaron los resultados como Momentos, Cortantes y fuerzas axiales, las cuales se usaron para el chequeo de la sección propuesta.

Nota: dado que el software de diseño CLTengineer 1.0 solo presenta casos de columnas empotradas en voladizo o arriostradas, calcula los momentos debido a la cargas horizontales como $M=VL$, siendo incierto dado que el sistema tridimensional no funciona de esta forma, por lo cual los momentos se tuvieron que modelar en este software de diseño, de tal forma que los resultados obtenidos por este fuesen los mismos calculados por el software ETAPS, para esto se optó por cargar las fuerzas axiales con una excentricidad en ambas direcciones horizontales.

3.2.1. Calculó las Fuerzas Internas de la Sección:

Datos:

$$d[m] = 0,08$$

$$l_{afacente}[m]$$

$$h_{muro}[m]$$

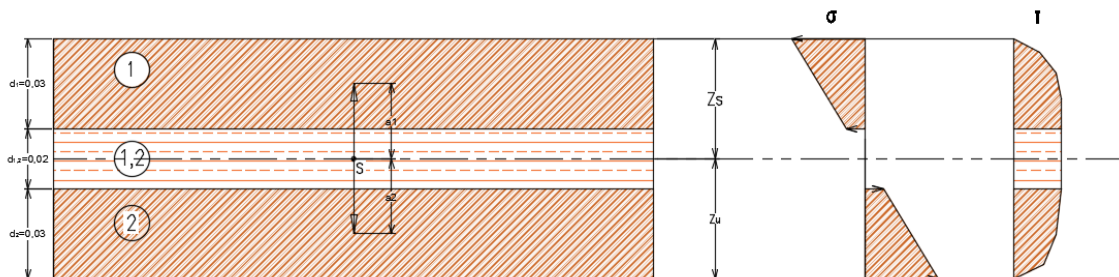
$$L_{muro}[m] = 8,94$$

$$E_{0,mean}[N/mm^2] = 12500$$

3.2.1.1. Sección Neta

CENTRO DE GRAVEDAD

Figura 19. Centro de gravedad de la sección neta



$$Z_S = \frac{h}{2} = 4cm$$

AREA

$$A_{0,net} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} * b * d_i$$

SUPOCICIÓN

$$\frac{E_i}{E_n} = 1 \quad \text{Donde } n \text{ es el numero de capas}$$

$$A_{0,net} = 1 * 100 * (3 + 3) = 600 \text{ cm}^2$$

MOMENTO DE INERCIA

$$I_{0,net} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} * \frac{b * d_i^3}{12} + \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} * b * d_i * a_i^2$$

DISTANCIA AL CENTROIDE

$$a_1 = \left(\frac{d_1}{2} + \frac{d_{1,2}}{2} \right)$$

$$a_1 = \frac{3}{2} + \frac{2}{2} = 2,5 \text{ cm}$$

$$a_1 = a_2$$

$$I_{0,net,y} = 2 * \left(\left(\frac{100 * 3^3}{12} \right) + (100 * 3 * 2,5^2) \right) = 4200,0 \text{ cm}^4$$

$$I_{0,net,z} = 2 * \left(\left(\frac{100^3 * 3}{12} \right) + (100 * 3 * 2,5^2) \right) = 503750 \text{ cm}^4$$

MODULO DE SECCIÓN

$$W_{net} = \frac{I_{0,net}}{\max\{Z_0; Z_u\}}$$

$$Z_0 = Z_u = Z_s = 4 \text{ cm}$$

$$W_{net,y} = \frac{4200}{4} = 1050 \text{ cm}^3$$

$$W_{net,z} = \frac{503750}{4} = 125937,5 \text{ cm}^3$$

$$W_{net} = \frac{\sum d_i * h^2}{6} = \frac{6 * 100^2}{6} = 10000 \text{ cm}^3$$

MOMENTO ESTÁTICO (CORTANTE CIZALLADOR)

$$S_{R,net} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} * b * d_i * a_i$$

$$S_{R,net} = 100 * 3 * 2,5 = 750 \text{ cm}^3$$

3.2.1.2. Sección A Fuego

$$\beta_0$$

SECCION RESIDUAL

$$d_{ef} = d_{CHAR} + k_0$$

TASA DE CARBONIZACIÓN

$$d_{CHAR}$$

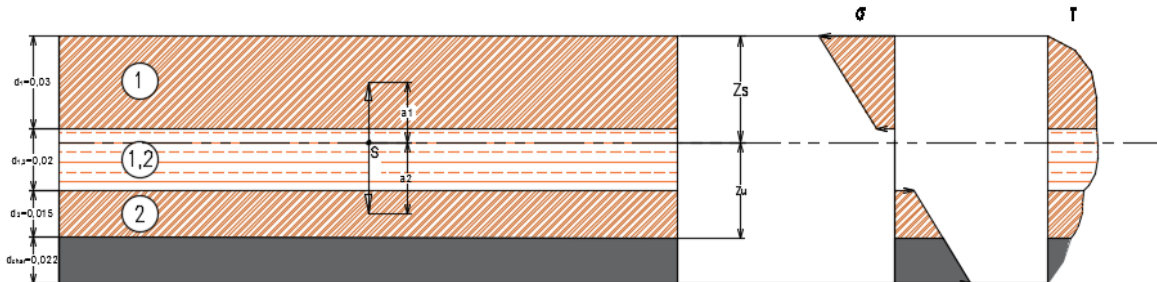
$$d_{CHAR} = 0,65 * 24$$

$$k_0 * d_0 = 7 \text{ mm}$$

$$k_0 = 1$$

$$d_{ef} = 1,512 + 7$$

Figura 20. Centro de gravedad de la sección quemada



CENTRO DE GRAVEDAD

$$Z_s = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_C} * A_i * o_i}{\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_C} * A_i} * \beta_0$$

Tabla 25. Centro de gravedad de la sección quemada

<i>i</i>	<i>b</i>	$\frac{E_i}{E_C}$	<i>d_i</i>	$\frac{E_i}{E_C} * A_i$	<i>o_i</i>	$\frac{E_i}{E_C} * A_i * o_i$
	[cm]	[-]	[cm]	[cm ²]	[cm]	[cm ³]
1	100	1	3	300	1,5	450
3	100	1	1,488	148,8	5,744	854,7072
sum				448,8		1304,7072

$$Z_s = \frac{1304,71}{448,8} = 2,9cm$$

MOMENTO DE INERCIA

$$I_{0,net} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_C} * \frac{b * d_i^3}{12} + \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_C} * b * d_i * a_i^2$$

Tabla 26. Inercia de la sección quemada

<i>i</i>	$\frac{E_i}{E_C} * A_i$	<i>a_i</i>	<i>I_{intri,y}</i>	$\frac{E_i}{E_C} * A_{i,y} * a$	<i>I_{intri,z}</i>
		$= o_i - Z_s$	$\frac{b * d_i^3}{12}$		$\frac{d_i * b^3}{12}$
	[cm ²]	[cm]	[cm ⁴]	[cm ⁴]	[cm ⁴]
1	300	-1,4	225	594,0	250000
2	148,8	2,84	27,46	1197,5	124000
sum	448,8		252,46	1791,5	374000

$$I_{0,net,y} = 252,46 + 1791,5 = 2044,0 \text{ cm}^4$$

$$I_{0,net,z} = 1791,52 + 374000 = 375791,5 \text{ cm}^4$$

MODULO DE SECCIÓN

$$W_{net} = \frac{I_{0,net}}{Z_0}$$

FIBRA BORDE SUPERIOR

$$Z_0 = -Z_s = 2,9 \text{ cm}$$

$$W_{net,y} = \frac{2044,0}{2,9} = 703,1 \text{ cm}^3$$

$$W_{net,z} = \frac{375791,52}{2,9} = 129266,7 \text{ cm}^3$$

FIBRA INFERIOR

$$Z_0 = (d - d_{ef}) - Z_s = 2,9 \text{ cm}$$

$$W_{net,y} = \frac{2044,0}{2,9} = 703,1 \text{ cm}^3$$

$$W_{net,z} = \frac{375791,52}{2,9} = 129266,7 \text{ cm}^3$$

$$W_{net} = \frac{\sum d_i * h^2}{6} = \frac{4,488 * 100^2}{6} = 7480 \text{ cm}^3$$

MOMENTO ESTÁTICO (CORTANTE CIZALLADOR)

$$S_{R,net} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} * b * d_i * a_i$$

$$S_{R,net} = 100 * 3 * 1,407 = 422,1 \text{ cm}^3$$

Chuqueo a flexión, cortante y cortante de rodadura, combinación de cortantes en el plano de sección neta y bruta, combinación de cortantes en el plano, para sección neta y sección en caso de fuego combinados, torsión en el plano, pandeo, vuelco lateral.

Datos:

$$f_{m,k} [N/mm^2] = 24$$

$$f_{v,k} [N/mm^2] = 4$$

$$\begin{aligned}
f_{r,k}[N/mm^2] &= 1,7 \\
f_{t,0,k}[N/mm^2] &= 14 \\
f_{t,90,k}[N/mm^2] &= 0,35 \\
f_{c,0,k}[N/mm^2] &= 21 \\
f_{c,90,k}[N/mm^2] &= 2,4 \\
f_{V,IP,Groos,k}[N/mm^2] &= 3,5 \\
f_{V,IP,Net,k}[N/mm^2] &= 8 \\
f_{V,T,Net,k}[N/mm^2] &= 2,5 \\
G_{R,mean}[N/mm^2] &= 50 \\
G_{mean}[N/mm^2] &= 690 \\
\gamma_m &= 1,25 \\
K_{sys} &= 1,1 \\
K_m &= 1 \\
K_{fire} &= 1,15 \\
\gamma_{mfir} &= 1 \\
K_{mod,fir} &= 1
\end{aligned}$$

Referenciar con la norma UNE EN 338

3.2.1.3. Resultados del Modelado

MOMENTO

$$M_{max,y}[KNm/m] = 0$$

$$M_{max,z}[KNm/m] = 24,32$$

CORTANTE

$$V_{max,y}[KN/m] = -1,79$$

$$V_{max,z}[KN/m] = 0,03$$

AXIALES

$$N_{max}[KN/m] = 11,11$$

$$N_T [\text{KN/m}] = 0$$

3.2.1.4 Verificación E Esfuerzos

3.2.1.4.1. Flexión

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,y,d}$$

$$\frac{M_{y,d}}{W_{y,net}} \leq K_{mod} * K_{sys} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_m}$$

$$\frac{0 * 100 * 10}{1050} \leq 0,6 * 1,1 \frac{24}{1,25}$$

$$0,0 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right] \leq 12,67 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\sigma_{m,z,d} \leq f_{m,z,d}$$

$$\frac{M_{z,d}}{W_{net}} \leq K_{mod} * K_{sys} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_m}$$

$$\frac{24,32 * 100 * 10}{10000} \leq 0,6 * 1,1 \frac{24}{1,25}$$

$$2,43 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right] \leq 12,67 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

3.2.1.4.2. Compresión en Dirección a la Fibra

$$\sigma_{c,d} \leq f_{c,d}$$

$$\frac{N_{c,d}}{A_{net}} \leq K_{mod} * \frac{f_{c,k}}{\gamma_m}$$

$$\frac{11,11 * 10}{600} \leq 0,6 * \frac{21}{1,25}$$

$$0,19 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right] \leq 10,08 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

3.2.1.4.3. Tensión en Dirección a la Fibra

$$\begin{aligned}\sigma_{t,d} &\leq f_{t,d} \\ \frac{N_{t,d}}{A_{net}} &\leq K_{mod} * \frac{f_{t,k}}{\gamma_m} \\ \frac{0}{600} &\leq 0,6 * \frac{14}{1,25} \\ 0,0 &\leq 6,72\end{aligned}$$

3.2.1.4.4. Combinación entre Flexión y Compresión [A.19]

$$\begin{aligned}\left(\frac{\sigma_{o,d}}{f_{o,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{sys,y} \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &\leq 1 \\ \left(\frac{0,19}{10,08}\right)^2 + \frac{0,0}{12,67} + 1,1 \frac{2,43}{12,67} &\leq 1 \\ 0,21 &\leq 1,0\end{aligned}$$

Aprovechamiento 21 %

$$\begin{aligned}\left(\frac{\sigma_{o,d}}{f_{o,d}}\right)^2 + k_{sys,y} \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &\leq 1 \\ \left(\frac{0,19}{10,08}\right)^2 + 1,1 * \frac{0,0}{12,67} + \frac{2,43}{12,67} &\leq 1 \\ 0,19 &\leq 1,0\end{aligned}$$

Aprovechamiento 19 %

3.2.1.4.5. Cortante

$$\begin{aligned}\tau_{r,d} &\leq f_{v,d} \\ \frac{V_d * S_{net}}{I_{net} * b} &\leq K_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_m}\end{aligned}$$

$$\frac{1,79 * 750}{4200 * 100} \leq 0,6 * \frac{4}{1,25}$$

$$0,03 \leq 1,92$$

Aprovechamiento 2 %

3.2.1.4.6. Cortante de Rodadura

$$\tau_{r,d} \leq f_{v,R,d}$$

$$\frac{V_d * S_{0,R,net}}{I_{0,net} * b} \leq K_{mod} * \frac{f_{v,R,k}}{\gamma_m}$$

$$\frac{1,79 * 750}{4200 * 100} \leq 0,6 * \frac{1,7}{1,25}$$

$$0,03 \leq 0,82$$

Aprovechamiento 4 %

3.2.1.4.7. Cortante en el Plano Sección Bruta

$$\tau_{IP,Gross,d} \leq f_{v,IP,Gross,d}$$

$$\frac{V_{0,d} * S_{0,R}}{I_0 * b} \leq K_{mod} * \frac{f_{v,IP,Gross,k}}{\gamma_m}$$

$$\frac{0,03 * 750 * 10}{4200 * 100} \leq 0,6 * \frac{3,5}{1,25}$$

$$0,0 \leq 1,68$$

Aprovechamiento 0,0 %

3.2.1.4.8. Cortante en el Plano Dección Neta

$$\tau_{V,IP,Net,d} \leq f_{v,IP,Net,d}$$

$$\frac{V_{0,d} * S_{0,R,net}}{W_{0,net} * b} \leq K_{mod} * \frac{f_{v,IP,Net,k}}{\gamma_m}$$

$$\frac{0,03 * 750}{1050 * 100} * 10 \leq 0,6 * \frac{8}{1,25}$$

$$0,0 \leq 3,84$$

Aprovechamiento 0,0 %

3.2.1.4.9. Cortante en el Plano- Sección Bruta Convinada

$$\tau_v[\text{N/mm}^2] = 0,03$$

$$\tau_{Gross,d}[\text{N/mm}^2] = 0,0$$

$$f_{v,d}[\text{N/mm}^2] = 1,92$$

$$f_{v,IP,Gross,d}[\text{N/mm}^2] = 1,68$$

$$\left(\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{IP,Gross,d}}{f_{v,IP,Gross,d}}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{0,03}{1,92}\right)^2 + \left(\frac{0,07}{1,68}\right)^2 \leq 1$$

$$0,0 \leq 1,0$$

Aprovechamiento 0,0 %

3.2.1.4.10. Cortante en el Plano- Sección Bruta Convinada

$$\tau_v[\text{N/mm}^2] = 0,03$$

$$\tau_{IP,Net,d}[\text{N/mm}^2] = 0,0$$

$$f_{v,d}[\text{N/mm}^2] = 1,92$$

$$f_{v,IP,Gross,d}[\text{N/mm}^2] = 3,84$$

$$\left(\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{IP,Net,d}}{f_{v,IP,Net,d}}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{0,03}{1,92}\right)^2 + \left(\frac{0,0}{3,84}\right)^2 \leq 1$$

$$0,0 \leq 1,0$$

Aprovechamiento 0 %

3.2.1.5. Cortante por Torsión en las Caras de las Superficies Encoladas

$$\tau_{v,T,Node,d} \leq f_{v,T,Node,d}$$
$$\frac{M_{T,i,d}}{I_{p,i}} * \frac{a_{lam}}{2} \leq K_{mod} * \frac{f_{v,T,Node,k}}{\gamma_m}$$

$$M_{T,i,d} = V_d * h$$

$$h = \frac{a}{2}$$

$$a_{lam}[cm] = 10$$

$$h = \frac{a}{2} = 5$$

$$M_{T,i,d} = V_d * h = 0,03 * 5 = 0,15$$

$$I_{p,i}[cm^4] = \frac{a^4}{6} = \frac{10^4}{6} = 1666,67$$

$$\frac{0,15}{1666,667} * \frac{10}{2} \leq 0,6 * \frac{2,5}{1,25}$$

$$0,0 \leq 1,2$$

Aprovechamiento 0 %

3.2.1.5.1. Pandeo

$$E_{0,5}[N/mm^2] = 9400$$

$$K_{sys,y} = 1,1$$

$$K_{sys,z} = 1$$

$$L_{k,y}[cm] = 2h = 480$$

$$L_{k,z}[cm] = 2h = 480$$

$$\lambda_y = \frac{l_{k,z}}{i_{y,ef}}$$

$$i_{y,ef} = \sqrt{\frac{I_{y,ef}}{A_{Net}}} = \sqrt{\frac{4200}{600}} = 2,65$$

$$\lambda_y = \frac{480}{2,65} = 181$$

$$\lambda_z = \frac{l_{k,z}}{i_{z,ef}}$$

$$i_{z,ef} = \sqrt{\frac{I_{z,ef}}{A_{Net}}} = \sqrt{\frac{503750}{600}} = 29,0$$

$$\lambda_z = \frac{480}{29} = 17$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 2,73$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 0,25$$

$\beta_o = 0,1$ Coeficiente de imperfeccion

$$K_y = 0,5 * [(1 + \beta_o * (\lambda_{rel,y} - 0,3)) + \lambda_{rel,y}^2]$$

$$K_y = 0,5 * [(1 + 0,1 * (2,73 - 0,3)) + 2,73^2] = 4,35$$

$$K_z = 0,5 * [(1 + \beta_o * (\lambda_{rel,z} - 0,3)) + \lambda_{rel,z}^2]$$

$$K_z = 0,5 * [(1 + 0,1 * (0,25 - 0,3)) + 0,25^2] = 0,53$$

$$K_{o,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,13$$

$$K_{o,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 1,0$$

CONVINACIÓN

$$f_{m,y,d} = 12,67$$

$$f_{o,d} = 10,08$$

$$\sigma_{o,d} = 0,19$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0,0$$

$$\sigma_{m,z,d} = 2,43$$

$$\frac{\sigma_{o,d}}{k_{c,y} * f_{o,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,19}{0,13 * 10,08} + \frac{0,0}{12,67} + 1 * \frac{2,34}{12,67} = 0,35$$

$$0,35 \leq 1,0$$

Aprovechamiento 35 %

$$\frac{\sigma_{o,d}}{k_{c,z} * f_{o,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,19}{1 * 10,08} + 1 * \frac{0,0}{12,67} + \frac{2,43}{12,67} = 0,21$$

$$0,21 \leq 1,0$$

Aprovechamiento 21 %

3.2.1.5.2. Vuelco Lateral

$$E_{0,5}[N/mm^2] = 9400$$

$$d[cm] = 8$$

$$h[cm] = 240$$

$$I_z[cm^4] = 503750$$

$$W_y[cm^3] = 125937,5$$

$$G_{0,5}[N/mm^2] = 460$$

$$K_{sys,y} = 1,1$$

$$L_{ef}[cm] = 2h = 480$$

$$L_k[cm] = 2h = 480$$

$$\lambda_y = 181$$

$$\lambda_{rel,y} = 2,73$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi * \sqrt{E_{0,5} * I_z * G_{0,5} * I_{tor}}}{l_{ef} * W_y}$$

$$I_T = 0,65 * C_1 * \frac{d^3 * h}{3}$$

$$C_1 = 1 - 0,63 * \frac{d}{h} + 0,052 * \left(\frac{d}{h}\right)^5$$

$$C_1 = 1 - 0,63 * \frac{8}{240} + 0,052 * \left(\frac{8}{240}\right)^5 = 0,98$$

$$I_T [cm^4] = 0,65 * 0,98 * \frac{8^3 * 240}{3} = 26064,9$$

$$\sigma_{m,crit} \left[\frac{N}{mm^2} \right] = \frac{\pi * \sqrt{940000 * 50370 * 46000 * 26064,9}}{480 * 125937,5} * 100 = 12,38$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{12,38}} = 1,39$$

$$K_y = 4,35$$

$$K_{0,y} = 0,13$$

$$K_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{para } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & \text{para } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{para } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$$

CONVINACIONES

$$K_{crit} = 0,52$$

$$f_{m,y,d} = 12,67$$

$$f_{o,d} = 10,08$$

$$\sigma_{o,d} = 0,19$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0,0$$

$$\sigma_{m,z,d} = 2,43$$

$$\frac{\sigma_{o,d}}{k_{c,y} * f_{o,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit} * f_{m,y,d}} \right)^2 \leq 1$$

$$\frac{0,19}{0,13 * 10,08} + \left(\frac{2,43}{0,52 * 12,67} \right)^2 = 0,28$$

$$0,28 \leq 1,0$$

Aprovechamiento 28 %

$$\frac{\sigma_{o,d}}{k_{c,z} * f_{o,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} * f_{m,y,d}} \right)^2 \leq 1$$

$$\frac{0,19}{1 * 10,08} + \left(\frac{2,43}{0,52 * 12,67} \right)^2 = 0,16$$

$$0,16 \leq 1,0$$

Aprovechamiento 16%

3.2.1.6. Chequeo en Caso de Fuego

3.2.1.6.1. Flexión

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,y,d}$$

$$\frac{M_{y,d}}{W_{y,net}} \leq K_{fir} * K_{sys} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_{m,fir}}$$

$$\frac{0,0 * 100 * 10}{703} \leq 1,15 * 1,1 \frac{24}{1,0}$$

$$0,0 \left[\frac{N}{mm^2} \right] \leq 30,36 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{m,z,d} \leq f_{m,z,d}$$

$$\frac{M_{z,d}}{W_{net}} \leq K_{fir} * K_{sys} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_{m,fir}}$$

$$\frac{24,32 * 100 * 10}{7480} \leq 1,15 * 1,1 \frac{24}{1,0}$$

$$3,3 \left[\frac{N}{mm^2} \right] \leq 30,36 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

3.2.1.7. Compresión en Dirección a la Fibra

$$\begin{aligned}\sigma_{c,d} &\leq f_{c,d} \\ \frac{N_{c,d}}{A_{net}} &\leq K_{fir} * \frac{f_{c,k}}{\gamma_{m,fir}} \\ \frac{11,11 * 10}{448,8} &\leq 1,15 * \frac{21}{1,0} \\ 0,25 \left[\frac{N}{mm^2} \right] &\leq 24,15 \left[\frac{N}{mm^2} \right]\end{aligned}$$

3.2.1.8. Tensión en Dirección a la Fibra

$$\begin{aligned}\sigma_{t,d} &\leq f_{t,d} \\ \frac{N_{t,d}}{A_{net}} &\leq K_{fir} * \frac{f_{t,k}}{\gamma_{m,fir}} \\ \frac{0 * 10}{448,8} &\leq 1,15 * \frac{14}{1,0} \\ 0,0 &\leq 16,10\end{aligned}$$

3.2.1.9. Combinación entre Flexión y Compresión

$$\begin{aligned}\left(\frac{\sigma_{o,d}}{f_{o,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{sys,y} \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &\leq 1 \\ \left(\frac{0,57}{24,15} \right)^2 + \frac{1,5}{30,36} + 1,1 \frac{1,7}{30,36} &= 0,12 \\ 0,12 &\leq 1,0\end{aligned}$$

Aprovechamiento 12 %

$$\left(\frac{\sigma_{o,d}}{f_{o,d}} \right)^2 + k_{sys,y} \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{0,57}{24,15}\right)^2 + 1,1 * \frac{1,5}{30,36} + \frac{1,7}{30,36} = 0,12$$

$$0,11 \leq 1,0$$

Aprovechamiento 11 %

3.2.1.9.1. Cortante

$$\tau_{r,d} \leq f_{v,d}$$

$$\frac{V_d * S_{net}}{I_{net} * b} \leq K_{fir} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_{m,fir}}$$

$$\frac{1,79 * 422,1 * 10}{2044 * 100} \leq 1,15 * \frac{4}{1,0}$$

$$0,04 \leq 4,6$$

Aprovechamiento 1 %

3.2.1.9.2. Cortante de Rodadura

$$\tau_{r,d} \leq f_{v,R,d}$$

$$\frac{V_d * S_{0,R,net}}{I_{0,net} * b} \leq K_{fir} * \frac{f_{v,R,k}}{\gamma_{m,fir}}$$

$$\frac{1,79 * 422,1 * 10}{2044 * 100} \leq 1,15 * \frac{1,7}{1,0}$$

$$0,04 \leq 1,96$$

Aprovechamiento 2 %

3.2.1.9.3. Cortante en el Plano Seccion Bruta

$$\tau_{IP,Gross,d} \leq f_{v,IP,Gross,d}$$

$$\frac{V_{0,d} * S_{0,R}}{I_0 * b} \leq K_{fir} * \frac{f_{v,IP,Gross,k}}{\gamma_m}$$

$$\frac{0,03 * 422,1 * 10}{2044 * 100} \leq 1,15 * \frac{3,5}{1,0}$$

$$0,0 \leq 4,03$$

Aprovechamiento 0 %

3.2.1.9.4. Cortante en el Plano Deccion Neta

$$\tau_{V,IP,Net,d} \leq f_{v,IP,Net,d}$$

$$\frac{V_{0,d} * S_{0,R,net}}{W_{0,net} * b} \leq K_{fir} * \frac{f_{v,IP,Net,k}}{\gamma_m}$$

$$\frac{0,03 * 422,1}{703,1 * 100} * 10 \leq 1,15 * \frac{8}{1,0}$$

$$0,0 \leq 9,2$$

Aprovechamiento 0 %

3.2.1.9.5. Cortante en el Plano- Sección Bruta Convinada

$$\tau_v [N/mm^2] = 0,04$$

$$\tau_{Gross,d} [N/mm^2] = 0,0$$

$$f_{v,d} [N/mm^2] = 4,6$$

$$f_{v,IP,Gross,d} [N/mm^2] = 4,03$$

$$\left(\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{IP,Gross,d}}{f_{v,IP,Gross,d}}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{0,04}{4,6}\right)^2 + \left(\frac{0,0}{4,03}\right)^2 \leq 1$$

$$0,00 \leq 1,0$$

Aprovechamiento 0%

3.2.1.9.6. Cortante en el Plano- Seccion Bruta Convinada

$$\tau_v[\text{N/mm}^2] = 0,04$$

$$\tau_{IP,Net,d}[\text{N/mm}^2] = 0,0$$

$$f_{v,d}[\text{N/mm}^2] = 4,6$$

$$f_{v,IP,Gross,d}[\text{N/mm}^2] = 9,2$$

$$\left(\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{IP,Net,d}}{f_{v,IP,Net,d}}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{0,04}{4,6}\right)^2 + \left(\frac{0,0}{9,2}\right)^2 \leq 1$$

$$0,0 \leq 1,0$$

Aprovechamiento 0 %

3.2.1.10. Cortante por Torsión en las Caras de las Superficies Encoladas

$$\tau_{v,T,Node,d} \leq f_{v,T,Node,d}$$

$$\frac{M_{T,i,d}}{I_{p,i}} * \frac{a_{lam}}{2} \leq K_{fir} * \frac{f_{v,T,Node,k}}{\gamma_m}$$

$$M_{T,i,d} = V_d * h$$

$$h = \frac{a}{2}$$

$$a_{lam}[\text{cm}] = 10$$

$$h = \frac{a}{2} = 5$$

$$M_{T,i,d} = V_d * h = 0,03 * 5 = 0,15$$

$$I_{p,i}[\text{cm}^4] = \frac{a^4}{6} = \frac{10^4}{6} = 1666,67$$

$$\frac{0,15}{1666,667} * \frac{10}{2} \leq 1,15 * \frac{2,5}{1,0}$$

$$0,0 \leq 2,88$$

Aprovechamiento 0 %

3.2.1.10.1. Pandeo

$$E_{0,5}[N/mm^2] = 9400$$

$$K_{sys,y} = 1,1$$

$$K_{sys,z} = 1$$

$$L_{k,y}[cm] = 2h = 480$$

$$L_{k,z}[cm] = 2h = 480$$

$$\lambda_y = \frac{l_{k,z}}{i_{y,ef}}$$

$$i_{y,ef} = \sqrt{\frac{I_{y,ef}}{A_{Net}}} = \sqrt{\frac{2044}{448,8}} = 2,13$$

$$\lambda_y = \frac{480}{2,13} = 225$$

$$\lambda_z = \frac{l_{k,z}}{i_{z,ef}}$$

$$i_{z,ef} = \sqrt{\frac{I_{z,ef}}{A_{Net}}} = \sqrt{\frac{2044}{448,8}} = 28,9$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,5}}} = 3,38$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,5}}} = 0,25$$

$\beta_o = 0,1$ Coeficiente de imperfeccion

$$K_y = 0,5 * [(1 + \beta_o * (\lambda_{rel,y} - 0,3)) + \lambda_{rel,y}^2]$$

$$K_y = 0,5 * [(1 + 0,1 * (3,38 - 0,3)) + 3,38^2] = 6,38$$

$$K_z = 0,5 * [(1 + \beta_o * (\lambda_{rel,z} - 0,3)) + \lambda_{rel,z}^2]$$

$$K_z = 0,5 * [(1 + 0,1 * (0,25 - 0,3)) + 0,25^2] = 0,53$$

$$K_{o,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,08$$

$$K_{o,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 1,0$$

CONVINACIÓN

$$f_{m,y,d} = 30,36$$

$$f_{o,d} = 24,32$$

$$\sigma_{o,d} = 0,25$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0,0$$

$$\sigma_{m,z,d} = 0,1$$

$$\frac{\sigma_{o,d}}{k_{c,y} * f_{o,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,25}{0,08 * 24,32} + \frac{0,0}{30,36} + 1 * \frac{3,3}{30,36} = 0,23$$

$$0,23 \leq 1,0$$

Aprovechamiento 23 %

$$\frac{\sigma_{o,d}}{k_{c,z} * f_{o,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,05}{1 * 24,15} + 1 * \frac{3,1}{30,36} + \frac{0,1}{30,36} = 0,12$$

$$0,12 \leq 1,0$$

Aprovechamiento 12 %

3.2.1.10.2. Vuelco Lateral

$$E_{0,5}[N/mm^2] = 9400$$

$$d[cm] = 6,488$$

$$h[cm] = 240$$

$$I_z[cm^4] = 375791,5$$

$$W_y[cm^3] = 129266,7$$

$$G_{0,5}[N/mm^2] = 460$$

$$L_{k,z}[cm] = 2h = 480$$

$$K_{sys,y} = 1,1$$

$$L_{ef}[cm] = 2h = 480$$

$$L_k[cm] = 2h = 480$$

$$\lambda_y = 225$$

$$\lambda_{rel,y} = 3,38$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi * \sqrt{E_{0,5} * I_z * G_{0,5} * I_{tor}}}{l_{ef} * W_y}$$

$$I_T = 0,65 * C_1 * \frac{d^3 * h}{3}$$

$$C_1 = 1 - 0,63 * \frac{d}{h} + 0,052 * \left(\frac{d}{h}\right)^5$$

$$C_1 = 1 - 0,63 * \frac{6,488}{240} + 0,052 * \left(\frac{6,488}{240}\right)^5 = 0,983$$

$$I_T[cm^4] = 0,65 * 0,979 * \frac{6,488^3 * 240}{3} = 13959,69$$

$$\sigma_{m,crit} \left[\frac{N}{mm^2} \right] = \frac{\pi * \sqrt{9400 * 375791,5 * 460 * 13959,69}}{480 * 129266,7} = 7,63$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{7,63}} = 1,77$$

$$K_y = 6,38$$

$$K_{c,y} = 0,08$$

$$K_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{para } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & \text{para } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{para } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$$

CONVINACIONES

$$K_{crit} = 0,32$$

$$f_{m,y,d} = 30,36$$

$$f_{o,d} = 24,15$$

$$\sigma_{o,d} = 0,05$$

$$\sigma_{m,y,d} = 3,1$$

$$\sigma_{m,z,d} = 0,1$$

$$\frac{\sigma_{o,d}}{k_{c,y} * f_{o,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit} * f_{m,y,d}} \right)^2 \leq 1$$

$$\frac{0,25}{0,08 * 24,15} + \left(\frac{3,3}{0,32 * 30,36} \right)^2 = 0,24$$

$$0,24 \leq 1,0$$

Aprovechamiento 24 %

$$\frac{\sigma_{o,d}}{k_{c,z} * f_{o,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{crit} * f_{m,y,d}} \right)^2 \leq 1$$

$$\frac{0,25}{1 * 24,15} + \left(\frac{3,3}{0,32 * 30,36} \right)^2 = 0,13$$

$$0,13 \leq 1,0$$

Aprovechamiento 13 %

3.3. RESULTADO DEL DISEÑO

De acuerdo con los resultados obtenidos en el apartado 6 en el cual se chequeo el diseño para un elemento dado de la estructura, muro y placa, se plantean en la siguiente tabla los valores de todos los elementos que componen la estructura de la vivienda, dando los esfuerzos admisibles y los calculados para el caso del material CLT y esfuerzos últimos y calculados en el caso de la mampostería.

Los valores propuestos en ambos tipos de elementos, se presentan sin los valores en caso de incendio dado que no son los críticos y para la parte de las placas se postuló los resultados para el vano más crítico.

ELEMENTO TIPO MURO

Tabla 27. Resultados del diseño del elemento tipo muro

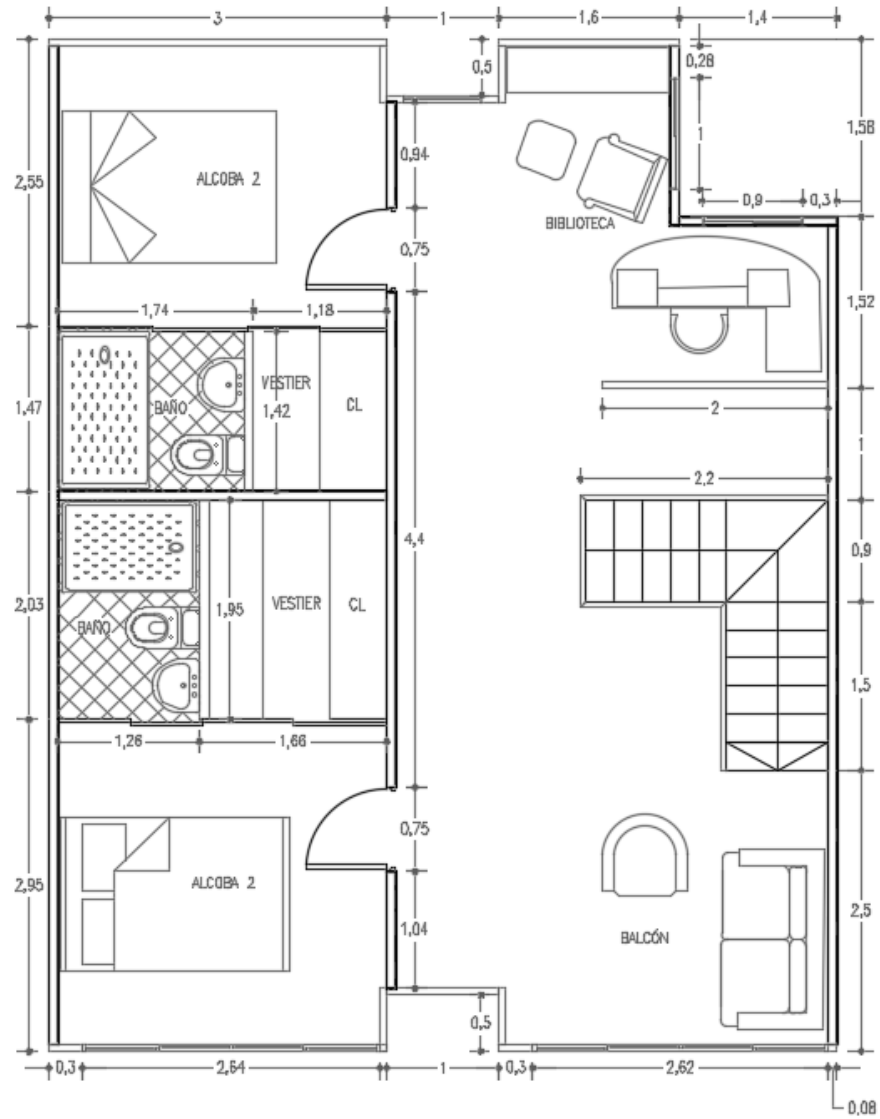
MUROS	e [mm]	FLEXIÓN				COMPRESION II ALA FIBRA		CORTANTE		CORTANTE DE RODADUR		V.P.S.B		V.P.S.N		C.P.S.B.C		C.P.S.N.C		V.T.P.C.S.E	
		ADMISIBLE Y	CALCULADO	ADMISIBLE Z	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO
1	80	12,67	2,43	12,67	0	10,08	0,19	1,92	0,03	0,82	0,03	1,68	0	3,84	0	1,68	0	3,84	0	1,2	0
2	80	12,67	0,03	12,67	1,17	10,08	0,07	1,92	0,08	0,82	0,08	1,68	0	3,84	0	1,68	0,08	3,84	0	1,2	0
3	140	12,67	0,04	12,67	0,24	10,08	0,13	1,92	0,03	0,82	0,03	1,68	0	3,84	0,01	1,68	0	3,84	0	1,2	0
4	80	12,67	0,73	12,67	1,12	10,08	0,01	1,92	0,13	0,82	0,13	1,68	0,01	3,84	0,04	1,68	0,13	3,84	0,04	1,2	0,01
5	80	12,67	0,11	12,67	0,98	10,08	0,19	1,92	0,02	0,82	0,02	1,68	0	3,84	0	1,68	0	3,84	0	1,2	0
6	80	12,67	1,34	12,67	0,38	10,08	0,14	1,92	0,03	0,82	0,03	1,68	0,03	3,84	0,11	1,68	0	3,84	0,11	1,2	0,02
7	80	12,67	0,99	12,67	0,2	0,05	0,05	1,92	0,05	0,82	0,05	1,68	0,01	3,84	0,05	1,68	0	3,84	0	1,2	0,01
8	80	12,67	0,25	12,67	1,47	10,08	0,44	1,92	0,17	0,82	0,17	1,68	0,34	3,84	0,03	1,68	0,17	3,84	0,03	1,2	0,01
9	80	12,67	0,01	12,67	1,25	10,08	0,49	1,92	0,16	0,82	0,16	1,68	0	3,84	0	1,68	0,16	3,84	0	1,2	0
10	80	12,67	0,01	12,67	1,7	10,08	0,94	1,92	0,09	0,82	0,09	1,68	0	3,84	0	1,68	0,09	3,84	0	1,2	0
11	80	12,67	0	12,67	1,66	10,08	0,15	1,92	0,08	0,82	0,08	1,68	0	3,84	0	1,68	0,08	3,84	0	1,2	0
12	80	12,67	0,02	12,67	2,47	10,08	0,03	1,92	0,34	0,82	0,34	1,68	0	3,84	0	1,68	0,34	3,84	0	1,2	0

ELEMENTO TIPO PLACA

Tabla 28. Resultados del diseño del elemento tipo placa

PANEL	e [mm]	DEFORMACIONES [mm]												VIBRACION					
		FLEXION		CORTANTE		CORTANTE DE RODADURA		INICIAL		ACTIVA		FINAL		CRITERIO DE FRECUENCIA [Hz]		CRITERIO DE ACELERACION [m/s ²]		CRITERIO DE RIGIDEZ [mm]	
		ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO
INTERPLACA	100	30,36	10,25	4,6	0,17	1,96	0,17	13,4	4,6	26,9	8,8	16,1	11,2	7	7	0,1	0,087	0,5	0,473
CUBIERTA	80	12,67	3,11	1,92	0,07	0,82	0,07	13,1	2,5	26,1	5,8	15,7	8,9	-	-	-	-	-	-

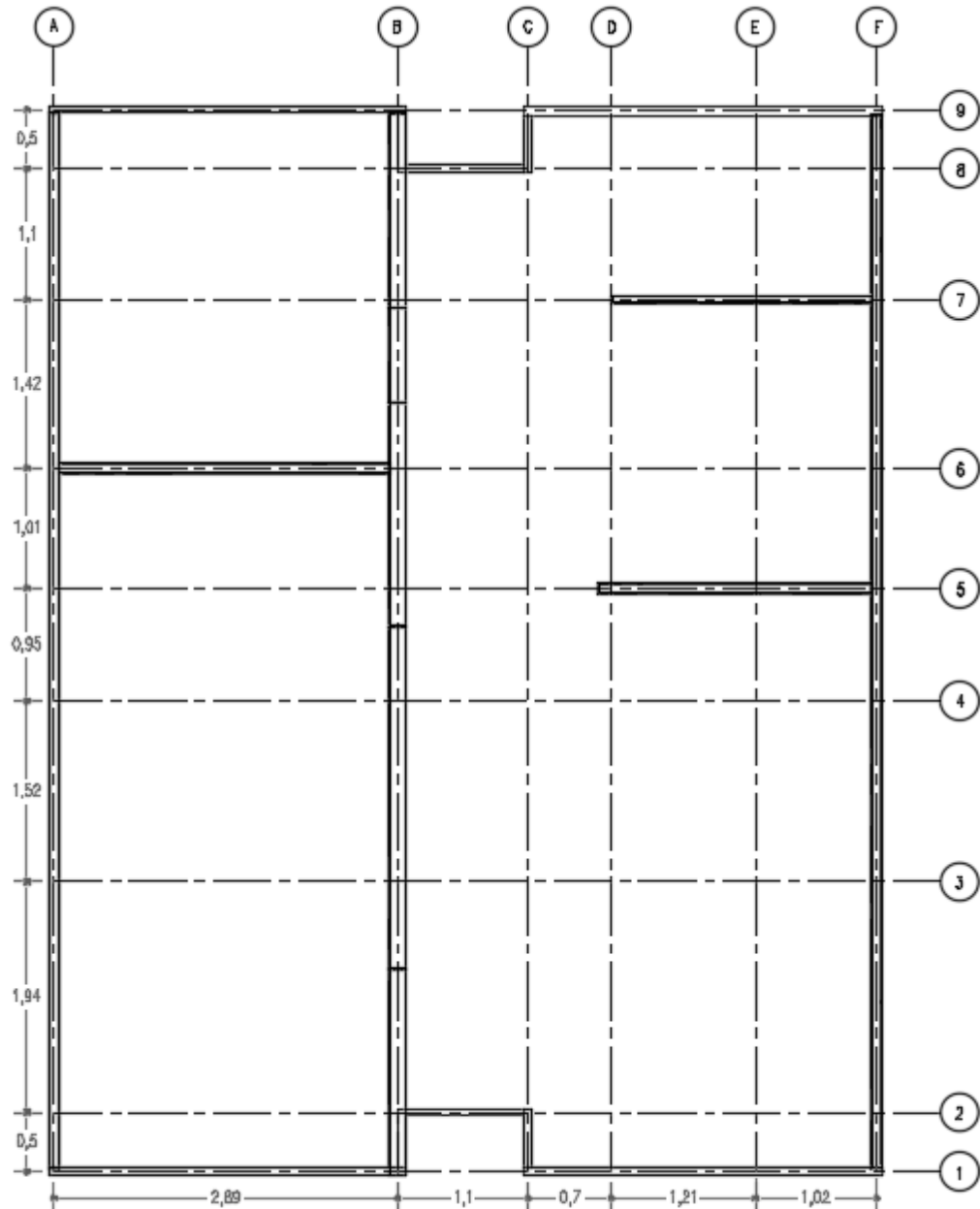
Figura 22. Plano arquitectónico del segundo piso de la vivienda en CLT



PLANTA 2do PISO

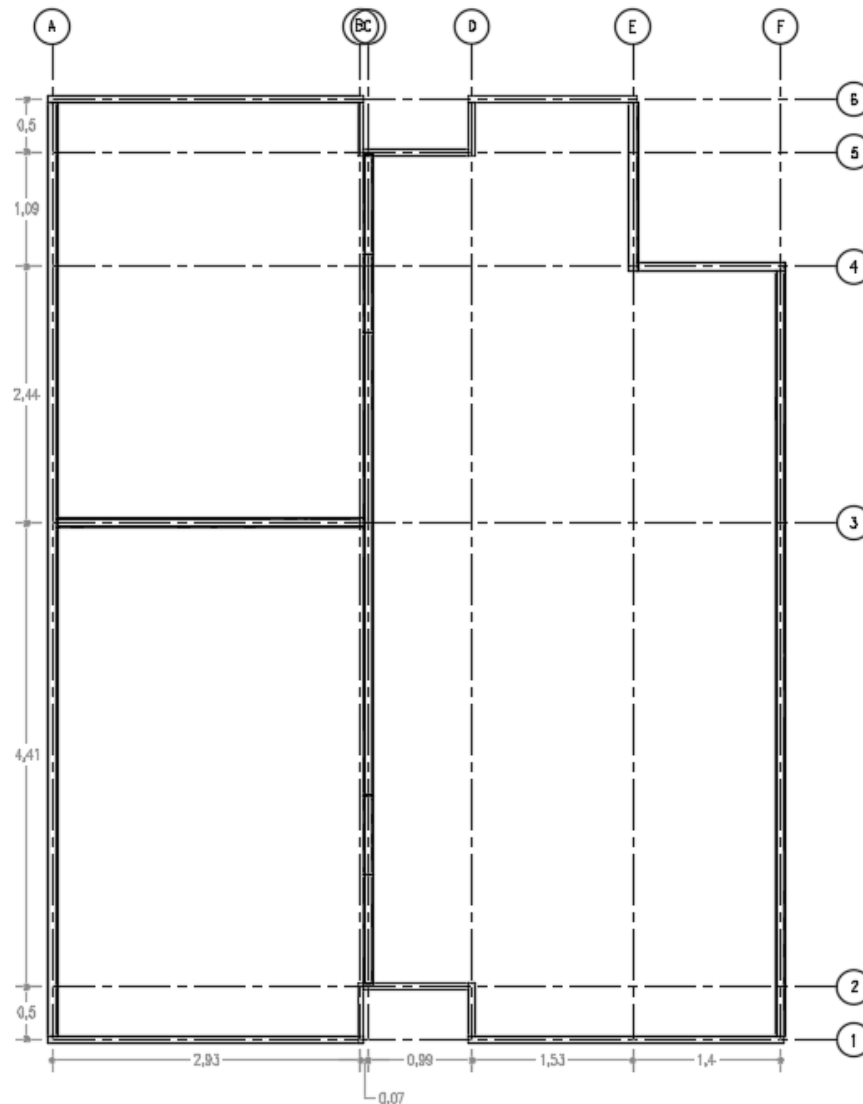
4.2. PLANOS ESTRUCTURALES

Figura 23. Plano estructural del primer piso de la vivienda en CLT



PLANO DE MUROS ESTRUCTURALES 1er PISO

Figura 24. Plano estructural del segundo piso de la vivienda en CLT



PLANO DE MUROS ESTRUCTURALES 2do PISO

4.3. EVALUACION DE COSTOS

Para la evaluación de costos, y ya que en nuestro país no se produce este material, se optó por cotizar los precios del panel contra laminado CLT, en la empresa Stora Enso con sede en España, la cual también facilitó el software de diseño CLTengineer 1.0 y cartas de pre dimensionamiento. Para esto, se enviaron

planos de tipo .dwg, que especificaran al detalle los muros, como dimensiones, cortes para puertas y ventanas, barrenos para redes hidráulicas y sanitarias, cajas para tomas y codos, y cajas de paso para red eléctrica e hidráulica. Estos planos se presentan en el anexo [16.1-16.5]. Además de estos planos, se enviaron las especificaciones de cada panel como espesor, área, clasificación visual, sentido de la fibra y clasificación estructural, en un archivo tipo .exe.

Con esto se presentan los siguientes costos, únicamente de la parte estructural sin incluir las escaleras, el total estará presente en el anexo [16.6]:

Tabla 29. Costos de los paneles

MUROS	CLASIFICACION	e [mm]	COSTO Uxm2 [€]	AREA [m2]	COSTO TOTAL €	COSTO TOTAL \$
A-1°P	C3s	80	67	21,312	1427,904	\$4.946.616,43
A-2°P	C3s	80	67	21,312	1427,904	\$4.946.616,43
B -1°P	C5s	140	94,5	21,5	2031,75	\$7.038.489,94
D-2°P	C3s	80	67	18,912	1267,104	\$4.389.565,03
I-1°P	C3s	80	67	21,264	1424,688	\$4.935.475,40
I-2°P	C3s	80	67	17,472	1170,624	\$4.055.334,19
G-2°P	C3s	80	67	3,84	257,28	\$891.282,24
5-1°P	C3s	80	67	5,52	369,84	\$1.281.218,22
5-2°P	C3s	80	67	7,01	469,67	\$1.627.054,30
6-1°P	C3s	80	67	6,672	447,024	\$1.548.602,89
7-1°P	C3s	80	67	4,8	321,6	\$1.114.102,80
7-2°P	C3s	80	67	3,36	225,12	\$779.871,96
CUBIERTA	L3s	80	64	61,4	3929,6	\$13.613.116,80
ENTRE PLACA	L5s	100	80,5	59	4749,5	\$16.453.455,38
TOTAL						\$67.620.802,01

Donde el total del material estructural es de 67.620.802 (sesenta y siete millones seiscientos veinte mil ochocientos dos pesos).

5. PROPIEDADES PARA EL DISEÑO EN MAMPOSTERÍA

5.1. CIMENTACIÓN

De acuerdo con E.2.1.1 de la NSR-10 investigación mínima para el diseño de la mampostería se asume que cumple todos los requisitos de mínima investigación

5.1.1. Dimensiones de las Vigas de Amarre. Las dimensiones se establecen según tabla E.2.2-1 de la NSR-10.

Tabla 30. Dimensiones de las vigas de la cimentación

Valores mínimos para dimensiones, resistencia de materiales y refuerzo de cimentaciones

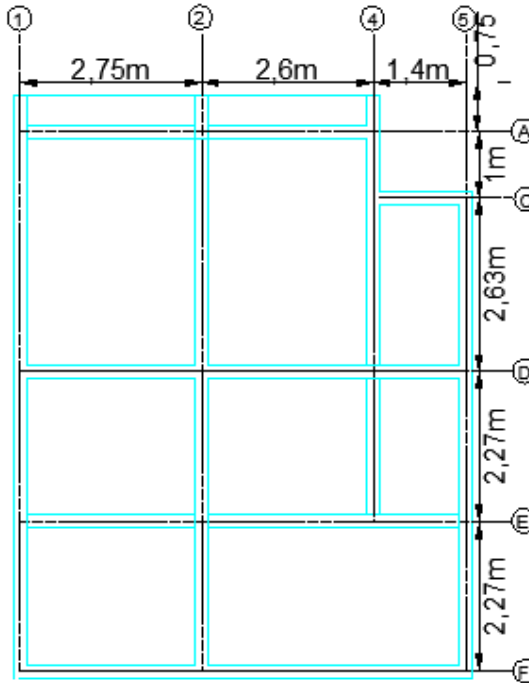
	Sistema Estructural	Un piso	Dos Pisos	Resistencia Mínima, MPa	
Anchura	Mampostería	250 mm	300 mm	f _y	f _c
	Bahareque	200 mm	250 mm		
Altura	Mampostería	200 mm	300 mm		
	Bahareque	150 mm	200 mm		
Acero Longitudinal		4 No. 3 (ó 10M)	4 No. 4 (ó 12M)	420	17
	Estribos	No. 2 a 200 mm	No. 2 a 200 mm	240	
Acero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

Las dimensiones mínimas de las vigas de amarre son de 300mm para su base y altura, con refuerzo longitudinal de 4 barras número 4 y estribos numero 2 espaciados cada 200mm. La cimentación está enterrada a 30cm.

5.2. ESPESORES DE LOSA

5.2.1. Entre Piso. Los espesores mínimos de losa se tomaron según los requisitos del título E de la NSR-10.

Figura 25. Plano estructural del entre piso



Con la tabla E.5.1.1 se definió el espesor mínimo de la losa, que para este caso se definió como losa maciza, en la que requería la distancia más crítica que en este caso es de 4m.

Tabla 31. Espesores mínimos de losas

Tabla E.5.1-1
Espesor mínimo de losas

TIPO DE LOSA	CONDICIÓN DE APOYO		
	Simplemente apoyada	Un apoyo continuo	Continuo con voladizo
Maciza	L/20	L/24	L/10
Aligerada (Viguetas en una dirección)	L/16	L/18.5	L/8

$$h = \frac{400}{24} = 16,66[cm] = 166.6[mm]$$

Se decide tomar el espesor de losa, 18cm.

5.2.2. Refuerzo de la Losa Maciza. El refuerzo mínimo se definió con la tabla E.5.1-2 de la (NSR-10)

Tabla 32. Refuerzo mínimo en losas macizas

Tabla E.5.1-2
Refuerzo mínimo en losas macizas

Luz de Diseño (m)	Espesor Mínimo (mm)	Refuerzo Mínimo	
		Principal	Secundario
1.0 – 2.0	80	1 N° 4 cada 300 mm	1 N° 2 cada 200 mm
2.1 – 2.5	100	1 N° 4 cada 300 mm	1 N° 2 cada 150 mm
2.6 – 3.0	120	1 N° 4 cada 250 mm	1 N° 3 cada 250 mm
3.1 – 3.5	150	1 N° 4 cada 250 mm	1 N° 3 cada 200 mm
3.6 – 4.0	180	1 N° 4 cada 200 mm	1 N° 2 cada 150 mm, arriba y abajo

5.3. CARGAS

5.3.1. Cargas Muertas:

ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

Para el cálculo de las cargas muertas producidas por materiales de construcción no estructurales, estos elementos se dividen en horizontales y verticales.

ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES HORIZONTALES:

Tabla 33. Cargas muertas-pisos

Tabla B.3.4.1-3
Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales – pisos

Componente	Carga (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga (kgf/m ²) m ² de área en planta
Pisos y acabados		
Acabado de piso en concreto	0.0200 (por mm de espesor)	20 (por cm de espesor)
Afinado (25 mm) sobre concreto de agregado pétreo	1.50	150
Baldosa cerámica (20 mm) sobre 12 mm de mortero.	0.80	80
Baldosa cerámica (20 mm) sobre 25 mm de mortero.	1.10	110
Baldosa sobre 25 mm de mortero	1.10	110
Bloque de asfalto (50 mm), sobre 12 mm de mortero	1.50	150
Bloque de madera (75 mm) sin relleno	0.50	50
Bloque de madera (75 mm) sobre 12 mm de mortero	0.80	80
Durmientes de madera, 20 mm	0.15	15
Madera densa, 25 mm	0.20	20
Mármol y mortero sobre concreto de agregado pétreo	1.60	160
Piso asfáltico o linóleo, 6 mm	0.05	5
Pizarra	0.030 (por mm de espesor)	30 (por cm de espesor)
Terrazzo (25 mm), concreto 50 mm	1.50	150
Terrazzo (40 mm) directamente sobre la losa	0.90	90
Terrazzo (25 mm) sobre afinado en concreto	1.50	150

VALORES MINIMOC ALTERNATIVOS PARA CARGAS MUERTAS EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

En edificaciones con alturas entre pisos terminados menores a 3 m, se pueden utilizar los valores mínimos de carga muerta en kN/m² de área horizontal en planta, dados en la tabla B.3.4.3-1 según el tipo de ocupación, en vez de aquellos obtenidos del análisis detallado de las cargas muertas causadas por los elementos no estructurales.

Tabla 34. Cargas muertas mínimas sin análisis detallado

Tabla B.3.4.3-1
Valores mínimos alternativos de carga muerta de elementos no estructurales cuando no se efectúe un análisis más detallado

Ocupación	Fachada y particiones (kN/m ²) m ² de área en planta	Afinado de piso y cubierta (kN/m ²) m ² de área en planta	Fachada y particiones (kgf/m ²) m ² de área en planta	Afinado de piso y cubierta (kgf/m ²) m ² de área en planta	
Reunión	Edificaciones con un salón de reunión para menos de 100 personas y sin escenarios.	1.0	1.8	100	180
Oficinas	Particiones móviles de altura total	1.0	1.8	100	180
	Particiones fijas de mampostería	2.0	1.8	200	180
Educativos	Salones de clase	2.0	1.5	200	150
Fábricas	Industrias livianas	0.8	1.6	80	160
Institucional	Internados con atención a los residentes	2.0	1.6	200	160
	Prisiones, cárceles, reformatorios y centros de detención	2.5	1.8	250	180
	Guarderías	2.0	1.6	200	160
Comercio	Exhibición y venta de mercancías.	1.5	1.4	150	140
Residencial	Fachada y particiones de mampostería.	3.0	1.8	300	180
	Fachada y particiones livianas.	2.0	1.4	200	140
Almacenamiento	Almacenamiento de materiales livianos.	1.5	1.5	150	150
Garajes	Garajes para vehículos con capacidad de hasta 2000 kg	0.2	1.0	20	100

5.3.1.1. Carga Muerta para la Entre Placa:

$D = \text{baldosa cerámica} + \text{fachada y particiones de maposteria}$

$$D = 0,8 \left[\frac{KN}{m^2} \right] + 3 \left[\frac{KN}{m^2} \right] = 3,8 \left[\frac{KN}{m^2} \right]$$

5.3.1.2. Carga Muerta para la Cubierta:

$$D = \text{afinado piso de cubierta} = 1.6 \left[\frac{KN}{m^2} \right]$$

5.3.2. Cargas Vivas. Las cargas vivas que se utilicen en el diseño de la estructura deben ser las máximas cargas que se espera que ocurran en la edificación, debido al uso que ésta va a tener. En ningún caso estas cargas vivas pueden ser menores que las cargas vivas mínimas que se dan en las tablas B.4.2.1-1 y B.4.2.1-2, para ambos casos, cubierta y entre placa.

Tabla 35. Cargas vivas mínimas

Tabla B.4.2.1-1
Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas

Ocupación o uso	Carga uniforme (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga uniforme (kgf/m ²) m ² de área en planta	
Reunión	Balcones	5.0	500
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Silletería fija (fijada al piso)	3.0	300
	Gimnasios	5.0	500
	Vestibulos	5.0	500
	Silletería móvil	5.0	500
	Áreas recreativas	5.0	500
	Plataformas	5.0	500
	Escenarios	7.5	750
Oficinas	Corredores y escaleras	3.0	300
	Oficinas	2.0	200
	Restaurantes	5.0	500
Educativos	Salones de clase	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Bibliotecas		
	Salones de lectura	2.0	200
Fábricas	Estanterías	7.0	700
	Industrias livianas	5.0	500
	Industrias pesadas	10.0	1000
Institucional	Cuartos de cirugía, laboratorios	4.0	400
	Cuartos privados	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
Comercio	Minorista	5.0	500
	Mayorista	6.0	600
Residencial	Balcones	5.0	500
	Cuartos privados y sus corredores	1.8	180
	Escaleras	3.0	300
Almacenamiento	Liviano	6.0	600
	Pesado	12.0	1200
Garajes	Garajes para automóviles de pasajeros	2.5	250
	Garajes para vehículos de carga de hasta 2,000 kg de capacidad.	5.0	500
Coliseos y Estadios	Graderías	5.0	500
	Escaleras	5.0	500

5.3.2.1. Carga Viva Para Balcones:

$$L = 5 \left[\frac{KN}{m^2} \right]$$

5.3.2.2. Carga Viva Para Cuartos y Corredores:

$$L = 1.8 \left[\frac{KN}{m^2} \right]$$

5.4. MASAS

5.4.1. Masas de Muros. Las masa de los muros son calculadas de acuerdo al espesor de muros y la cantidad de muros que se requieren para las estructura.

$$W_{muros\ 2} = 11,77KN$$

$$W_{muros\ 1} = 12,31KN$$

Donde el número de sufijo hace referencia al piso de la estructura.

5.4.2. Masas Debido a las Placas. La masa de las placas son calculadas según las propiedades del material, teniendo un espesor de 18 cm para la cubierta y la entre placa.

$$W_{cubierta} = 60,26m^2 * 0,18 * 24 \frac{KN}{m^3} = 260,32KN$$

$$W_{placa} = 57,25m^2 * 0,18 * 24 \frac{KN}{m^3} = 247,32KN$$

5.5. CORTANTE BASAL

Tabla 36. Valores de A_a y A_v

Tabla A.2.3-1
Nivel de amenaza sísmica según valores de A_a y de A_v

Mayor valor entre A_a y A_v	Asociado en mapas de las figuras A.2.3-2 y A.2.3-3 a Región N°	Amenaza Sísmica
0.50	10	Alta
0.45	9	Alta
0.40	8	Alta
0.35	7	Alta
0.30	6	Alta
0.25	5	Alta
0.20	4	Intermedia
0.15	3	Intermedia
0.10	2	Baja
0.05	1	Baja

Como el diseño es de baja sismicidad se toman las aceleraciones A_a y A_v de 0,05

5.5.1. Cálculo del Coeficiente F y del Coeficiente de Importancia I.

Tabla 37. Valor del coeficiente F_a

Tabla A.2.4-3
Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Tabla 38. Valor del coeficiente F_v

Tabla A.2.4-4
Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos intermedios del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Tabla 39. Valor del coeficiente de importancia I

Tabla A.2.5-1
Valores del coeficiente de importancia, I

Grupo de Uso	Coficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

5.5.2. Calculo del Periodo Fundamental de la Estructura

Ecuación A.2.6-6

$$T_0 = 0,1 \frac{A_V F_V}{A_a F_a} = 0,1 \frac{0,05 * 1}{0,05 * 1} = 0,1$$

Ecuación (A.2.6-42)

$$T_C = 0,48 \frac{A_V F_V}{A_a F_a} = 0,48 \frac{0,05 * 1}{0,05 * 1} = 0,48$$

Ecuación (A.2.6-4)

$$T_L = 2,4 F_V = 2,4 * 1 = 2,4$$

Periodo fundamental aproximado:

Ecuación (A.4.2-3)

$$T_a = C_a h^\infty$$

Donde ∞ se encuentra en la tabla A.4.2-1 de la NSR-10

Tabla 40. Valores de los parámetros C_t y α para el cálculo del periodo aproximado

Tabla A.4.2-1
Valor de los parámetros C_t y α para el cálculo del periodo aproximado T_a

Sistema estructural de resistencia sísmica	C_t	α
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.047	0.9
Pórticos resistentes a momentos de acero estructural que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.072	0.8
Pórticos arriostrados de acero estructural con diagonales excéntricas restringidas a pandeo	0.073	0.75
Todos los otros sistemas estructurales basados en muros de rigidez similar o mayor a la de muros de concreto o mampostería	0.049	0.75
Alternativamente, para estructuras que tengan muros estructurales de concreto reforzado o mampostería estructural, pueden emplearse los siguientes parámetros C_t y α , donde C_w se calcula utilizando la ecuación A.4.2-4.	$\frac{0.0062}{\sqrt{C_w}}$	1.00

$$T_a = 0,049 * 2,4^{0,75} = 0,09448$$

5.5.3. Coeficiente Sísmico

(A.2.6-7)

$$S_a = 2,5A_a F_a I \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

$$S_a = 2,5 * 0,05 * 1 * 1 \left(0,4 + 0,6 \frac{0,09448}{0,1} \right) = 0,121$$

5.5.4. Cortante Basal

Ecuación A 4.3-1

$$V_S = S_a g M$$

Masa de la estructura

Debido a que la ecuación A.4.3-1, usa una masa total de la estructura, se calculó la masa que se adicione al peso propio dando:

Masa teórica

$$M = 91,45\text{ton} = 897,12 \text{ KN}$$

Masa dado por el software SAP 2000

Tabla 41. Reacción basal

OutputCase	CaseType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN
DEAD	LinStatic	-4,146E-12	1,022E-11	897,48

Cortante teórico

$$V_s = 0,121 * 9,81 * 91,45 = 92,48\text{KN}$$

Cortante dado por el software SAP 2000

Tabla 42. Cortante basal

OutputCase	CaseType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN
Sx	LinStatic	-91,036	4,31E-12
Sy	LinStatic	-2,274E-12	-91,036

Calculo de error en los resultados basales:

Vs

$$e\% = \frac{\text{Valor teorico} - \text{Valor experimental}}{\text{Valor teorico}} * 100$$

$$e\% = \frac{92,48 - 91,036}{92,48} * 100 = 1,56\%$$

Masa muerta

$$e\% = \frac{\text{Valor teorico} - \text{Valor experimental}}{\text{Valor teorico}} * 100$$

$$e\% = \frac{897,12 - 897,48}{897,12} * 100 = 0,04\%$$

5.6. MODELO

El modelamiento de la estructura para determinar la carga de diseño es realizado en el software sap2000, una vez establecidos el número de cortes se crean los materiales y elementos que componen la estructura.

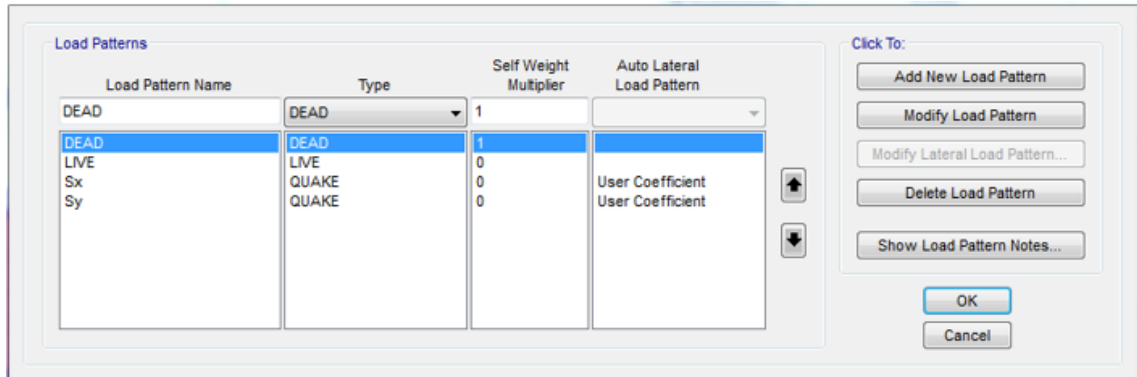
Materiales: los materiales usados en la estructura son concretos con una resistencia de 3000psi, acero de 60000psi, ladrillos en arcilla y mortero de pega.

Elementos: la estructura está compuesta por dos placas, vigas auxiliares para distribución de carga de las placas muros en mampostería. Las placas son definidas como sección en área tipo membrana, los muros son definidos como sección en área tipo Shell y las vigas son definidas como frame sections.

Una vez definidos los materiales y elementos se proceden a dibujar la estructura. Para definir el método de FHE en sap2000 se debe hacer en `define/mass source/`, se especifican los patrones de carga, y se define la carga muerta como el patrón de carga con la cual el software termalmente haces los cálculos de fuerza horizontal equivalente.

Los sismos son definidos y la carga viva son definidos en load patterns, tal como lo muestra la siguiente figura.

Figura 26. Definición de patrones de carga en SAP 2000



5.7. COMBINACIONES DE CARGA

5.7.1. Combinaciones Debido al Sismo. Las combinaciones de carga son definidas mediante el título B de la norma NSR-10.

Un paso previo antes de definir los combos de carga es el de definir la fuerza por sismo E_x y E_y donde las fuerzas están definidas de la siguiente manera:

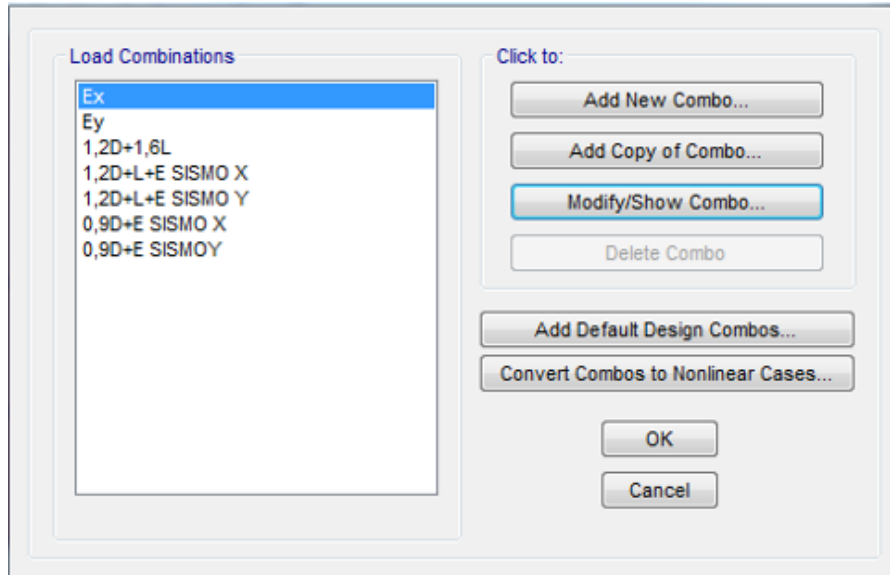
$$E_x = S_x + 0,3S_y$$

$$E_y = S_y + 0,3S_x$$

Una vez establecidas las fuerzas sísmicas se procede a hacer las combinaciones de carga mostradas en la siguiente grafica

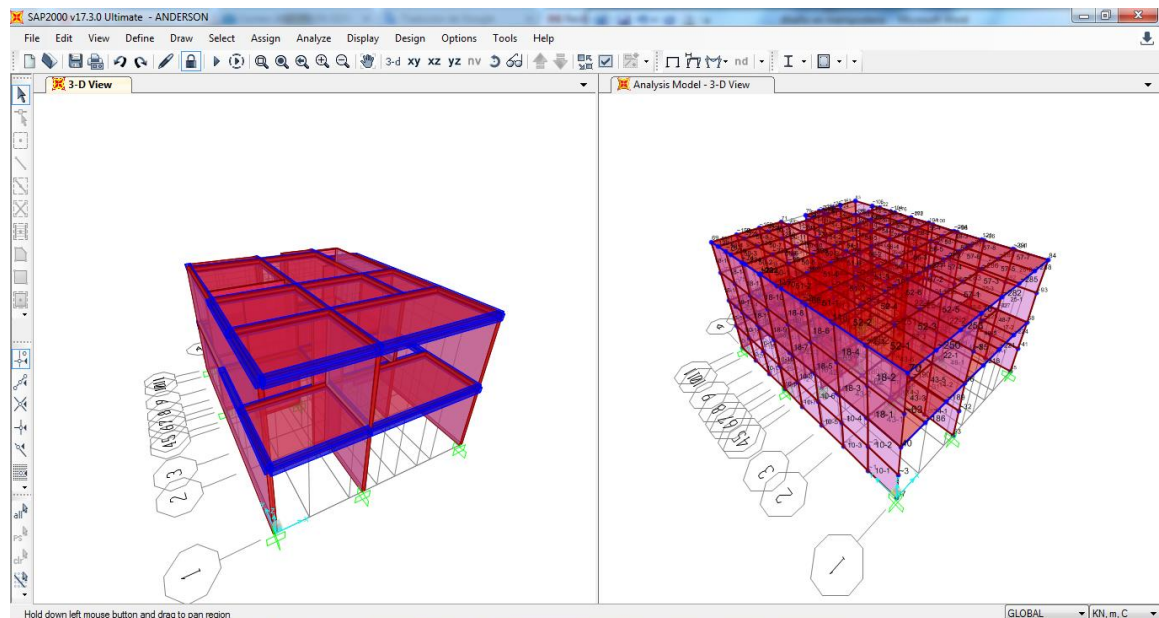
5.7.2. Combinaciones Generales

Figura 27. Combinaciones de carga en SAP 2000



Ya cargado el sistema y establecidas las combinaciones de carga se corre el modelo para su análisis estructural y proceder a su respectivo diseño

Figura 28. Modelación de la estructura en SAP 2000



6. DISEÑO DE MUROS EN MAMPOSTERÍA

6.1. CALCULO DE LAS PROPIEDADES DE LOS MUROS

6.1.1. Determinación de F´M Basado en la Calidad de los Materiales. El valor de la resistencia nominal a la compresión de la mampostería (f'_m), es calculado con los criterios del título D propuestos en la norma sismo resistente NSR-10.

6.1.2. Clasificación del Mortero

Tabla 43. Clasificación del mortero tipo pega

Tabla D.3.4-1
Clasificación de los morteros de pega por propiedad o por proporción

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

Notas:

- Solo para el diseño de mezclas de morteros en laboratorio, con base en los materiales que van a ser utilizados en obra. El control de morteros en obra se debe realizar de acuerdo con la norma NTC 3546 (ASTM C780).
- Ensayo de resistencia a la compresión a 28 días en cubos de 50 mm de lado
- Ensayo realizado según NTC 4050 (ASTM C91)
- Se puede utilizar cal hidratada en polvo tipo N o S.
- Para este cálculo no se incluye como cementante la cal.
- El mortero tipo N solo se permite en sistemas con capacidad mínima de disipación de energía en el rango inelástico (*DM*)
- El tipo de cemento para mampostería (M, S o N) será el mismo que el tipo de mortero de pega.

Teniendo en cuenta los datos de la tabla D.3.4-1 se clasifica el mortero de diseño tipo M, con una resistencia específica a la compresión del mortero de pega de 17,5 Mpa.

6.1.3. Resistencia Mínima de las Unidades de Mampostería:

Tabla 44. Resistencia mínima de las unidades de mampostería

Tipo de unidad	f'_{cu} (MPa)
Tolete de arcilla	15
Bloque de perforación horizontal de arcilla	3
Bloque de perforación vertical de concreto o de arcilla (sobre área neta)	5

Para el muro de mampostería, se decide usar un bloque con perforaciones verticales con un f'_{cu} de 7,5Mpa.

El valor de resistencia nominal a la compresión de la mampostería (f'_m), es calculado por la ecuación D.3.7-2 de la NSR-10, donde f'_m está dado en función de un parámetro (R_m) el cual es definido por la ecuación D.3.7-1 de la NSR-10.

$$f'_m = 0,75 R_m$$

$$R_m = \frac{2h}{75 + 3h} * f'_{cu} + \frac{50k_p}{75 + 3h} * f'_{cp} \leq 0,8f'_{cu}$$

6.1.4. Calculo De R_m . La unidad de mampostería es un bloque con perforaciones verticales con una altura de 23cm, un ancho de 12 cm y un largo de 33 cm. El valor de K_p es de 0,8 el cual es tomado en base del título D de la NSR-10.

$$\frac{2 * 230}{75 + 3 * 230} * 7,5 + \frac{50 * 0,8}{75 + 3h} * 17,5 \leq 0,8 * 7,5$$

$$5,424 \leq 6$$

cumple la condicion dada

$$f'_m = 4,07MPa$$

6.1.5. Módulo de Elasticidad del Muro en Mampostería. Para la determinación del módulo de elasticidad es usada la ecuación D.5.2-3 de la NSR-10.

$$E_m = 750 * f'_m \leq 20000Mpa$$

$$E_m = 3051,47Mpa \leq 20000Mpa$$

cumple la condicion dada

6.1.6. Módulo de Elasticidad del Muro del Mortero. Para la determinación del módulo de elasticidad del mortero es usada la ecuación D.5.2-4 de la NSR-10.

$$E_r = 2500 * \sqrt{f'_{cr}} \leq 20000Mpa$$

Donde f'_{cr} es el 10% de la f'_m

$$E_r = 1594,64MPa \leq 20000Mpa$$

cumple condicion dada

6.1.7. Modulo Cortante de Mampostería. El modulo cortante de mampostería está dado por la ecuación D.5.2-5 de la NDR-10.

$$G_m = 0,4E_m; \quad G_m = 1220,59MPa$$

6.1.8. Modulo Cortante del Mortero. El modulo cortante de mampostería está dado por la ecuación D.5.2-6 de la NDR-10.

$$G_r = 0,5E_r; \quad G_r = 797,32MPa$$

6.2. RESISTENCIA PARA CARGA AXIAL DE COMPRESIÓN

6.2.1. Máxima Resistencia Axial Teórica. La máxima Resistencia está dada mediante la siguiente ecuación (E.5.5-1):

$$P_0 = 0,8f'_m(A_e - A_{st}) + A_{st}f_y \leq f'_m A_e$$

Para este cálculo se toma los valores del muro 1

Datos de los muros:

$$L=9000mm$$

$$T_e=87,54mm$$

$$A_e=787876,36mm^2$$

$$P_u=164202N$$

$$P_0 = 0,8 * 4,07Mpa(787876,36mm^2) \leq 4,07Mpa(787876,36mm^2)$$

$$2564460,32N \leq 3205575,4N$$

cumple condicion dada

6.2.2. Reducción de Resistencia Axial por Esbeltez. Es necesario reducir la resistencia máxima axial por efectos de esbeltez, para ello se utiliza los criterios dados en la NSR-10 capitulo D.5.5.2

$$R_c = 1 - \left[\frac{h'}{42t} \right]^2 \text{ para } h'/t \leq 30$$

$$R_c = \left[\frac{21t}{h'} \right]^2 \text{ para } h'/t > 30$$

$$T=120\text{mm}$$

$$H'=2300\text{mm}$$

$$\frac{h'}{t} = \frac{2300}{120} = 10,83 < 30$$

$$R_e = 1 - \left[\frac{2300}{42 * 120} \right]^2 = 0,79$$

6.2.3. Resistencia Nominal para Carga Axial. La resistencia está dada por la siguiente ecuación tomada de la NSR-10 (D.5.5.3)

$$P_n = 0,8P_0 * R_e$$

$$P_n = 0,8 * 2564460,32N * 0,79 = 1.624.319,73N$$

6.2.4. Máxima Resistencia de Diseño para Carga Axial. La resistencia máxima está dada por la ecuación D.5.5-4 de la NSR-10.

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$164.202N \leq 1.299.455,79$$

6.3. RESISTENCIA CORTANTE EN LA DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL PLANO

Esta resistencia es determinada con los parámetros de la NSR-10 título D.5.7.4

$$V_n = \frac{1}{6} * A_{mv} * \sqrt{f'_m} = 363075,1N$$

Vu=169N, tomado de modelamiento en sap2000

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$169N \leq 217845,06N$$

6.4. DISEÑO DE MUROS EN LA DIRECCIÓN PARALELA A SU PLANO

6.4.1. Resistencia Mínima a la Flexión: La resistencia a la flexión mínima es determinada con los parámetros de la NSR-10, título D.5.8.2. Donde la resistencia mínima a la flexión está dada por la siguiente expresión:

$$M_{cr} = b * \frac{l_w^2}{6} * f_r$$

Donde f_r es de 0,43.

$$M_{cr} = 87,54mm * \frac{9000^2mm}{6} * 0,43 = 508,18KN * m$$

$$\phi M_n = M_{cr} * 0,6 = 304,91KN * m$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$2,18KN * m \leq 304,91KN * m$$

6.4.2. Resistencia a Cortante en la Dirección Paralela al Plano del Muro: La resistencia a cortante es calculada por con los parámetros de la NSR-10 por el título D.5.8.4

$$V_n = V_m + V_s$$

Para este caso el V_s es cero, el V_m es calculado de acuerdo a las siguientes condiciones:

Tabla 45. Valores nominales a cortante revestido

Tabla D.5.8-2
Valor del cortante nominal resistido por la mampostería, V_m

$\frac{M_u}{V_u d}$	V_m
$\frac{M_u}{V_u d} \leq 0.25$	$V_m = 0.30 A_{mv} \sqrt{f'_m} + 0.25 P_u$
$0.25 < \frac{M_u}{V_u d} < 1.00$	$V_m = \left[0.33 - 0.13 \left(\frac{M_u}{V_u d} \right) \right] A_{mv} \sqrt{f'_m} + 0.25 P_u$
$\frac{M_u}{V_u d} \geq 1.00$	$V_m = 0.20 A_{mv} \sqrt{f'_m} + 0.25 P_u$

Donde d puede tomarse como $0,8 l_w$ y M_u es de $0,02 \text{KN.m}$ y V_u es de 19609 N

$$\frac{M_u}{V_u * 0,8 l_w} = 0,0002 \leq 0,25$$

$$V_m = 0,3 A_{mv} \sqrt{f'_m} + 0,25 P_u$$

Donde $A_{mv} = 9000 \text{mm} * 87,54 = 787876,36 \text{mm}^2$

$$V_m = V_n = 801627,76 \text{N}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

Donde ϕ es de $0,6$

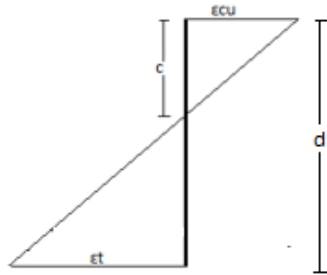
$$19609 \text{N} \leq 480976,66 \text{N}$$

7. DISEÑO DE LAS VIGAS

7.1. DISEÑO A FLEXIÓN

Compatibilidad de deformaciones

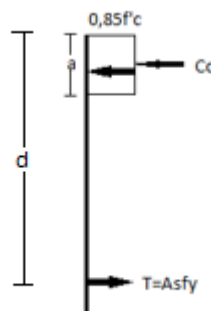
Figura 29. Compatibilidad de deformaciones



$$\frac{\varepsilon_{cu}}{c} = \frac{\varepsilon_t}{d - c}$$

Equilibrio

Figura 30. Equilibrio de Esfuerzos



$$C_c = 0,85f'_c b_w a$$

$$T = A_s f_y$$

$$T = C_c \rightarrow A_s f_y = 0,85 f'_c b_w a$$

Despejando la igualdad se obtiene:

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b_w}$$

Sumatoria de momentos

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right); \text{ donde } d - \frac{a}{2} \text{ se puede definir como } jd \text{ donde } j = 0,9$$

De la ecuación anterior se define:

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y j d}$$

Donde ϕ es de 0,9 para que cumpla falla por tracción.

Se diseña la viga F (2-5) para un momento de 10,56 KN*m.

$$A_s = \frac{10,56 \text{ KNm}}{0,9 * 420 \text{ Mpa} * 0,9 * 160 \text{ mm}} = 183,79 \text{ mm}^2$$

$$a = 21,623$$

Iteración 1

$$A_s = 187,256 \text{ mm}^2$$

$$a = 20,03 \text{ mm}$$

Iteración 2

$$A_s = 187,61mm^2$$

$$a = 22,06mm$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{22,06}{0,85} = 25,95mm$$

Acero suministrado 2 barras numero 4

$$A_s = 258mm^2; \quad a = 30,35; \quad c = 35,71$$

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 17,4367KN$$

$$\text{Error} = 0,137\%$$

Acero mínimo dado por a NSR-10

C.10.5.1 — En toda sección de un elemento sometido a flexión cuando por análisis se requiera refuerzo de tracción, excepto lo establecido en C.10.5.2, C.10.5.3 y C.10.5.4, el A_s proporcionado no debe ser menor que el obtenido por medio de:

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \quad (\text{C.10-3})$$

pero no menor a $1,4b_w d/f_y$

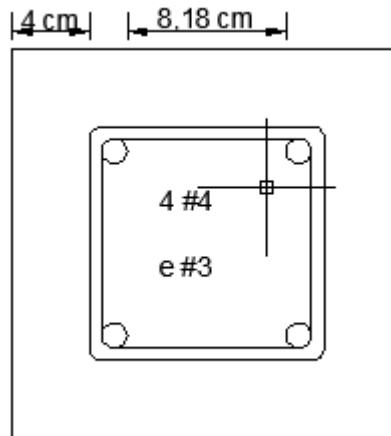
$$A_s \geq \begin{cases} \frac{0,25 * \sqrt{f'_c}}{f_y} * b_w d = 87,28mm^2 \\ \frac{1,4b_w d}{f_y} = 106,67mm^2 \end{cases}$$

Rige el mayor de los dos, el acero mínimo es de $106,67mm^2$

Protección de concreto para el refuerzo

Siguiendo los criterios de la norma NSR-10 título C.7.7, se decide tomar un recubrimiento de 40 mm y se deciden usar estribos a dos ramas # 2.

Figura 31. Sección transversal de las vigas



El espaciamiento entre barras longitudinales es de 8,18cm

Calculo de separación máxima

Dado por la NSR-10 en el titulo C capítulo 10.6

$$s \leq \begin{cases} 272mm & Rige \\ 300mm & \end{cases}$$

81,8mm < 272mm, la separación cumple los requisitos de la norma

Separación mínima

La separación mínima entre barras longitudinales debe ser el diámetro de la barra longitudinal, pero no menor de 25mm; $d_b=12,7mm$

81,8mm>100mm, cumple la condición dada por la norma NSR-10.

Valor de ϕ para análisis de falla

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{c} = \frac{\varepsilon_t}{d - c}$$

Donde ε_{cu} es de 0,003

$$\varepsilon_t = 0,01044$$

La sección presenta una falla por tracción, que según la norma NSR-10 título c capítulo C.9.3.2, el $\phi=0,9$.

Valor de ϕM_n

$$\phi M_n = 15,69KNm$$

$\phi M_n > M_u$ *el diseño cumple el diseño a flexion*

7.2. DISEÑO A CORTANTE

Se diseña a cortante la viga F (2-5) cuyo V_u es de 13,66KN

La resistencia al cortante nominal, está dada por la siguiente ecuación.

$$V_n = V_c + V_s$$

Donde V_c es la resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto.

Calculo de V_c

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'_c}b_wd = 23932,04N$$

$$V_s = V_n - V_c$$

Donde

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{13660}{0,75} = 18213,33N$$

Siendo el valor de ϕ es de 0,75 tomado de la NSR-10 título C capítulo C.9

$$V_s = -5718,71 N$$

Separación entre estribos

Como el V_s es negativo se debe suministra para cortante un acero mínimo para una separación mínima. Para ello se decide usar estribos #2 a dos ramas.

Para determinar la separación mínima se usan las ecuaciones de la NSR-10 título C capítulo 11.4.6.3 rige

$$s_{min} = \begin{cases} \frac{A_v f_{yt}}{0,062 * \sqrt{f'_c} b_w} = 473mm \\ \frac{A_v f_{yt}}{0,35 b_w} = 384mm \end{cases}$$

Separaciones mínimas para cortantes, dadas por el título C capítulo 11.4.5

$$s_{min} = \begin{cases} \frac{d}{2} = 76,08mm \\ 600mm \end{cases}$$

Se decide usar estribos #2 a 2 ramas cada 70mm en la zona de confinamiento y de traslape, y de 380 mm en el resto de la viga.

8. CUADRO RESUMEN DE DISEÑO DE LOS ELEMENTOS

8.1. ELEMENTO TIPO MURO

Tabla 46. Diseño de los elementos tipo muro

	muro	PU [N]	ϕP_n [N]	PERPENDICULAR AL MURO		PARALELO AL MURO		
				Vu [N]	ϕV_n [N]	Mu [KN-M]	ϕM_{cr} [KN-m]	ϕV_n [N]
primer piso	1	164202,00	1299455,79	-169,00	217845,06	-0,02	304,91	480976,66
	2	42259,00	79411,19	50,00	13312,75	0,02	1,14	29393,02
	3	40436,00	129945,58	-119,00	21784,51	-0,05	3,05	48097,67
	4	43684,00	54865,91	36,00	9197,90	0,03	0,54	20307,90
	5	167149,00	332083,15	21,91	55671,52	0,01	19,91	122916,26
	6	40218,00	79411,19	-63,00	13312,75	-0,03	1,14	29393,02
	7	62393,00	144383,98	52,00	24205,01	0,04	3,76	53441,85
	8	149822,00	1299455,79	-236,00	217845,06	-0,05	304,91	480976,66
segundo piso	9	82022,00	1328531,30	-1513,15	217845,06	-1,30	304,91	485337,99
	10	6331,00	81188,02	-194,57	13312,75	-0,21	1,14	29659,54
	11	10709,00	132853,13	25,00	21784,51	0,03	3,05	48533,80
	12	12282,00	56093,54	50,00	9197,90	0,06	0,54	20492,05
	13	75945,00	339513,55	73,20	55671,52	0,08	19,91	124030,82
	14	5106,00	81188,02	695,00	13312,75	0,67	1,14	29659,54
	15	32840,00	147614,59	52,51	24205,01	0,08	3,76	53926,44
	16	84614,00	1328531,30	-1031,02	217845,06	-0,76	304,91	485337,99
primer piso	17	88236,00	144383,98	52,00	24205,01	-0,01	3,76	51852,64
	18	115760,00	267110,36	-163,00	44779,26	0,09	12,88	94723,93
	19	114197,00	223795,16	-68,00	37517,76	0,05	9,04	75709,90
	20	71741,00	404275,13	18,00	67774,02	0,01	29,51	146772,19
	21	47268,00	101068,78	185,16	16943,50	-0,14	1,84	29992,97
	22	79488,00	404275,13	-41,00	67774,02	0,05	29,51	135735,45
	23	70537,00	404275,13	-28,00	67774,02	0,06	29,51	122566,65
segundo piso	24	37212,00	147614,59	188,00	24205,01	-0,20	3,76	43331,69
	25	55009,00	273086,99	-284,00	44779,26	0,40	12,88	81122,66
	26	42613,00	228802,61	-11,97	37517,76	0,03	9,04	67164,12
	27	30146,00	413320,85	-46,89	67774,02	0,11	29,51	121328,74
	28	21588,00	103330,21	343,00	16943,50	-0,44	1,84	30332,18
	29	50123,00	413320,85	-59,28	67774,02	0,16	29,51	121328,74
	30	44026,00	413320,85	-135,00	67774,02	0,23	29,51	130408,83

8.2. ELEMENTO TIPO VIGAS

8.2.1. Flexión. La dimensión de todas las vigas es de 20*20 cm, a todas las vigas se le suministran 4 barras# longitudinales y estribos numero 2 a 80 cm en zonas de confinamientos y 38 cm en el resto de la viga.

Tabla 47. Diseño a Flexión de los elementos tipo viga

	TRAMO F (2-5)			TRAMO C (4-5)		
M [KN/m]	10,56	8,01	4,23	1,30	2,62	3,21
h [m]	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
b[m]	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
d mm	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00
Asmin mm ²	87,29	87,29	87,29	87,29	87,29	87,29
Asmin mm ²	106,67	106,67	106,67	106,67	106,67	106,67
Ssreq mm ²	187,61	139,57	71,88	21,72	43,96	54,08
Asmax mm ²	433,50	433,50	433,50	433,50	433,50	433,50
As a colocar	187,61	139,57	106,67	106,67	106,67	106,67
As suministrado mm ²	258,00	258,00	258,00	258,00	258,00	258,00
# barras	2#4	2#4	2#4	2#4	2#4	2#4
a	30,35	30,35	30,35	30,35	30,35	30,35
C	35,71	35,71	35,71	35,71	35,71	35,71
Smax	268,13	268,13	268,13	268,13	268,13	268,13
Smax	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00
Et	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
S	8,18cm	8,18cm	8,18cm	8,18cm	8,18cm	8,18cm
Valor de ϕ	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Φ Mn	14,12	14,12	14,12	14,12	14,12	14,12
verificación	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple

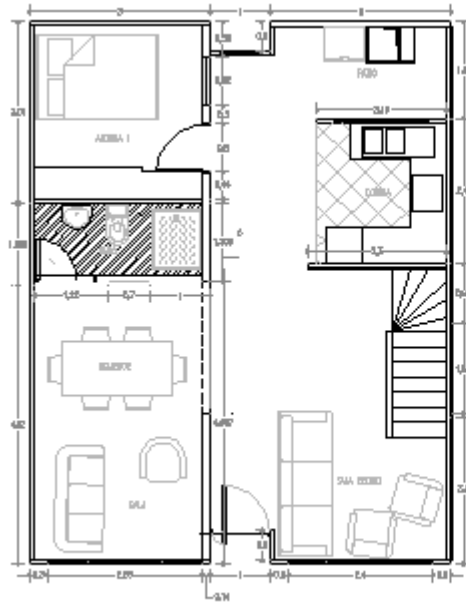
8.2.2. Cortante

Tabla 48. Diseño a cortante de los elementos tipo viga

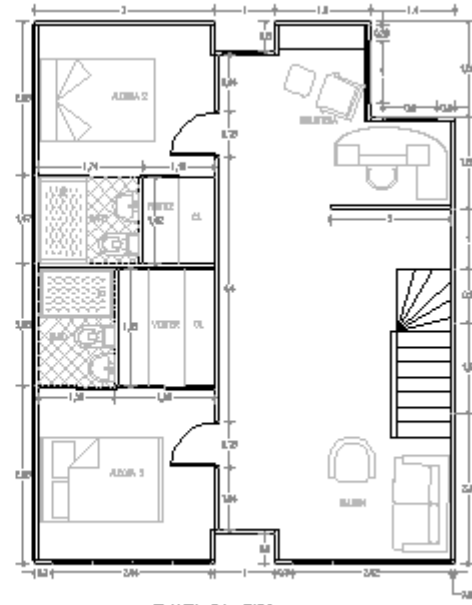
CORTANTE VIGA F														
TRAMO	Vu[N]	Vc o Vc detallado	$0,5*\phi*Vc$	requiere diseño a cortante?	$\phi*Vc$	requiere Vs?	Vn	Vs	sección optima?	S requerido	S requerido redondeado	S suministrado	reducir a S/2?	S cortante suministrado final
1--2	4190	23932,04	8974,52	no	17949,03	Smin	5586,67	-18345,38	si	-225,06	220	70	no	70
	8850	23932,04	8974,52	no	17949,03	Smin	11800,00	-12132,04	si	-340,32	340	70	no	70
2--5	13660	23932,04	8974,52	si	17949,03	Smin	18213,33	-5718,71	si	-721,98	720	70	no	70
	10490	23932,04	8974,52	si	17949,03	Smin	13986,67	-9945,38	si	-415,14	410	70	no	70

9. PLANOS

9.1. PLANOS ARQUITECTONICOS



PLANTA 1er PISO



PLANTA 2da PISO

10. EVALUACION DE COSTOS

Para esto, se basó según la revista Construdata con la cual se calcularon cantidades de los frisos, y en los costos de los ladrillos, concreto y acero según los precios unitarios publicados en la página de la revista construdata. En la siguiente tabla se encuentran las cantidades y precios de cada elemento usado en el material:

Tabla 49. Costos de los elementos

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO U*m2	COSTO PARCIAL
MUROS	m2	171,41	\$34.670,00	\$5.942.784,70
ACERO	kg	1027,7	\$2.270,00	\$2.332.879,00
CONCRETO	m3	21,6	\$335.240,00	\$7.241.184,00
MORTERO PEGA	m3	2,23	\$316.000,00	\$704.680,00
COSTO TOTAL				\$16.221.527,70

11. COMPARACION

11.1. DISEÑO ESTRUCTURAL

En las siguientes tablas se presentan los esfuerzos máximos admisibles y calculados tanto en CLT como en mampostería, que presentan los muros del diseño estructural.

CLT

Tabla 50. Valores máximos de los esfuerzos en los muros en CLT

MUROS	e [mm]	FLEXION				COMPRESION II ALA FIBRA		CORTANTE		CORTANTE DE RODADURA	
		ADMISIBLE Y	CALCULADO	ADMISIBLE Z	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO
-	-	12,67	2,43	12,67	2,47	10,08	0,94	1,92	0,34	0,82	0,34
% UTILIDAD		19,18		19,49		9,33		17,71		41,46	

Tabla 51. Valores máximos de los esfuerzos en las placas en CLT

MUROS	e [mm]	FLEXION				COMPRESION II ALA FIBRA		CORTANTE		CORTANTE DE RODADURA	
		ADMISIBLE Y	CALCULADO	ADMISIBLE Z	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO
-	-	12,67	2,43	12,67	2,47	10,08	0,94	1,92	0,34	0,82	0,34
% UTILIDAD		19,18		19,49		9,33		17,71		41,46	

MAMPOSTERIA

Tabla 52. Valores máximos de los esfuerzos en los muros en mampostería

muro	PERPENDICULAR AL MURO				PARALELO AL MURO			
	PU [N]	ϕP_n [N]	Vu [N]	ϕV_n [N]	Mu [KN-M]	ϕM_{cr} [KN-m]	Vu [N]	ϕV_n [N]
-	167149,00	332083,15	695,00	13312,75	0,67	1,14	695,00	485337,99
% UTILIDAD	50,33		5,22		58,62		0,14	

Tabla 53. Valores máximos de los esfuerzos en las placas en mampostería

	FLEXION		CORTANTE	
	ADMISIBLE	CALCULADO	ADMISIBLE	CALCULADO
PLACAS	15,69	10,38	17949,03	2218,7
% UTILIDAD	66,14		12,36	

Como se puede ver en las tablas, la estructura en mampostería presenta más utilidad que la del CLT, con lo cual su comportamiento estructural es menos efectivo que el del CLT para el caso de los muros, en el caso de las placas dado que en el material de mampostería se cumplieron los espesores mínimos de losa, no se realiza el cálculo de deformaciones admisibles, por esto no se presenta una comparación de este, por lo cual para este caso el tipo de material usado es más eficiente que el del panel CLT.

11.2. COSTOS

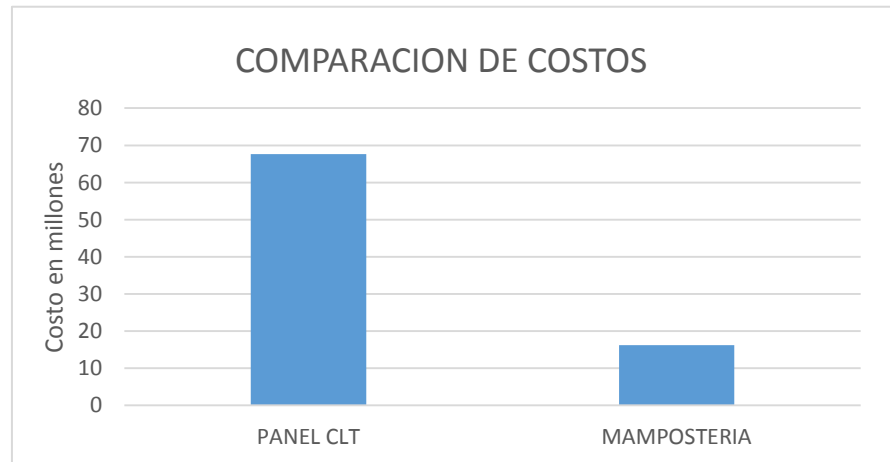
De acuerdo a lo obtenido en el anterior punto, se realizó una comparación de costos entre los materiales propuestos para el diseño de la vivienda.

La siguiente tabla presenta los costos totales de los elementos, para cada material,

Tabla 54. Comparación de costos por elementos

		AREA	COSTOS
PANEL CLT	MUROS CLT	152,974	\$37.554.229,84
MAMPOSTERIA	MUROS M	171,41	\$6.647.464,70
PANEL CLT	PLACAS CLT	120,4	\$30.066.572,18
MAMPOSTERIA	PACAS M	117,34	\$9.574.063,00

Figura 32. Comparación de costos totales entre ambos materiales



La gráfica nos permite ver la gran diferencia de costos, que existen entre estos materiales, que se debe a que el material CLT se debe importar y que al cambio de moneda se produce un gran aumento de costos en él.

12. CONCLUSIONES

- El cumplimiento del objetivo general propuesto, de comparar estos dos materiales como elementos estructurales, fue posible ya que se logró hacer una revisión de la normativa pertinente, documentos científicos y técnicos, donde se presentan los requisitos mínimos a cumplir al diseñar en este material (CLT), y en mampostería que se encuentra en la normativa colombiana.
- Con la ayuda de la empresa extranjera Stora Enso, se logró uno de los objetivos específicos, que fue la comparación de costos de la estructura (costos directos), del material CLT, dado que en nuestro país aún no se produce este tipo de material basado en madera estructural.
- Basados en las normativas que rigen estos materiales, EUROCODOGO 5 y NSR-10, se pudo establecer el comportamiento estructural ante acciones impuestas, dadas según el tipo de servicio, lo cual mostro un comportamiento mejor al esperado por parte del material CLT.
- Dado que en nuestro país no se produce este material a base de madera, se debe importar, el cual genera un cambio de moneda (Euro al Peso), que produce un incremento en el valor bastante significativo en la estructura.
- Se logró la implementación de nuevas normas como el Euro código tanto el 1 como el 5 en sus derivaciones; madera neta y sometidas a fuego, también normas técnicas europeas en la que describen las características de la madera según sus clases.

- Con la investigación, nos permitió el conocimiento del diseño estructural de este material y nuevas técnicas de cálculo para el debido cumplimiento de las normas que lo rigen.
- Con los resultados obtenidos, se vio la gran diferencia, en la parte de costos debido al cambio de moneda, lo cual abre la posibilidad de producir este tipo de material a base de madera en nuestro país, lo cual reduciría considerablemente el costo, volviéndose competente ante los materiales comunes usados en nuestro país.
- Debido al objetivo general del proyecto, que fue comparar una estructura en baja sismicidad, lo que permitió realizarse en un material típico como el de mampostería no reforzada, el cual presenta unos costos bajos que representa la mayor diferencia entre estos materiales, se puede plantear el diseño en una zona sísmica alta ya que el material CLT presenta un buen comportamiento ante sismos, lo cual permitiría que este material, entrara como un material competente ante los otros materiales.

BIBLIOGRAFIA

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. *Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente, cargas, Mampostería Estructural, Casas de uno y dos pisos. NSR-10*. Segunda edición, Bogotá DC, 2010.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. *Bases de proyecto y acciones en estructuras. UNE-ENV 1991-2-6*. Madrid: AENOR, 1998.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. *Madera estructural. Clases resistentes. UNE ENV 338:2010*. Madrid: AENOR, 2010.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. *Proyecto de estructuras de madera: parte 1-1: Reglas generales y reglas para la edificación. UNE ENV 1995 1-1:2006*. Madrid: AENOR, 2006.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. *Proyecto de estructuras de madera: parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego. UNE ENV 1995 1-2:2011*. Madrid: AENOR, 2011.

COMITÉ DE NORMAS NABau. *Diseño, cálculo y dimensionamiento de estructuras de madera. Reglas generales de dimensionamiento para la construcción de edificios. DIN 1052-1:1998-04*. Berlín, 2004

Pro: Holz. Cross-Laminated Timber Structural Design, Basic design and engineering principles according to Eurocode: noviembre 2014. Vienna: (information pro: Holz) (Boletín pro: Holz; n. 1)

STORA Enso. *CLTengineer 1.0. The Stora Enso CLT design software* [en línea]. [consulta: 3 de noviembre de 2015]. Disponible en web: https://engineer.clt.info/Dokumentation/CLT-Engineer_Manual.pdf


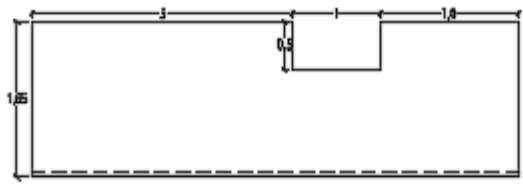


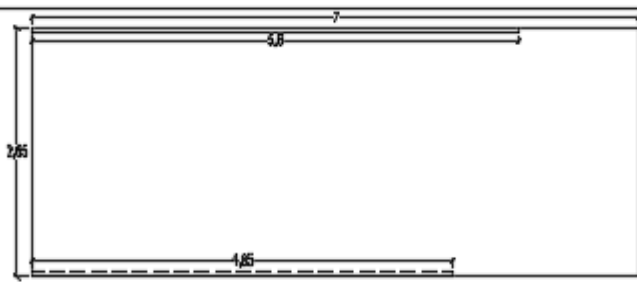


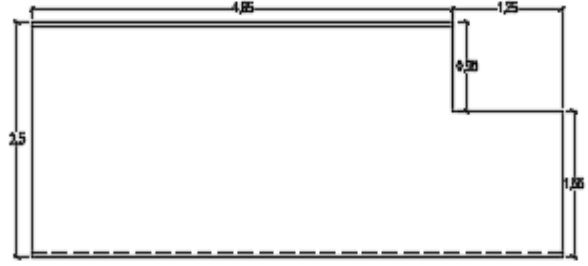


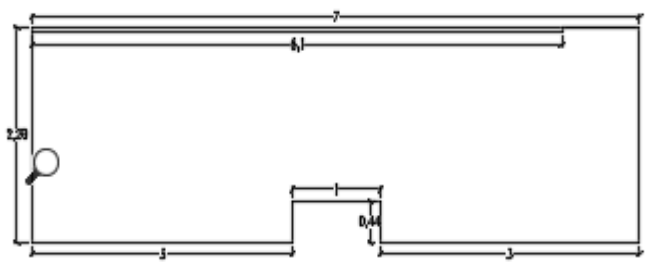


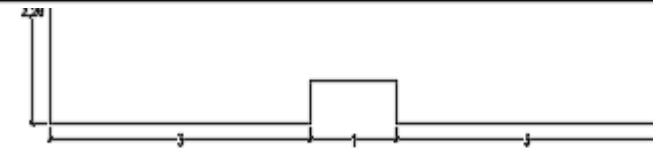

STORA Enso. *CLTengineer The Stora Enso CLT design software. User manual*. [en línea]. [Consulta: 11 de febrero de 2016]. Disponible en: <http://www.clt.info/external-wall/>

STORA Enso. *Pared-interior, Pared-exterior, Forjados- vigas de dos vanos*. [en línea]. [Consulta: 3 de noviembre de 2015]. Disponible en: <http://www.clt.info/internal-wal/>

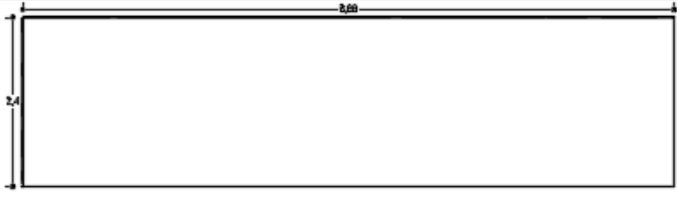
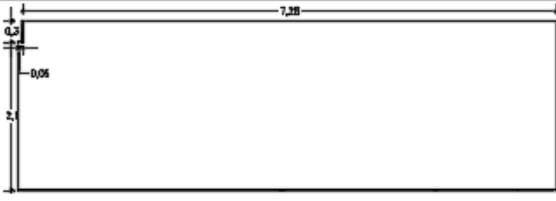
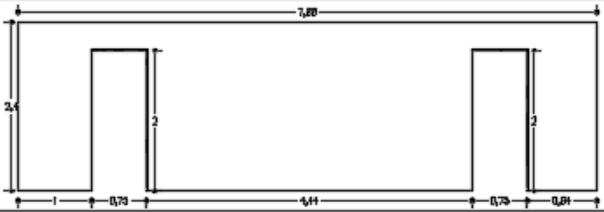
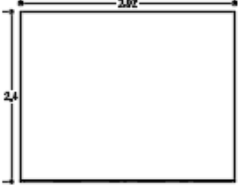
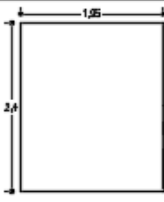

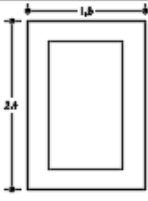
STORA Enso. CLTEENGINEER - Programa de estática. [en línea] [citado 15 de abril de 2016 disponible en: <http://www.clt.info/es/documentacion/cltengineer-programa-de-estatica/>

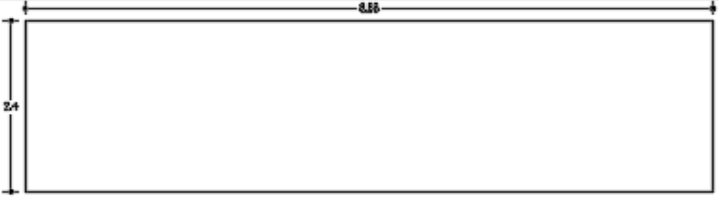
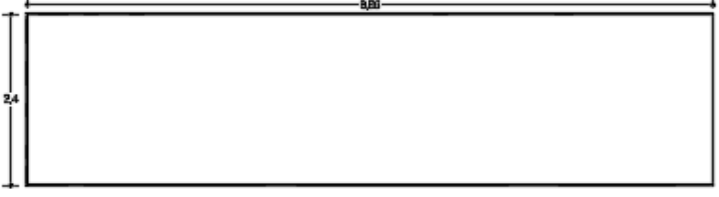
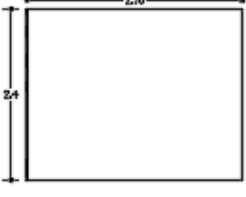
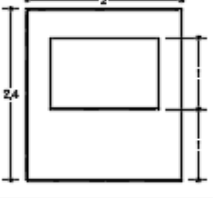
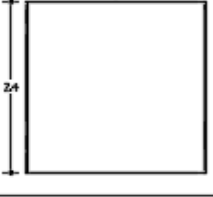
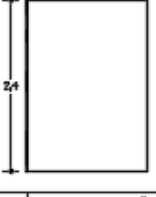
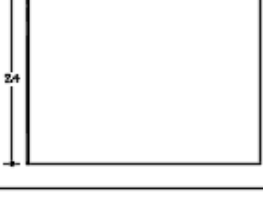
ANEXOS

ANEXO A. DESPICE DE PLACAS EN CLT

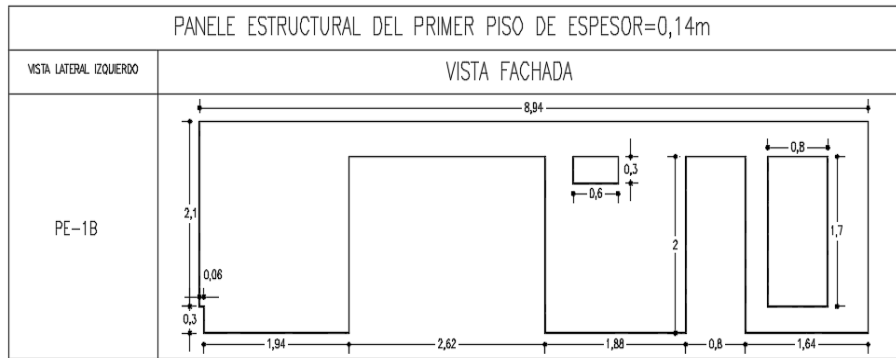
PLACA ENTREPISO (ps.es CLT 100 L5s VI)		
VISTA LATERAL IZQUIERDO	VISTA FACHADA	VISTA LATERAL DERECHO
		
		
		
		
		

ANEXO B. DESPIECES DE MUROS EN CLT

PANELES ESTRUCTURALES DEL SEGUNDO PISO DE ESPESOR=0,08m	
ASIGNACIÓN	VISTA FACHADA
PE-2A	
PE-2C	
PE-2B	
PE-25	
PE-2AB1	
PE-2AB2	
PD-2BC2	

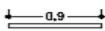
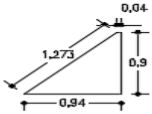
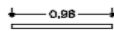
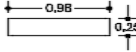
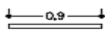
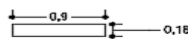
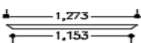
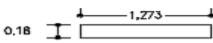
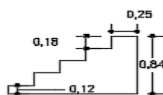
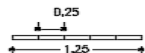
PANELES ESTRUCTURALES DEL PRIMER PISO DE ESPESOR=0,08m	
ASIGNACIÓN	VISTA FACHADA
PE-1A	
PE-1C	
PE-14	
PE-13	
PE-15	
PE-1BC2	
PE-11	

PANELES DIMENSIONADOS DEL SEGUNDO PISO DE ESPESOR=0,06m	
ASIGNACION	VISTA FACHADA
PD-21	
PD-23	
PD-22	
PD-26	
PD-2AB3 1,2	
PD-2AB5 6,7	
PD-2BC1 1,2	
PD-2BC1 6,7	
PD-27 AB	
PD-27 BC	
PD-21BC1,BC2	

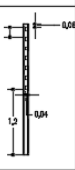
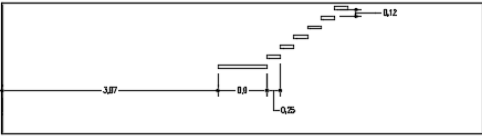

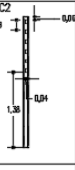
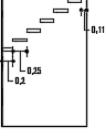

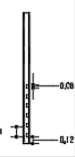
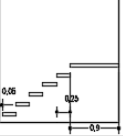



PANELES DIVISORIOS DEL PRIMER PISO DE ESPESOR=0,06m	
ASIGNACIÓN	VISTA FACHADA
PD-1/6	
PD-17 AB	
PD-17 BC	
PD-12	
PD-1BC1 1,2	
PD-1BC1 6,7	
PD-11	
PD-1ESCALERA	
PD-1PUERTA	

ANEXO C. DESPIECES DE ESCALERAS EN CLT

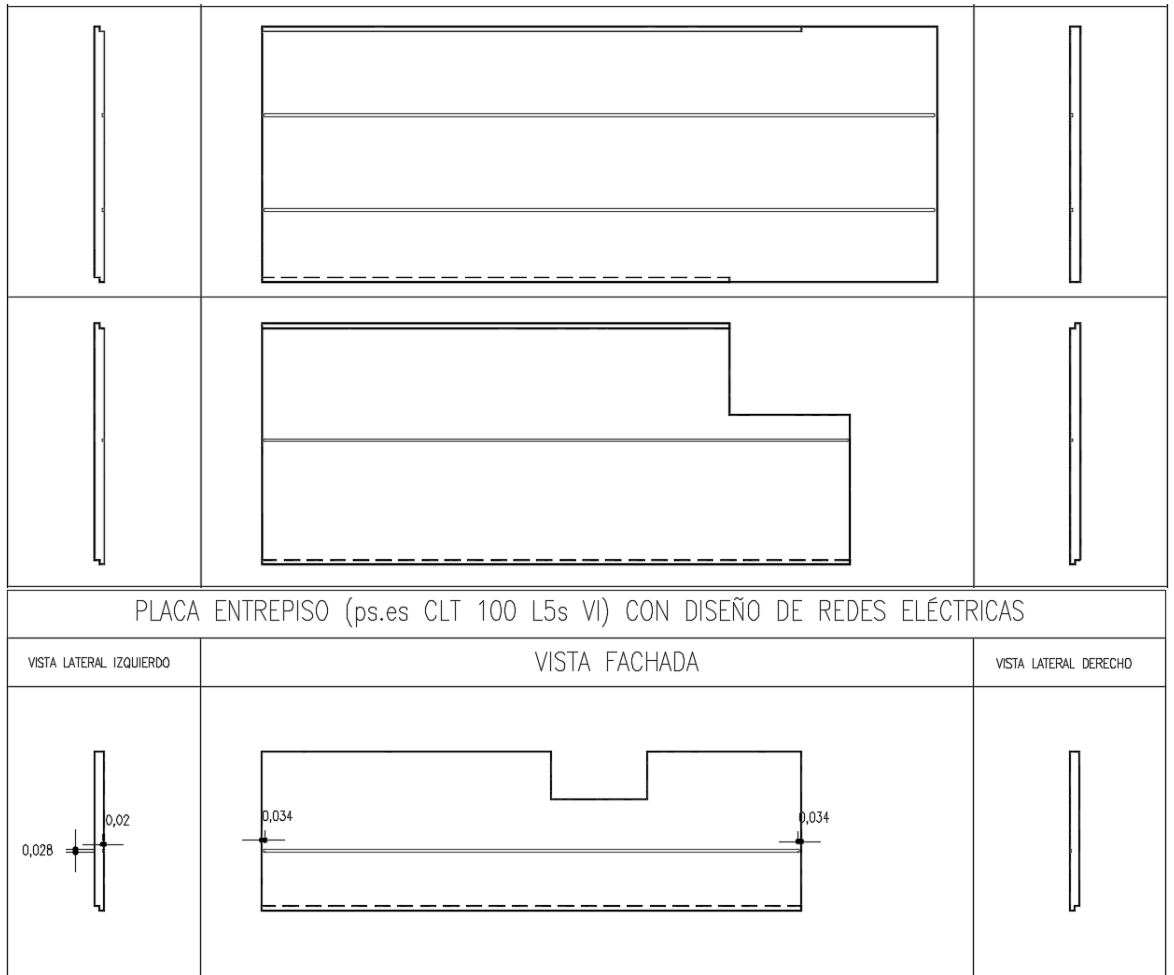
PANELES PARA ESCALERAS DE ESPESOR=0,06m		
VISTA FRONTAL	VISTA SUPERIOR	CANTIDAD
		2
		11
		13
		1
		1








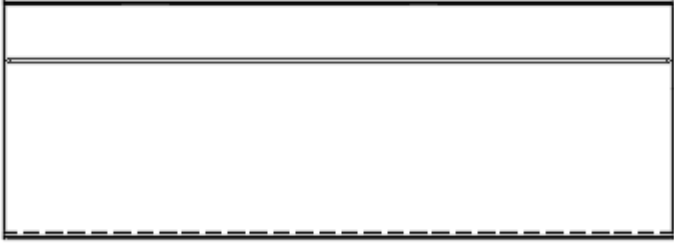


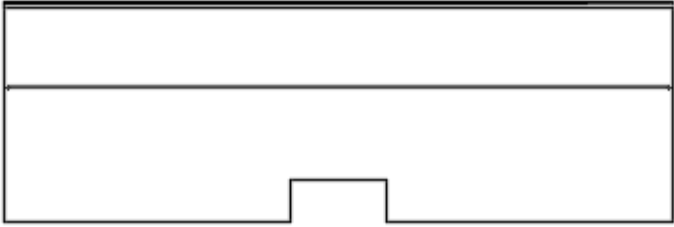


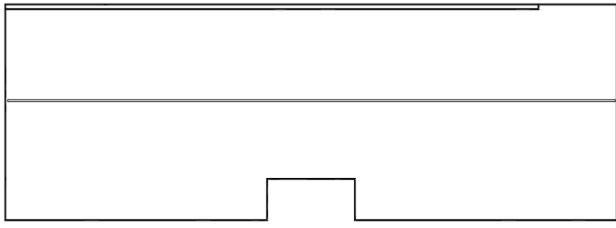

PANELES ESTRUCTURALES DEL PRIMER PISO DE ESPESOR=0,08m CON CON DIMENSIONES DE CAJAS PARA ANCLAJE PARA ESCALERAS

VISTA LATERAL COMPLETA	VISTA ALZADA	VISTA SUPERIOR
<p>PE-1C</p> 		
<p>PE-1BC2</p> 		
<p>PE-15</p> 		

ANEXO D. ESPIECE DE RED ELECTRICA EN CLT

PLACAS

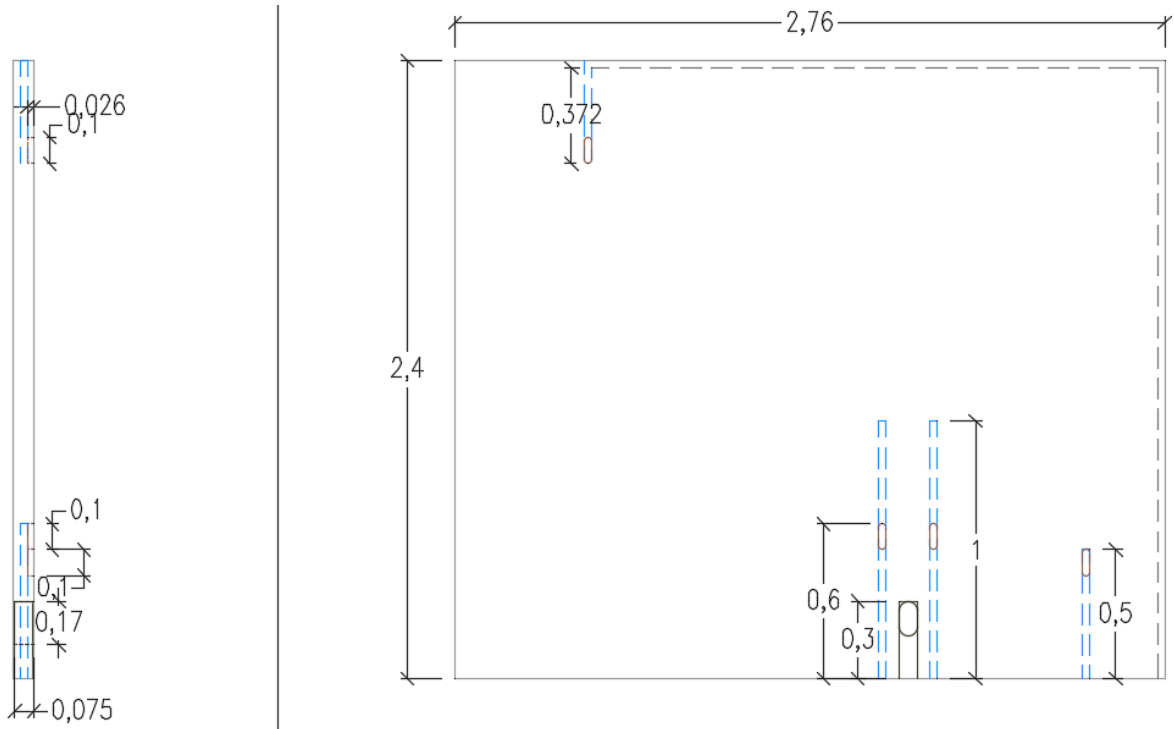


CUBIERTA LIVIANA (ps.es CLT 80 L3s VI) m CON DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS		
VISTA LATERAL IZQUIERDO	VISTA FACHADA	VISTA LATERAL DERECHO
		
		
		
		
		


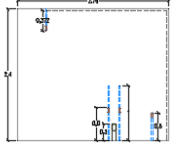


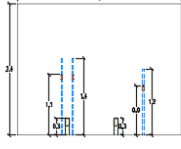
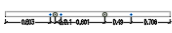
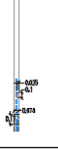
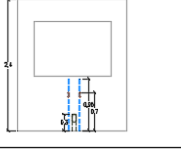

ANEXO E. DESPIECES DE REDES HIDRAULICAS Y SANITARIAS


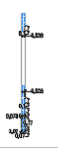
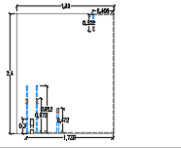



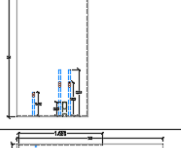







MUROS

EJEMPLO



TOTALES

ps.ds CLT 80 C3s VI CON DISEÑO DE REDES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS (FRESADO PARA CODO Y BARRENOS PARA CONDUCTO)		
VISTA LATERAL (DERECHO)	VISTA FACHADA	VISTA INFERIOR
		
		
		

PANELES DIVISORIOS DEL SEGUNDO PISO DE ESPESOR=0,08m CON DISEÑO DE REDES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS (BARRENOS Y CAJAS)					
VISTA LATERAL (DERECHO)	VISTA LATERAL (IZQUIERDO)	VISTA FACHADA	VISTA INFERIOR		
					
					
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>VISTA SUPERIOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> </tr> </tbody> </table>	VISTA SUPERIOR	
VISTA SUPERIOR					
					

ANEXO F.PRESUPUESTO GENERAL

Este presupuesto fue realizado por la empresa española Stora Enso, cuenta con todos los detalles presentes en los despieces, mostrados en los anteriores anexos.



Presupuesto

Stora Enso Wood Products
Bad St. Leonhard GmbH

NUMERO DE OFERTA: **16012702**

Fecha: 27.01.2016

Validéz: Hasta 28.04.2016

Página: 1/3

Comprador: Arley Felipe Sandoval

Destinatario:

Persona de contacto: Julia Ahvenainen

Teléfono: 670 618 331

E-mail: julia.ahvenainen@storaenso.com

Colombia

Asesor:

Teléfono:

Fax:

Referencia de comprador: Proyecto Tesis

Referencia de destinatario:

NIF del comprador:

Terminos de transporte: Ex work

Terminos de pago:

Nro.	Producto	Cantidad	Unidad	Precio/unidad €/m2	Precio total €
	CLT incl. mecanizado básico				
1	CLT 140 C5S VI WW C24 SAN	21,5	m ²	94,5	2.027,97
2	CLT 100 L5S VI WW C24 SAN	59,0	m ²	80,5	4.749,50
3	CLT 80 C3S VI WW C24 SAN	146,0	m ²	67,0	9.782,00
4	CLT 80 L3S VI WW C24 SAN	61,4	m ²	64,0	3.929,60
5	CLT 60 C3S VI WW C24 SAN	65,0	m ²	62,5	4.062,50
	Mecanicación especial				
6	Extra por elementos < 6m2 (media)	352,9	m ²	3,0	1.058,58
7	Extra por piezas pequeñas < 1m2	28,0	und	10,0	280,00
8	Canales de cable (28 mm diametro)	33,0	m	25,0	825,00
9	Otros fresados (superficial)	59,0	m	2,5	147,50
10	Enchufes y perforaciones	68,0	und	2,5	170,00
	Otros				
11	Sistemas de carga/descarga	60,0	und	6,0	360,00
Total		352,9			27.392,65 EUR excl. IVA

C ... cover layer, crosswise
L ... cover layer, lengthwise
3S ... 3-layer
5S ... 5-layer
5S-2* ... 5-layer
7S ... 7-layer
7S-2* ... 7-layer
8S-2** ... 8-layer

NVI ... non-visible + non-visible
INV ... industry visible + non-visible
IBI ... industry visible + industry visible
VI ... visible + non-visible
IVI ... visible + industry visible
BVI ... visible + visible
WW ... wood species: spruce (Middle layers may also consist of pine)
Description refers to the cover layers.

C24*** ... strength sorting of raw lamella
SAN**** ... sanded surface

* Cover layers consisting of 2 longitudinal layers.
** Cover layers and inner layer consisting of 2 longitudinal layers.
*** in line with the approval, up to 10% of the lamellas can be of grade C16.
**** „C“ elements: grinding/sanding direction at right angles to the grain.

Stora Enso WP Bad St. Leonhard GmbH
A-9462 Wisperndorf 4
DVR: 0917150

Phone +43 4350 2301
Fax +43 4350 2301 3252
<http://www.clt.info>
All Stora Enso Building and Living
certificates under
www.storaenso.com

VAT No. ATU37905102
Trade Reg. No. FN130232v
Trade Reg. Office: Krems/Donau



Presupuesto

Stora Enso Wood Products
Bad St. Leonhard GmbH

NUMERO DE OFERTA:
16012702

Fecha:
27.01.2016

Validéz:
Hasta 28.04.2016

Página: 2/3

- If the surface area for this offer was determined by Stora Enso, the amounts actually required may differ from the ones listed above since final division into elements is done at the time of work scheduling.
- Any calculations required for structural physics or engineering are the responsibility of the customer.
- The prices quoted do not include VAT.

Product description

- Solid CLT boards are produced in accordance with Z-9.1-550 technical approval. The raw material used is PEFC-certified and technically dried to a moisture content of approx. 12% ($\pm 2\%$). Formaldehyde-free adhesive (PUR) is used. All layers consist of single-layer boards glued on the narrow side.
- The strength grading of the lamellas is performed in accordance with the strength grading criteria for C24, to EN 338. A 10% proportion of C16-graded lamellas is permissible in accordance with approval ETA 08/0271.
- The surface quality of the cover layers is based on the "Surface Grading" product data sheet which can be accessed at www.clt.info.
- CLT is usually manufactured using spruce. Depending on the circumstances, however, the inner layers may also consist of pine.
- Cracks and open joints are possible with NV1 and INV quality grades. The existence of any cracks or open joints does not affect the structural properties of CLT.
- Small cracks or open joints may occur with VI quality grades. These occurrences depend largely on room humidity where the material is employed.

Joints

- Timber frame precision lies within the tolerances for building construction specified in DIN 18203/Part 3 for wall, floor, ceiling and roof panels made of derived timber materials.
- Our basic frame joint services include the following:
 - Wall joints: Cutting of wall panels according to plan, i.e. cuts at right angles to the panel surface and angled cuts (door and window cut-outs).
 - Ceiling joints: Cutting of ceiling panels according to plan, i.e. cuts at right angles to the panel surface and angle cuts (cut-outs for stairs, chimneys, ceiling recesses) and cross joints (step joints, grooves and cover boards).
 - Special joints: We will be pleased to present our special joint options to you upon request. These include instances where timber is worked from 2 sides, frame joints for small pieces (< 1 m²), rafter cut-outs formed with grooves or diagonally as well as other types of machining such as drilling holes, cuts etc.
- The sawn and milled surfaces are always of NV1 quality.
- Where step joints have been made, offsets or joint openings of up to 2 mm may occur.
- With non-visible and industrial visible quality, there may be splashes of oil on the surface from the chainsaw assembly.

Order processing

Stora Enso WP Bad St. Leonhard GmbH
A-9462 Wispendorf 4
DVR: 0017150

Phone +43 4350 2301
Fax +43 4350 2301 3252
<http://www.clt.info>
All Stora Enso Building and Living
certificates under
www.storaenso.com

VAT No. ATU37905102
Trade Reg. No. FN130232v
Trade Reg. Office: Krems/Donau



Presupuesto

Stora Enso Wood Products
Bad St. Leonhard GmbH

NUMERO DE OFERTA:
16012702

Fecha:
27.01.2016

Validéz:
Hasta 28.04.2016

Página: 3/3

-
- We request you to provide us with all the plans and approvals 20 working days prior to project delivery to ensure that your project is completed on time. If this deadline is not met, Stora Enso's delivery time may be delayed.
 - Changes to approved plans are only possible to a limited extent up to 12 working days prior to the delivery date when countersigned by Stora Enso and are subject to a charge. No further changes can be accepted after this date.

Charging

- Additional costs must be taken into account for small quantities of less than 24 m² per board thickness.
Charged dimensions: Rectangle circumscribed by the charged widths;
including any cut-outs which may result (will always also be delivered).
Charged lengths: From minimum production length of 8.00 m per charged width up to max. 16 m.
Increments of 10 cm.
Charged widths: 245, 275 and 295 cm

We hope that our offer meets with your approval and remain with best regards

IN THE NAME AND BEHALF OF

Stora Enso Timber Bad St. Leonhard GmbH

IN THE NAME AND BEHALF OF

(company)

ANEXO G. DISEÑO DADO POR EL SOFTWARE CLTengineer 1.0.

Este diseño que se presenta es el mismo que se decidió chequear en el apartado 7, con el fin de mostrar el cumplimiento aproximado de ambos diseños.

ELEMENTO TIPO PLACA, CUBIERTA

estudiante arley felipe sandoval merchan Proyecto Elemento casa tesis de grado placa cubierta Página 2 Fecha 14.04.2016

LC2:Carga permanente	
Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio [kN/m]
1	1,00
2	1,00

LC3:Sobrecarga de uso cat. H: cubiertas (sólo accesibles para mantenimiento)	
Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio [kN/m]
1	0,50
2	0,50

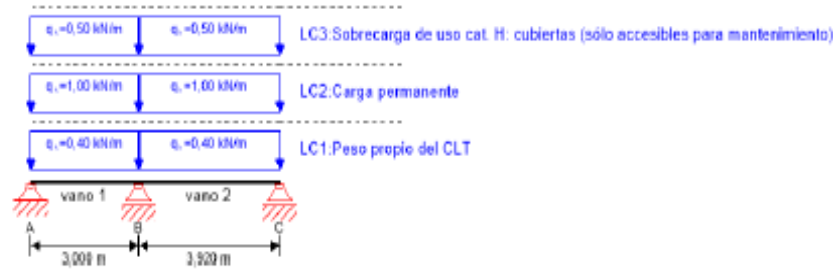
ULS Combinaciones	
	Regla de combinación
LC01	$1,35/0,80 * LC2 + 1,35/0,80 * LC1$
LC02	$1,35/0,80 * LC2 + 1,35/0,80 * LC1 + 1,50/0,00 * LC3$

ULS Combinaciones Fuego	
	Regla de combinación
LC01	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC1$
LC02	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC1 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC3$

SLS Característico Combinación	
	Regla de combinación
LC01	$1,00/0,00 * LC3$

SLS Casi permanente Combinación	
	Regla de combinación
LC02	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC1$
LC03	$1,00/1,00 * LC2 + 1,00/1,00 * LC1 + 1,00/0,00 * 0,00 * LC3$

Sistema



Índice de aprovechamiento total					57 %
ULS	25 %	ULS Fuego	22 %	SLS	57 %
				SLS Vibración	0 %
				Apoyos	5 %

Sección: CLT 80 L3s

Capa	Espesor	Orientación	Material
1	20,0 mm	0°	C24 Pino
2	40,0 mm	90°	C24 Pino
3	20,0 mm	0°	C24 Pino
t_{CLT}	80,0 mm		

Sección Fuego: CLT 80 L3s

Capa	Espesor	Orientación	Material
1	20,0 mm	0°	C24 Pino
2	40,0 mm	90°	C24 Pino
3	4,4 mm	0°	C24 Pino
t_{CLT}	64,4 mm		

Clase de resistencia al fuego: R 60		Tiempo		60 min				
Estratigrafía para protección al fuego : 2 x 15.0 mm Tablero de yeso laminado (cartón-yeso) Tipo F								
Gipskartonbauplatte (nach ÖNORM B 3410 und DIN 18180)								
Gipskartonfeuerschutzplatte (nach ÖNORM B 3410 und DIN 18180)								
$t_{ch,h}$	$t_{i,h}$	$t_{a,h}$	$d_{a,h}$	k_o	d_o	$d_{char,0,h}$	$d_{el,h}$	
[min]	[min]	[min]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	
46	51	88	16	1	7	15,6	0,0	

Valores del material										
Material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{v,red}$	$E_{0,mean}$	G_{mean}	$G_{t,mean}$
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
C24 Pino	24,00	14,00	0,35	21,00	2,40	4,00	1,70	12.500,00	890,00	50,00

carga

Combinaciones de cargas

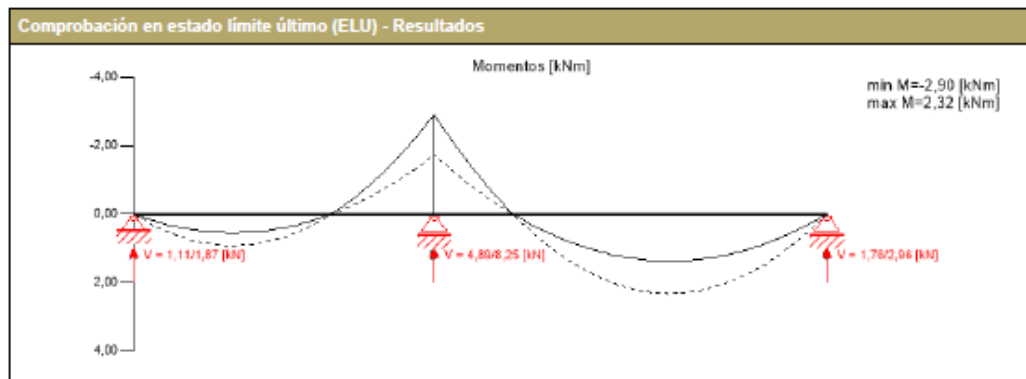
	Tipo de caso de carga	Typ	Duración	Kmod	γ_{int}	γ_{sup}	ψ_0	ψ_1	ψ_2
LC1	Peso propio del CLT	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1
LC2	Carga permanente	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1
LC3	Sobrecarga de uso cat. H: cubiertas (sólo accesibles para mantenimiento)	Q	Corta duración	0,9	0	1,5	0	0	0

LC1: Peso propio del CLT

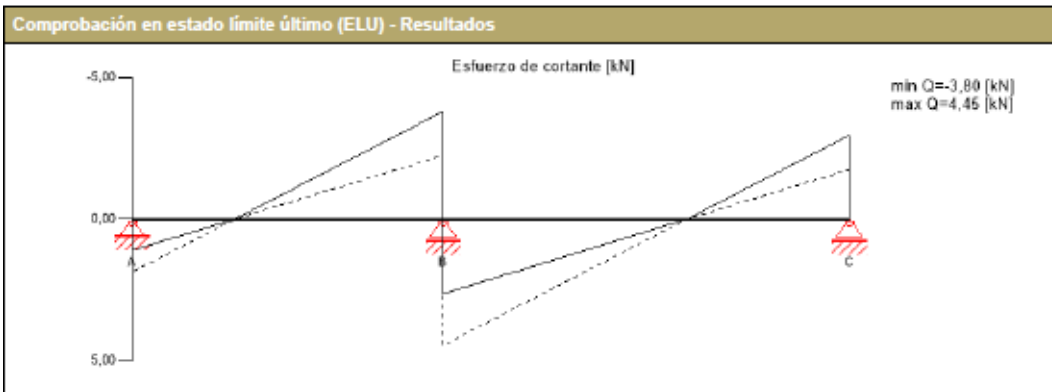
Carga uniformemente distribuida	
vano	Carga al principio
	[kN/m]
1	0,40
2	0,40



Stora Enso CLT Engineer Software 1.0 June 2015



Stora Enso CLT Engineer Software 1.0 June 2015



ULS Comprobación a flexión

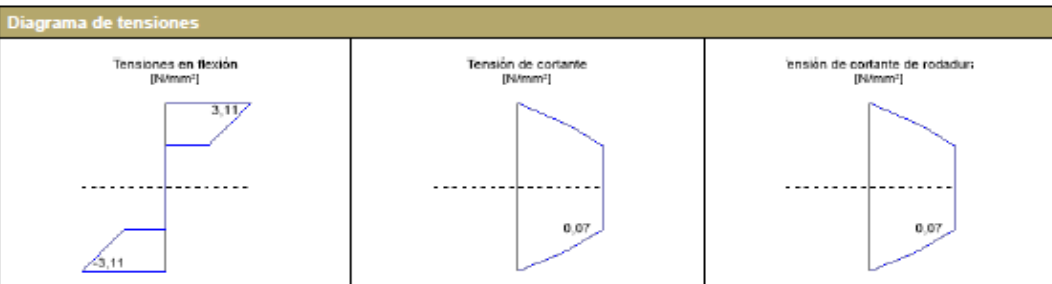
vano	dist. [m]	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	γ_m [-]	k_{mod} [-]	k_{key} [-]	$f_{m,d}$ [N/mm ²]	M_d [kNm]	$\sigma_{m,d}$ [N/mm ²]	Índice
1	3,0	24,00	1,25	0,60	1,10	12,67	-2,90	3,11	25 % LCO1
2	0,0	24,00	1,25	0,60	1,10	12,67	-2,90	3,11	25 % LCO1

ULS Análisis de cortantes

vano	dist. [m]	$f_{v,k}$ [N/mm ²]	γ_m [-]	k_{mod} [-]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]	V_d [kN]	$\tau_{v,d}$ [N/mm ²]	Índice
1	3,0	4,00	1,25	0,60	1,92	3,80	0,06	3 % LCO1
2	0,0	4,00	1,25	0,60	1,92	4,45	0,07	4 % LCO1

ULS Cortante de rodadura

vano	dist. [m]	$f_{r,k}$ [N/mm ²]	γ_m [-]	k_{mod} [-]	$f_{r,d}$ [N/mm ²]	V_d [kN]	$\tau_{r,d}$ [N/mm ²]	Índice
1	3,0	1,70	1,25	0,60	0,82	3,80	0,06	7 % LCO1
2	0,0	1,70	1,25	0,60	0,82	4,45	0,07	9 % LCO1



Análisis de tensiones en flexión

$M_d = -2,90$ kNm	$f_{m,k} = 24,00$ N/mm ²
	$\gamma_m = 1,25$
	$k_{mod} = 0,60$
	$k_{key} = 1,10$
$\sigma_{m,d} = 3,11$ N/mm ² <	$f_{m,d} = 12,67$ N/mm ² ✓
Índice de aprovechamiento	25 %

Análisis de la tensión del cortante

$V_d = 4,45$ kN	$f_{v,k} = 4,00$ N/mm ²
	$\gamma_m = 1,25$
	$k_{mod} = 0,60$
$\tau_{v,d} = 0,07$ N/mm ² <	$f_{v,d} = 1,92$ N/mm ² ✓
Índice de aprovechamiento	4 %



ULS Fuego Comprobación a flexión											
vano	dist.	$f_{m,k}$	γ_m	k_{mod}	K_{eff}	K_d	$f_{m,d}$	M_d	$\sigma_{m,d}$	Índice	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kNm]	[N/mm ²]		
1	3,0	24,00	1,00	1,00	1,10	1,15	30,36	-2,19	6,70	22 %	LCO1
2	0,0	24,00	1,00	1,00	1,10	1,15	30,36	-2,19	6,70	22 %	LCO1

ULS Fuego Análisis de cortantes										
vano	dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	K_b	$f_{v,d}$	V_d	$\tau_{v,d}$	Índice	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	3,0	4,00	1,00	1,00	1,15	4,60	2,83	0,06	1 %	LCO1
2	0,0	4,00	1,00	1,00	1,15	4,60	3,30	0,07	1 %	LCO1

ULS Fuego Cortante de rodadura										
vano	dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	K_b	$f_{v,d}$	V_d	$\tau_{v,d}$	Índice	
	[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
1	3,0	1,51	1,00	1,00	1,15	1,73	2,83	0,06	3 %	LCO1
2	0,0	1,51	1,00	1,00	1,15	1,73	3,30	0,07	4 %	LCO1



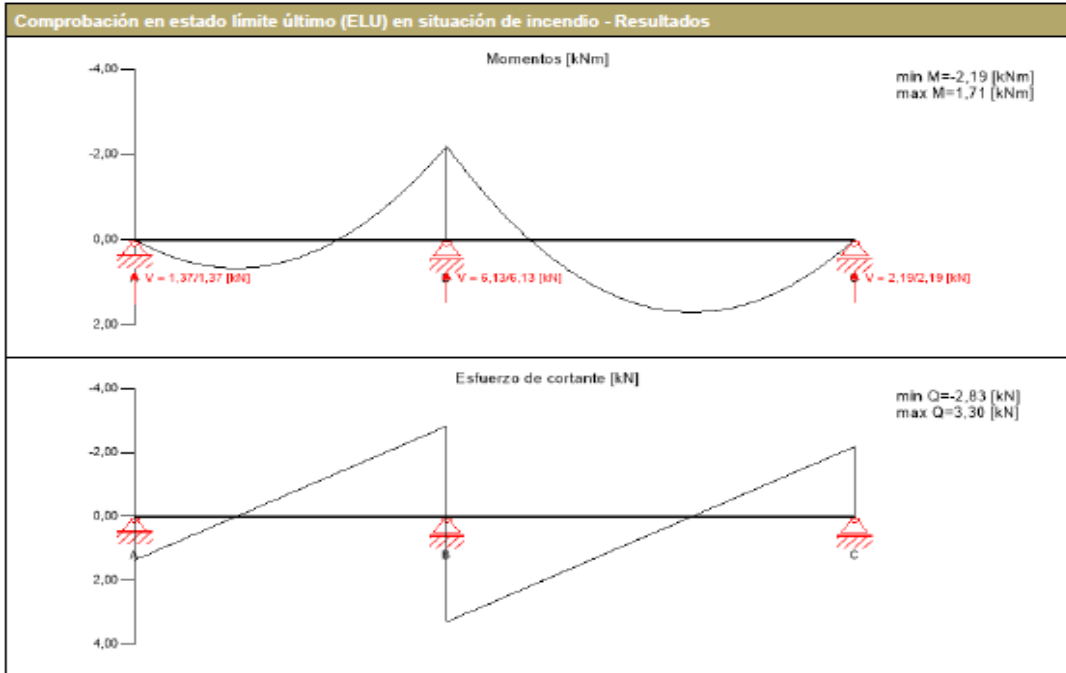
Stora Enso CLT Engineer Software 1.0 June 2015

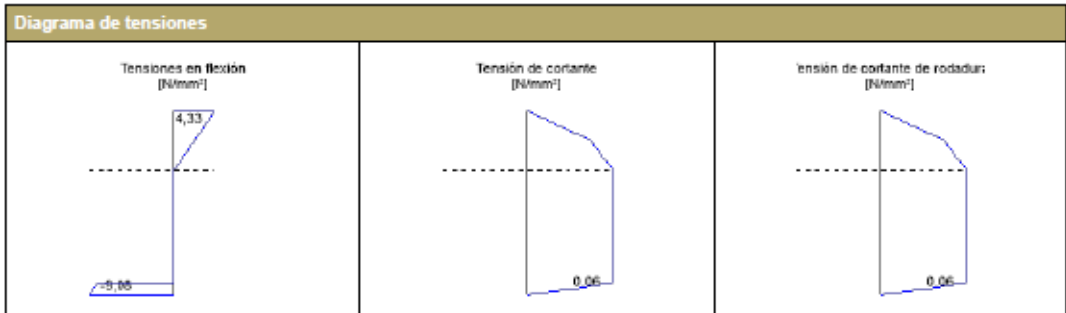
estudiante arley felipe sandoval merchan

Proyecto Elemento casa tesis de grado placa cubierta

Página 4 Fecha 14.04.2016

Análisis del cortante de rodadura		
$V_d = 4,45$ kN	$f_{v,k} = 1,70$ N/mm ²	
	$\gamma_m = 1,25$	
$\tau_{v,d} = 0,07$ N/mm ²	$k_{mod} = 0,60$	
	$f_{v,d} = 0,82$ N/mm ²	✓
Índice de aprovechamiento		9 %





Análisis de tensiones en flexión Fuego

$M_d = -2,19 \text{ kNm}$	$f_{t,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$
	$\gamma_m = 1,00$
	$k_{mod} = 1,00$
	$k_{sys} = 1,10$
	$k_d = 1,15$
$\sigma_{m,d} = 6,70 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{t,d} = 30,36 \text{ N/mm}^2 \checkmark$
Índice de aprovechamiento	22 %

Análisis de la tensión del cortante Fuego

$V_d = 3,30 \text{ kN}$	$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$
	$\gamma_m = 1,00$
	$k_{mod} = 1,00$
	$k_d = 1,15$
$\tau_{v,d} = 0,07 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{v,d} = 4,60 \text{ N/mm}^2 \checkmark$
Índice de aprovechamiento	1 %

Análisis del cortante de rodadura Fuego

$V_d = 3,30 \text{ kN}$	$f_{r,k} = 1,51 \text{ N/mm}^2$
	$\gamma_m = 1,00$
	$k_{mod} = 1,00$
	$k_d = 1,15$
$\tau_{r,d} = 0,07 \text{ N/mm}^2 <$	$f_{r,d} = 1,73 \text{ N/mm}^2 \checkmark$
Índice de aprovechamiento	4 %



Comprobación del apoyo													
Núm.	Tipo	Anchura	Área	k_{mod}	γ_m	$k_{c,90,k}$	$f_{c,k}$	$f_{c,d}$	V_{max}	V_{min}	$\sigma_{c,d}$		Índice
		[mm]	[cm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]		
A	CLT 80 C3s	20	500,00	0,90	1,25	1,50	2,40	2,59	2,87	0,00	0,06	LCO2	2 %
B	CLT 80 C3s	20	800,00	0,60	1,25	1,80	2,40	2,07	8,25	0,00	0,10	LCO1	5 %
C	CLT 80 C3s	20	500,00	0,60	1,25	1,50	2,40	1,73	2,96	0,00	0,06	LCO1	3 %

Reacción en el apoyo				
Tipo de caso de carga	k_{mod}	A_v	B_v	C_v
	[kN]			
Carga permanente	0,6	0,99	4,36	1,57
Sobrecarga de uso cat. H: cubiertas (sólo accesibles para mantenimiento)	0,9	0,67	2,18	0,84
Peso propio del CLT	0,6	0,40	1,75	0,63
Summe		2,05	8,29	3,04

Nota

cubierta liviana

Documentos de referencia para el cálculo	
Título en inglés	Descripción
EN 338	Madera estructural - Clases resistentes. EN 338
EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera - Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
ETA-14/0349	Documento de Idoneidad Técnica Europeo (European Technical Assessment) ETA-14/0349 de 02.10.2014

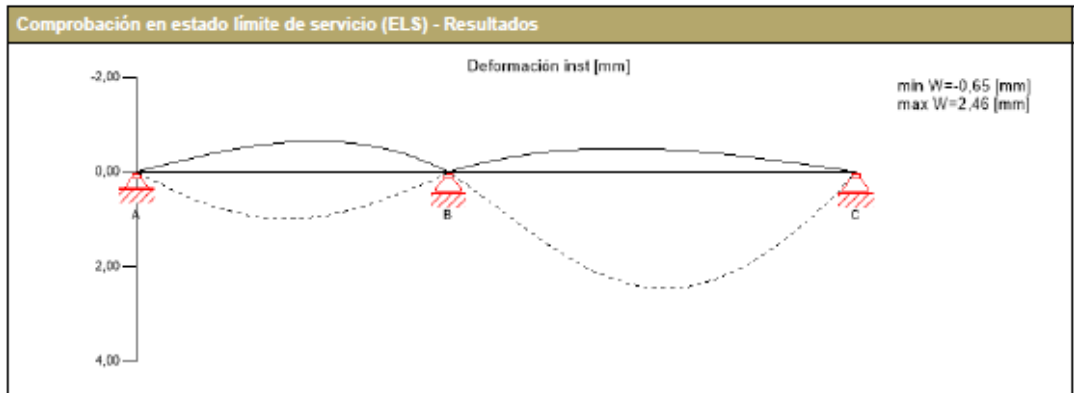


Stora Enso CLT Engineer Software 1.0 June 2015

estudiante arley felipe sandoval merchan

Proyecto casa tesis de grado
Elemento placa cubierta

Página 6
Fecha 14.04.2016



Flecha inicial [w_{init}]						
vano	dist.	Límite	w_{lim}	$w_{calc.}$	Índice	
	[m]	[-]	[mm]	[mm]		
1	1,5	1/300	10,0	1,0	10 %	LCO1
2	2,16	1/300	13,1	2,5	19 %	LCO1

Flecha activa [$w_{act} + w_{c,p} * k_{def}$]						
vano	dist.	Límite	w_{lim}	$w_{calc.}$	Índice	
	[m]	[-]	[mm]	[mm]		
1	1,2	1/150	20,0	1,6	8 %	LCO2
2	2,16	1/150	26,1	5,8	22 %	LCO2

Flecha final, neto [$w_{c,p} * (1 + k_{def})$]						
vano	dist.	Límite	w_{lim}	$w_{calc.}$	Índice	
	[m]	[-]	[mm]	[mm]		
1	1,2	1/250	12,0	1,7	14 %	LCO2
2	2,16	1/250	15,7	8,9	57 %	LCO2

ENTRE PLACA POR PARTE DE VIBRACION

estudiante arley felipe sandoval merchan

Proyecto casa tesis de grado
Elemento placa cubierta

Página 7
Fecha 14.04.2016

Documentos de referencia para el cálculo	
Título en inglés	Descripción
Expertise Rolling shear - no edge gluing, H.J. Blass EN 1995-1-2	Certificación en cortante de rodadura para CLT EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Technical expertise 122/2011/02: analysis of load bearing capacity and separation performance of CLT elements	Comprobación de la capacidad de las vigas y de los criterios de aislamiento en estructuras de CLT con CLT de Stora Enso.
Technical expertise 2434/2012 - BB: failure time tf of gypsum fire boards (GKF) according to ON B 3410 EN 1990	Certificación de resistencia de tableros de yeso para protección al incendio según ON B3410 y tableros de yeso para paredes tipo DF según EN 520 EN 1990 - Eurocódigo - Bases de cálculo de estructuras
CTE_DB_SE-M	CTE DB SE-M Madera
UNE EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
UNE-EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Fire safety in timber buildings - technical guideline for Europe	Seguridad contra incendios en edificios en madera - Guía técnica para Europa; publicada por SP Technical Research Institute of Sweden
National specifications concerning ONORM EN 1995-1-2, national comments and national supplements, chapter 12	ONORM EN 1995-1-2 - Austria - Especificaciones nacionales sobre ONORM EN 1995-1-2, comentarios y suplementos nacionales, capítulo 12
UNE EN 1995-1-2_NA	UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
UNE EN 1995-1-1_NA	UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Expertise Rolling shear, H.J. Blass	Investigación sobre fuerza de cortante de rodadura y módulo de cortante de rodadura en paneles de CLT
ONORM EN 1995-1-1_NA, chapter 7.3	Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten; Teil 1-1: Allgemeines — Allgemeine Regeln und Regeln für den Holzbau; Nationale Festlegungen zur Umsetzung der ONORM EN 1995-1-1, nationale Erläuterungen und nationale Ergänzungen, Kapitel 7.3

Exención de responsabilidad

Cualquier utilización de los resultados del programa está permitida únicamente si éstos han sido comprobados exhaustivamente y validados por un ingeniero o arquitecto especialista en estructuras y/o acondicionamiento ambiental de edificaciones. El usuario tiene la posibilidad de realizar impresiones desde el programa. No está permitida la modificación de ninguno de estos datos. A pesar de que el programa ha sido desarrollado con el debido cuidado, Stora Enso no puede y no da ninguna garantía o representación, ni se compromete, ya sea explícita o implícitamente, acerca de la exactitud, validez, vigencia o integridad de los datos y la información proporcionados por el programa y renuncia expresamente a cualquier garantía de comercialización o adaptabilidad para una finalidad determinada. Stora Enso en ningún caso se responsabilizará ante un tercero de daños directos, indirectos, especiales u otro tipo de daños derivados de la utilización del programa, incluidos, sin limitación, cualquier pérdida de ganancias, interrupción de negocios, pérdida de programas o cualquier otro dato en su sistema de manejo de la información, incluso a pesar de haber avisado expresamente de la posibilidad de esos daños. En ningún caso Stora Enso, sus afiliados o cualquier otra tercera parte serán responsables frente a usted de ningún daño, ya sean daños directos, especiales, indirectos, consecuentes, incidentales, o cualquier otro daño sea cual sea la causa, incluso en el caso de que Stora Enso o cualquier otra persona hayan advertido de la posibilidad de que ocurriesen dichos daños. Lo anterior no tendrá aplicación en caso de responsabilidad obligatoria.

Análisis de vibraciones				
General				
Masa total		6,21	[t]	
ancho tributario		3,5	[m]	
Rigidez Dirección longitudinal		825,0	[kNm ²]	
Rigidez Dirección transversal		684,7	[kNm ²]	
amortiguación modal		5,0	[%]	
α		0,1	[-]	
Peso de una persona		700,0	[N]	
masa modal		1928,7	[kg]	
Análisis				
Criterio	prev.	Clase II	Clase II	Cl. II
***Frequenzkriterium min	7,031 [Hz]	3,4 [Hz]	48 %	✓
Criterio de frecuencia	7,031 [Hz]	7,0 [Hz]	100 %	✓
Criterio de aceleración	0,087 [m/s ²]	0,1 [m/s ²]	87 %	✓
Criterio de rigidez	0,473 [mm]	0,5 [mm]	95 %	✓

ELEMENTO TIPO MURO

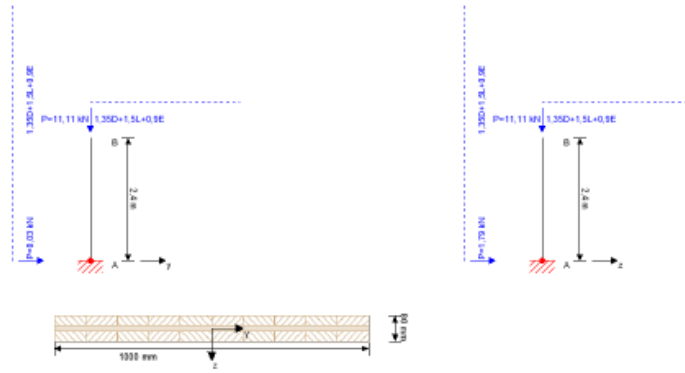
estudiante arley felipe sandoval merchan

Proyecto
Elemento

casa tesis de grado
muro eje A 1°

Página 1
Fecha 14.04.2016

Sistema



Índice de aprovechamiento total		45 %
ULS	45 %	ULS Fuego 37 %

Sección: CLT 80 C3s

	Capa	Espesor	Orientación	Material
	1	30,0 mm	90°	C24 Pino
	2	20,0 mm	0°	C24 Pino
	3	30,0 mm	90°	C24 Pino
	t_{CLT}	80,0 mm		

Sección Fuego: CLT 80 C3s

	Capa	Espesor	Orientación	Material																									
	1	30,0 mm	90°	C24 Pino																									
	2	20,0 mm	0°	C24 Pino																									
	3	14,8 mm	90°	C24 Pino																									
	t_{CLT}	64,8 mm																											
Clase de resistencia al fuego: R 60		Tiempo 60 min																											
Estratigrafía para protección al fuego : 18,0 mm Tablero de yeso laminado (cartón-yeso) Tipo A + 50 mm aislamiento de lana mineral Gipskartonbauplatte (nach ÖNORM B 3410 und DIN 18180) Gipskartonfeuerschutzplatte (nach ÖNORM B 3410 und DIN 18180) Die Steinwolle-Dämmung der Installationsebene muss eine Mindestdichte von 26 kg/m ³ und einen Schmelzpunkt >1000 °C aufweisen.					<table border="1"> <thead> <tr> <th>$t_{e,h}$</th> <th>$t_{i,h}$</th> <th>$t_{e,h}$</th> <th>$d_{b,h}$</th> <th>k_0</th> <th>d_0</th> <th>$d_{char,0,h}$</th> <th>$d_{ef,h}$</th> </tr> <tr> <th>[min]</th> <th>[min]</th> <th>[min]</th> <th>[mm]</th> <th>[-]</th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> <th>[mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>48</td> <td>48</td> <td>68</td> <td>15</td> <td>1</td> <td>7</td> <td>15,2</td> <td>0,0</td> </tr> </tbody> </table>	$t_{e,h}$	$t_{i,h}$	$t_{e,h}$	$d_{b,h}$	k_0	d_0	$d_{char,0,h}$	$d_{ef,h}$	[min]	[min]	[min]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	48	48	68	15	1	7	15,2	0,0
$t_{e,h}$	$t_{i,h}$	$t_{e,h}$	$d_{b,h}$	k_0	d_0	$d_{char,0,h}$	$d_{ef,h}$																						
[min]	[min]	[min]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]																						
48	48	68	15	1	7	15,2	0,0																						

Valores del material

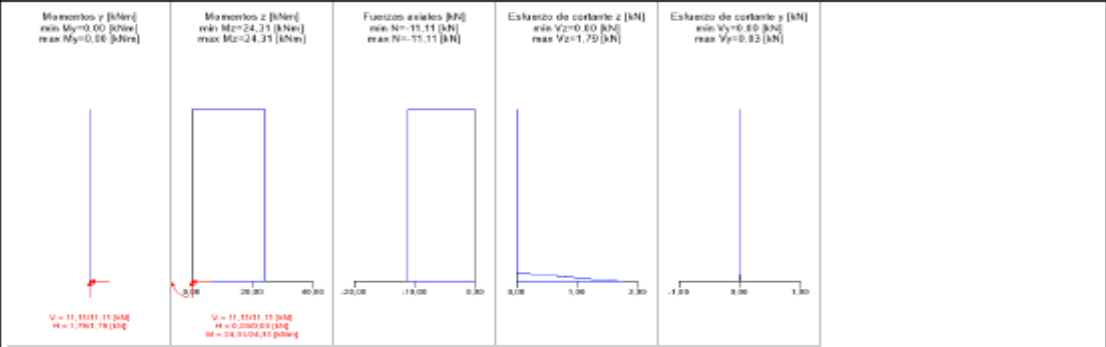
Material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{v,k, min}$	$E_{0,mean}$	$G_{0,mean}$	$G_{T,mean}$
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
C24 Pino	24,00	14,00	0,35	21,00	2,40	4,00	1,70	12.500,00	690,00	50,00

carga



Stora Enso CLT Engineer Software 1.0 June 2015

Comprobación en estado límite último (ELU) - Resultados



ULS Comprobación a flexión

dist.	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{t,d}$	$f_{c,d}$
[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
0,0	1,25	0,60	1,10	24,00	12,67	6,72	10,08
$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	Índice	
[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
0,00	-11,11	0,00	0,00	0,19	0,00	21 %	LCO1

ULS Análisis de cortantes

dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	$f_{v,d}$	V_d	$\tau_{v,d}$	Índice	
[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
0,0	4,00	1,25	0,60	1,92	1,79	0,03	2 %	LCO1



Stora Enso CLT Engineer Software 1.0 June 2015

estudiante arley felipe sandoval merchan

Proyecto casa tesis de grado
Elemento muro eje A 1°

Página 2
Fecha 14.04.2016

Combinaciones de cargas

	Tipo de caso de carga	Typ	Duración	k_{mod}	γ_{inf}	γ_{sup}	ψ_0	ψ_1	ψ_2
LC1	1,35D+1,5L+0,9E	G	Permanente	0,6	1	1	1	1	1

LC1:1,35D+1,5L+0,9E

Carga puntual	
x	P_k
[m]	[kN]
0,000	0,03
0,000	1,79

Carga vertical		
P_k	Eje Y	Eje Z
[kN]	[m]	[m]
11,11	2,19	0,00

ULS Combinaciones

	Regla de combinación
LCO1	1,00/1,00 * LC1

ULS Combinaciones Fuego

	Regla de combinación
LCO1	1,00/1,00 * LC1

ULS Comprobación del pandeo										
dist.	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	$k_{sys,z}$	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{m,z,d}$	f_{td}	f_{cd}	
[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	
0,0	1,25	0,60	1,10	1,00	24,00	12,67	11,52	0,00	10,08	
$l_{y,y}$	$l_{y,z}$	λ_y	λ_z	$\lambda_{w,y}$	$\lambda_{w,z}$	β_c	k_y	k_z	$k_{c,y}$	$k_{c,z}$
[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
4,800	4,800	181	17	2,73	0,25	0,1	4,35	0,53	0,13	1,00
$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{m,z,d}$	$\sigma_{c,d}$	σ_{td}	Índice			
[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]				
0,00	-11,11	0,00	0,00	2,43	0,19	0,00	35 %		LCO1	

ULS Comprobación del vuelco lateral										
dist.	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	f_{td}	f_{cd}			
[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			
0,0	1,25	0,60	1,10	24,00	12,67	0,00	10,08			
l_{ef}	l_k	λ_y	$\lambda_{w,y}$	$\lambda_{w,m}$	β_c	k_y	$k_{c,y}$	$\sigma_{m,ort}$	k_{ort}	
[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[-]	
4,800	4,800	181	2,73	1,46	0,1	4,35	0,13	11,23	0,47	
$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{c,d}$	σ_{td}	Índice				
[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]					
0,00	-11,11	0,00	0,00	0,19	0,00	45 %		LCO1		



Stora Enso CLT Engineer Software 1.0 June 2015

estudiante arley felipe sandoval merchan

Proyecto casa tesis de grado
Elemento muro eje A 1°

Página 3
Fecha 14.04.2016

ULS Cortante de rodadura							
dist.	$f_{r,k}$	γ_m	k_{mod}	$f_{r,d}$	V_d	$\tau_{r,d}$	Índice
[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	
0,0	1,70	1,25	0,60	0,82	1,79	0,03	4 % LCO1

ULS Comprobación a cortante en el plano del CLT - sección bruta							
dist.	$f_{v,JP,Gross,k}$	γ_m	k_{mod}	$f_{v,JP,Gross,d}$	V_d	$T_{v,JP,Gross,d}$	Índice
[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kNm]	[N/mm ²]	
2,4	3,50	1,25	0,60	1,68	0,00	0,00	0 % LCO1

ULS Comprobación a cortante en el plano del CLT - sección neta							
dist.	$f_{v,JP,Net,k}$	γ_m	k_{mod}	$f_{v,JP,Net,d}$	$V_{Net,d}$	$T_{v,JP,Net,d}$	Índice
[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kNm]	[N/mm ²]	
2,4	8,00	1,25	0,60	3,84	0,00	0,00	0 % LCO1

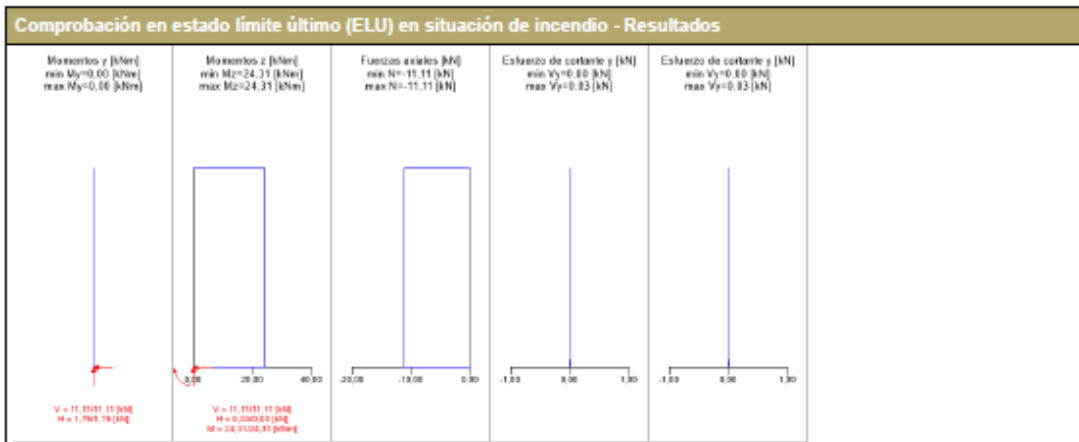
ULS Comprobación a cortante en el plano del CLT - sección bruta kombiniert						
dist.	γ_m	k_{mod}	V_d	$\tau_{v,d}$	Índice	
[m]	[-]	[-]	[kN]	[N/mm ²]		
2,4	1,25	0,60	0,00	0,00	0 %	LCO1

ULS Comprobación a cortante en el plano del CLT - sección neta kombiniert						
dist.	γ_m	k_{mod}	V_d	$\tau_{v,d}$	Índice	
[m]	[-]	[-]	[kN]	[N/mm ²]		
2,4	1,25	0,60	0,00	0,00	0 %	LCO1

ULS Comprobación a cortante por torsión en el plano del CLT - en las caras de las superficies encoladas										
$f_{v,T,Node,k}$	γ_m	k_{mod}	$f_{v,T,Node,d}$	$V_{s,d}$	δM_t	n	a	I_p	Índice	
[N/mm ²]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kNm]	[kNm]	[-]	[m]	[mm ⁴]		
2,50	1,25	0,60	1,20	0,03	0,00	20	0,100	16886670,00	0 %	LCO1

Comprobación a pandeo					
$M_{y,d} =$	0,00 kNm		$f_{mk} =$	24,00 N/mm ²	
$N_{e,d} =$	-11,11 kN		$\gamma_m =$	1,25 -	
			$k_{mod} =$	0,60 -	
			$k_{eff,y} =$	1,10 -	
$\sigma_{c,d} =$	0,19 N/mm ²		$f_{c,d} =$	10,08 N/mm ²	
$\sigma_{m,y,d} =$	0,00 N/mm ²		$f_{m,y,d} =$	12,67 N/mm ²	
$\sigma_{m,z,d} =$	2,43 N/mm ²	<	$f_{m,z,d} =$	11,52 N/mm ²	✓
Índice de aprovechamiento					35 %

Comprobación a pandeo lateral					
$M_{y,d} =$	0,00 kNm		$f_{mk} =$	24,00 N/mm ²	
$N_{e,d} =$	-11,11 kN		$\gamma_m =$	1,25 -	
			$k_{mod} =$	0,60 -	
			$k_{eff,y} =$	1,10 -	
$\sigma_{c,d} =$	0,19 N/mm ²		$f_{c,d} =$	10,08 N/mm ²	
$\sigma_{m,y,d} =$	0,00 N/mm ²	<	$f_{m,y,d} =$	12,67 N/mm ²	✓
Índice de aprovechamiento					45 %



Análisis de tensiones en flexión			
$M_{y,d}$ =	0,00 kNm	$f_{m,k}$ =	24,00 N/mm ²
$N_{o,d}$ =	-11,11 kN	γ_m =	1,25 -
		k_{mod} =	0,80 -
$\sigma_{o,d}$ =	0,19 N/mm ²	$k_{reg,y}$ =	1,10 -
$\sigma_{m,y,d}$ =	0,00 N/mm ²	$f_{o,d}$ =	10,08 N/mm ²
	<	$f_{m,y,d}$ =	12,67 N/mm ²
Índice de aprovechamiento			21 %

Análisis de la tensión del cortante			
V_d =	1,79 kN	$f_{v,k}$ =	4,00 N/mm ²
		γ_m =	1,25 -
		k_{mod} =	0,80 -
$\tau_{v,d}$ =	0,03 N/mm ²	$f_{v,d}$ =	1,92 N/mm ²
	<		
Índice de aprovechamiento			2 %

Análisis del cortante de rodadura			
V_d =	1,79 kN	$f_{r,k}$ =	1,70 N/mm ²
		γ_m =	1,25 -
		k_{mod} =	0,80 -
$\tau_{r,d}$ =	0,03 N/mm ²	$f_{r,d}$ =	0,82 N/mm ²
	<		
Índice de aprovechamiento			4 %

Comprobación a cortante de la sección bruta			
V_d =	0,00 kNm	$f_{v,IP,Gross,k}$ =	3,50 N/mm ²
		γ_m =	1,25 -
		k_{mod} =	0,80 -
$\tau_{v,IP,Gross,d}$ =	0,00 N/mm ²	$f_{v,IP,Gross,d}$ =	1,68 N/mm ²
	<		
Índice de aprovechamiento			0 %

Comprobación a cortante de la sección neta			
$V_{Net,d}$ =	0,00 kNm	$f_{v,IP,Net,k}$ =	8,00 N/mm ²
		γ_m =	1,25 -
		k_{mod} =	0,80 -
$\tau_{v,IP,Net,d}$ =	0,00 N/mm ²	$f_{v,IP,Net,d}$ =	3,84 N/mm ²
	<		
Índice de aprovechamiento			0 %

Comprobación a cortante de la sección bruta combinado			
V_d =	0,00 kN	$f_{v,k}$ =	4,00 N/mm ²
$V_{Gross,d}$ =	0,00 kNm	$f_{v,IP,Gross,k}$ =	3,50 N/mm ²
		γ_m =	1,25 -
		k_{mod} =	0,80 -
$\tau_{v,d}$ =	0,00 N/mm ²	$f_{v,d}$ =	1,92 N/mm ²
$\tau_{v,IP,Gross,d}$ =	0,00 N/mm ²	$f_{v,IP,Gross,d}$ =	1,68 N/mm ²
	<		
Índice de aprovechamiento			0 %

Comprobación a cortante de la sección neta combinado			
V_d =	0,00 kN	$f_{v,k}$ =	4,00 N/mm ²
$V_{Net,d}$ =	0,00 kNm	$f_{v,IP,Net,k}$ =	8,00 N/mm ²
		γ_m =	1,25 -
		k_{mod} =	0,80 -
$\tau_{v,d}$ =	0,00 N/mm ²	$f_{v,d}$ =	1,92 N/mm ²
$\tau_{v,IP,Net,d}$ =	0,00 N/mm ²	$f_{v,IP,Net,d}$ =	3,84 N/mm ²
	<		
Índice de aprovechamiento			0 %

Comprobación a cortante por torsión en el plano del CLT - en las caras de las superficies encoladas			
$V_{o,d}$ =	0,03 kNm	$f_{v,T,Node,k}$ =	2,50 N/mm ²
		γ_m =	1,25 -
		k_{mod} =	0,80 -
$\tau_{T,Node,d}$ =	0,00 N/mm ²	$f_{v,T,Node,d}$ =	1,20 N/mm ²
	<		
Índice de aprovechamiento			0 %



ULS Fuego Comprobación a flexión								
dist.	γ_m	k_{mod}	$k_{ap,y}$	k_t	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{t,d}$	$f_{c,d}$
[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
2,4	1,00	1,00	1,10	1,15	24,00	30,36	16,10	24,15
$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	Índice		
[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			
0,00	-11,11	0,00	0,00	0,25	0,00	12 % LCO1		

ULS Fuego Análisis de cortantes										
dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{ap,y}$	k_t	$f_{v,d}$	V_d	$T_{v,d}$	Índice	
[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
0,0	4,00	1,00	1,00	1,10	1,15	4,60	1,79	0,04	1 %	LCO1

ULS Fuego Cortante de rodadura										
dist.	$f_{v,k}$	γ_m	k_{mod}	$k_{ap,y}$	k_t	$f_{v,d}$	V_d	$T_{v,d}$	Índice	
[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]		
0,0	1,70	1,00	1,00	1,10	1,15	1,96	1,79	0,04	2 %	LCO1

ULS Fuego Comprobación a cortante en el plano del CLT - sección bruta								
dist.	$f_{v,JP,Gross,k}$	γ_m	k_{mod}	k_t	$f_{v,JP,Gross,d}$	V_d	$T_{v,JP,Gross,d}$	Índice
[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kNm]	[N/mm ²]	
2,4	3,50	1,00	1,00	1,15	4,03	0,00	0,00	0 % LCO1



Stora Enso CLT Engineer Software 1.0 June 2015

ULS Fuego Comprobación del vuelco lateral									
dist.	γ_m	k_{mod}	$k_{ap,y}$	k_t	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{t,d}$	$f_{c,d}$	
[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	
2,4	1,00	1,00	1,10	1,15	24,00	30,36	0,00	24,15	
l _{er}	l _k	λ_y	$\lambda_{w,y}$	$\lambda_{w,m}$	β_c	k_y	$k_{c,y}$	$\sigma_{l,er}$	k_{er}
[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[-]
4,800	4,800	225	3,39	1,77	0,1	6,41	0,08	7,66	0,32
$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	Índice			
[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]				
0,00	-11,11	0,00	0,00	0,25	0,00	37 % LCO1			

Análisis de tensiones en flexión Fuego			
$M_{y,d} =$	0,00 kNm	$f_{m,k} =$	24,00 N/mm ²
$N_{c,d} =$	-11,11 kN	$\gamma_m =$	1,00 -
		$k_{mod} =$	1,00 -
		$k_{ap,y} =$	1,10 -
		$k_t =$	1,15 -
$\sigma_{c,d} =$	0,25 N/mm ²	$f_{c,d} =$	24,15 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	30,36 N/mm ²
Índice de aprovechamiento		12 %	

Análisis de la tensión del cortante Fuego			
$V_d =$	1,79 kN	$f_{v,k} =$	4,00 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1,00 -
		$k_{mod} =$	1,00 -
		$k_t =$	1,15 -
$T_{v,d} =$	0,04 N/mm ²	$f_{v,d} =$	4,60 N/mm ²
Índice de aprovechamiento		1 %	



Stora Enso CLT Engineer Software 1.0 June 2015

ULS Fuego Comprobación a cortante en el plano del CLT - sección neta									
dist.	$f_{v,IP,Net,k}$	γ_m	k_{mod}	k_B	$f_{v,IP,Net,d}$	$V_{Net,d}$	$T_{v,IP,Net,d}$	Índice	
[m]	[N/mm ²]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kNm]	[N/mm ²]		
2,4	8,00	1,00	1,00	1,15	9,20	0,00	0,00	0 %	LCO1

ULS Fuego Comprobación a cortante en el plano del CLT - sección bruta kombiniert							
dist.	γ_m	k_{mod}	k_B	V_d	$T_{v,d}$	Índice	
[m]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[N/mm ²]		
2,4	1,00	1,00	1,15	0,00	0,00	0 %	LCO1

ULS Fuego Comprobación a cortante en el plano del CLT - sección neta kombiniert							
dist.	γ_m	k_{mod}	k_B	V_d	$T_{v,d}$	Índice	
[m]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[N/mm ²]		
2,4	1,00	1,00	1,15	0,00	0,00	0 %	LCO1

ULS Fuego Comprobación a cortante por torsión en el plano del CLT - en las caras de las superficies encoladas										
$f_{v,T,Node,k}$	γ_m	k_{mod}	$f_{v,T,Node,d}$	$V_{d,d}$	δM_t	n	a	I_p	Índice	
[N/mm ²]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[kNm]	[kNm]	[-]	[m]	[mm ⁴]		
2,50	1,00	1,00	2,88	0,03	0,00	20	0,100	16666670,00	0 %	LCO1

ULS Comprobación del pandeo										
dist.	γ_m	k_{mod}	$k_{sys,y}$	$k_{sys,z}$	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{m,z,d}$	$f_{t,d}$	$f_{c,d}$	
[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	
2,4	1,00	1,00	1,10	1,00	24,00	30,36	27,60	0,00	24,15	
$l_{k,y}$	$l_{k,z}$	λ_y	λ_z	$\lambda_{rel,y}$	$\lambda_{rel,z}$	β_c	k_y	k_z	$k_{c,y}$	
[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	
4,800	4,800	225	17	3,39	0,25	0,1	6,41	0,53	0,08	
$k_{c,z}$	$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{m,z,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	Índice		
[-]	[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			
1,00	0,00	-11,11	0,00	0,00	3,26	0,25	0,00	24 %	LCO1	

Comprobación a cortante de la sección neta combinado Fuego									
$V_d =$	0,00 kN	$f_{v,k} =$	4,00 N/mm ²						
$V_{Net,d} =$	0,00 kNm	$f_{v,IP,Net,k} =$	8,00 N/mm ²						
		$\gamma_m =$	1,00 -						
		$k_{mod} =$	1,00 -						
		$k_B =$	1,15 -						
$T_{v,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{v,d} =$	4,60 N/mm ²						
$T_{IP,Net,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{v,IP,Net,d} =$	9,20 N/mm ²	<					✓
Índice de aprovechamiento	0 %								

Comprobación a cortante por torsión en el plano del CLT - en las caras de las superficies encoladas Fuego									
$V_{d,d} =$	0,03 kNm	$f_{v,T,Node,k} =$	2,50 N/mm ²						
		$\gamma_m =$	1,00 -						
		$k_{mod} =$	1,00 -						
		$k_B =$	1,15 -						
$T_{T,Node,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{v,T,Node,d} =$	2,88 N/mm ²	<					✓
Índice de aprovechamiento	0 %								

Comprobación a pandeo Fuego									
$M_{y,d} =$	0,00 kNm	$f_{m,k} =$	24,00 N/mm ²						
$N_{c,d} =$	-11,11 kN	$\gamma_m =$	1,00 -						
		$k_{mod} =$	1,00 -						
		$k_{sys,y} =$	1,10 -						
		$k_B =$	1,15 -						
$\sigma_{c,d} =$	0,25 N/mm ²	$f_{c,d} =$	24,15 N/mm ²						
$\sigma_{m,y,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	30,36 N/mm ²						
$\sigma_{m,z,d} =$	3,26 N/mm ²	$f_{m,z,d} =$	27,60 N/mm ²	<					✓
Índice de aprovechamiento	24 %								



Análisis del cortante de rodadura Fuego			
$V_d =$	1,79 kN	$f_{t,k} =$	1,70 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1,00 -
		$k_{mod} =$	1,00 -
		$k_{\alpha} =$	1,15 -
$\tau_{r,d} =$	0,04 N/mm ²	$f_{r,d} =$	1,96 N/mm ²
Índice de aprovechamiento			2 %

Comprobación a cortante de la sección bruta Fuego			
$V_d =$	0,00 kNm	$f_{v,IP,Gross,k} =$	3,50 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1,00 -
		$k_{mod} =$	1,00 -
		$k_{\alpha} =$	1,15 -
$\tau_{v,IP,Gross,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{v,IP,Gross,d} =$	4,03 N/mm ²
Índice de aprovechamiento			0 %

Comprobación a cortante de la sección neta Fuego			
$V_{Net,d} =$	0,00 kNm	$f_{v,IP,Net,k} =$	8,00 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1,00 -
		$k_{mod} =$	1,00 -
		$k_{\alpha} =$	1,15 -
$\tau_{v,IP,Net,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{v,IP,Net,d} =$	9,20 N/mm ²
Índice de aprovechamiento			0 %

Comprobación a cortante de la sección bruta combinado Fuego			
$V_d =$	0,00 kN	$f_{t,k} =$	4,00 N/mm ²
$V_{Gross,d} =$	0,00 kNm	$f_{v,IP,Gross,k} =$	3,50 N/mm ²
		$\gamma_m =$	1,00 -
		$k_{mod} =$	1,00 -
		$k_{\alpha} =$	1,15 -
$\tau_{v,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{v,d} =$	4,60 N/mm ²
$\tau_{v,IP,Gross,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{v,IP,Gross,d} =$	4,03 N/mm ²
Índice de aprovechamiento			0 %

Comprobación a pandeo lateral Fuego			
$M_{y,d} =$	0,00 kNm	$f_{m,k} =$	24,00 N/mm ²
$N_{c,d} =$	-11,11 kN	$\gamma_m =$	1,00 -
		$k_{mod} =$	1,00 -
		$k_{eff,y} =$	1,10 -
		$k_{\alpha} =$	1,15 -
$\sigma_{c,d} =$	0,25 N/mm ²	$f_{c,d} =$	24,15 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} =$	0,00 N/mm ²	$f_{m,y,d} =$	30,36 N/mm ²
Índice de aprovechamiento			37 %

Reacción en el apoyo						
Tipo de caso de carga	k_{mod}	B_x	B_y	B_z	B_{my}	B_{mz}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1,35D+1,5L+0,9E	0,8	-11,11	0,03	1,79	0,00	24,31
Summe		-11,11	0,03	1,79	0,00	24,31

Nota

Documentos de referencia para el cálculo	
Título en inglés	Descripción
EN 338	Madera estructural - Clases resistentes. EN 338
EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera - Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
ETA-14/0349	Documento de Idoneidad Técnica Europeo (European Technical Assessment) ETA-14/0349 de 02.10.2014
Expertise Rolling shear - no edge gluing, H.J. Blass	Certificación en cortante de rodadura para CLT
EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Technical expertise 122/2011/02: analysis of load bearing capacity and separation performance of CLT elements	Comprobación de la capacidad de las vigas y de los criterios de aislamiento en estructuras de CLT con CLT de Stora Enso.
Technical expertise 2434/2012 - BB: failure time t_f of gypsum fire boards (GKF) according to ON B 3410	Certificación de resistencia de tableros de yeso para protección al incendio según ON B3410 y tableros de yeso para paredes tipo DF según EN 520
CTE_DB_SE-M	CTE DB SE-M Madera
UNE EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
UNE-EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Fire safety in timber buildings - technical guideline for Europe	Seguridad contra incendios en edificios en madera - Guía técnica para Europa; publicada por SP Technical Research Institute of Sweden
National specifications concerning ONORM EN 1995-1-2, national comments and national supplements, chapter 12	ONORM EN 1995-1-2 - Austria - Especificaciones nacionales sobre ONORM EN 1995-1-2, comentarios y suplementos nacionales, capítulo 12
UNE EN 1995-1-2_NA	UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
UNE EN 1995-1-1_NA	UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Expertise Rolling shear, H.J. Blass	Investigación sobre fuerza de cortante de rodadura y módulo de cortante de rodadura en paneles de CLT
Expertise shear in plane of CLT, H.J. Blass	Investigación - revisión de DIBt technical approval Z-9.1/599 - cortante en el plano del CLT

Exención de responsabilidad

Cualquier utilización de los resultados del programa está permitida únicamente si éstos han sido comprobados exhaustivamente y validados por un Ingeniero o arquitecto especialista en estructuras y/o acondicionamiento ambiental de edificaciones. El usuario tiene la posibilidad de realizar impresiones desde el programa. No está permitida la modificación de ninguno de estos datos. A pesar de que el programa ha sido desarrollado con el debido cuidado, Stora Enso no puede y no da ninguna garantía o representación, ni se compromete, ya sea explícita o implícitamente, acerca de la exactitud, validez, vigencia o integridad de los datos y la información proporcionados por el programa y renuncia expresamente a cualquier garantía de comercialización o adaptabilidad para una finalidad determinada. Stora Enso en ningún caso se responsabilizará ante un tercero de daños directos, indirectos, especiales u otro tipo de daños derivados de la utilización del programa, incluidos, sin limitación, cualquier pérdida de ganancias, interrupción de negocios, pérdida de programas o cualquier otro dato en su sistema de manejo de la información, incluso a pesar de haber avisado expresamente de la posibilidad de esos daños. En ningún caso Stora Enso, sus afiliados o cualquier otra tercera parte serán responsables frente a usted de ningún daño, ya sean daños directos, especiales, indirectos, consecuentes, incidentales, o cualquier otro daño sea cual sea la causa, incluso en el caso de que Stora Enso o cualquier otra persona hayan advertido de la posibilidad de que ocurriesen dichos daños. Lo anterior no tendrá aplicación en caso de responsabilidad obligatoria.



Stora Enso CLT Engineer Software 1.0 June 2015

ANEXO H. CONTROL DE DERIVAS

CLT

Calculadas por el software ETTAPS, siguiendo los requisitos del apartado 5.

DEFORMACIONES					
Story	Label	Load Case/Combo	UX	UY	UZ
			mm	mm	mm
Story1	1	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	0,137	0,089	0,053
Story2	2	1,35D+1,5L+0,9E SISMO X	0,443	-0,077	-0,021

MAXIMA ADMISIBL PARALELA AL PLANO

$$\frac{L}{500} = \frac{DISTANCIA DEL MURO}{500} = \frac{8940}{500} = 17,88[mm]$$

$$0,089[mm] < 17,88[mm] \quad \text{cumple}$$

MAXIMA ADMISIBL PERPENDICULAR AL PLANO

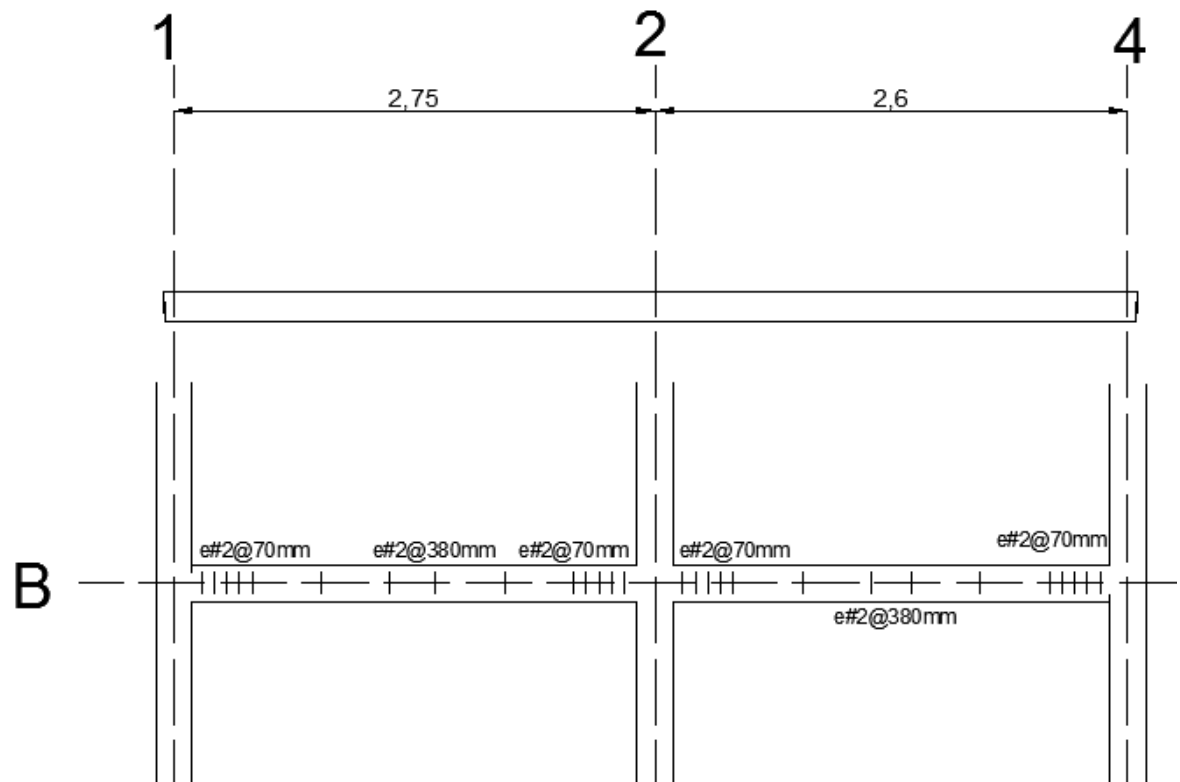
$$0,01h = 0,01 * 2400 = 24[mm]$$

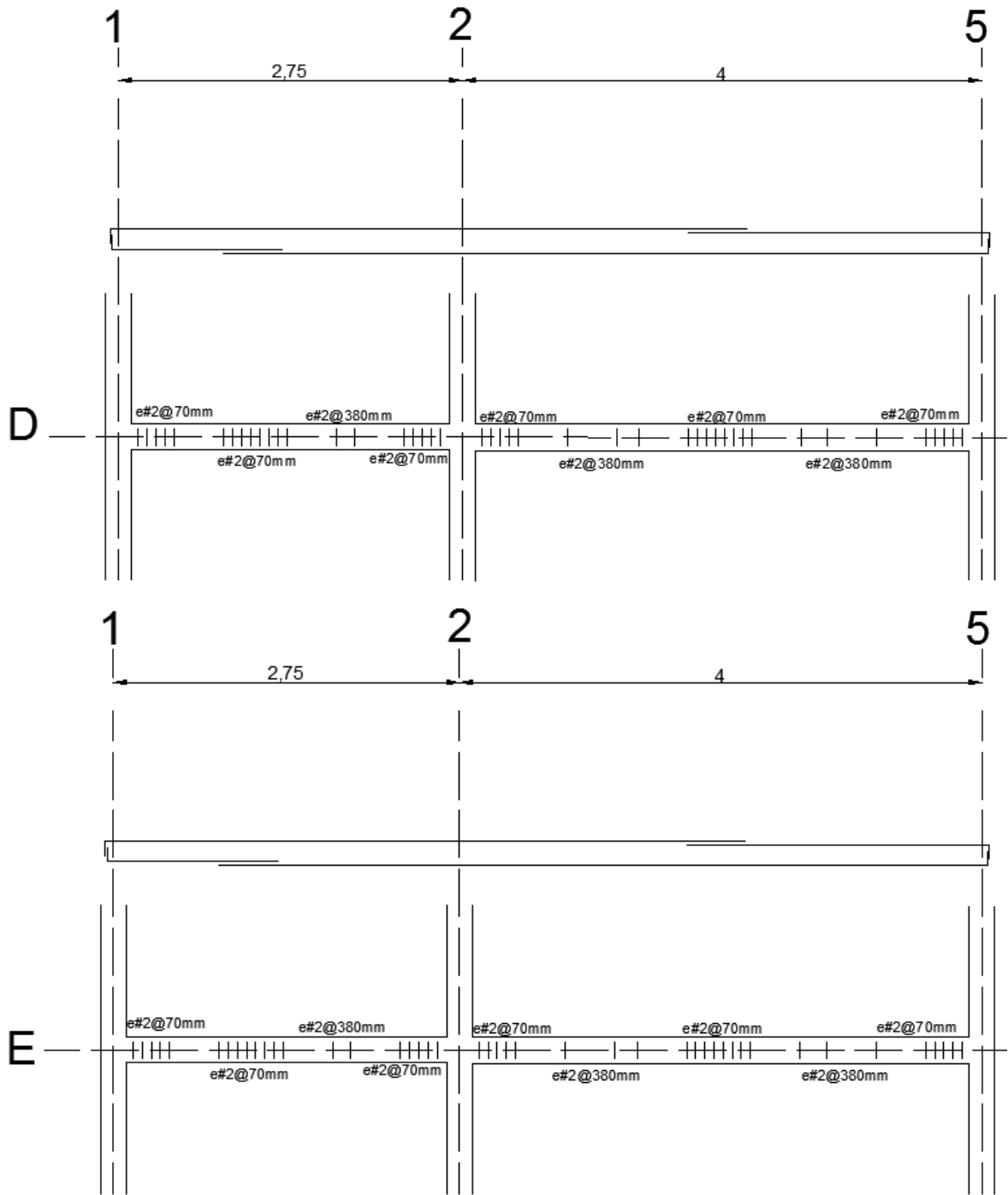
$$0,443[mm] < 24[mm] \quad \text{cumple}$$

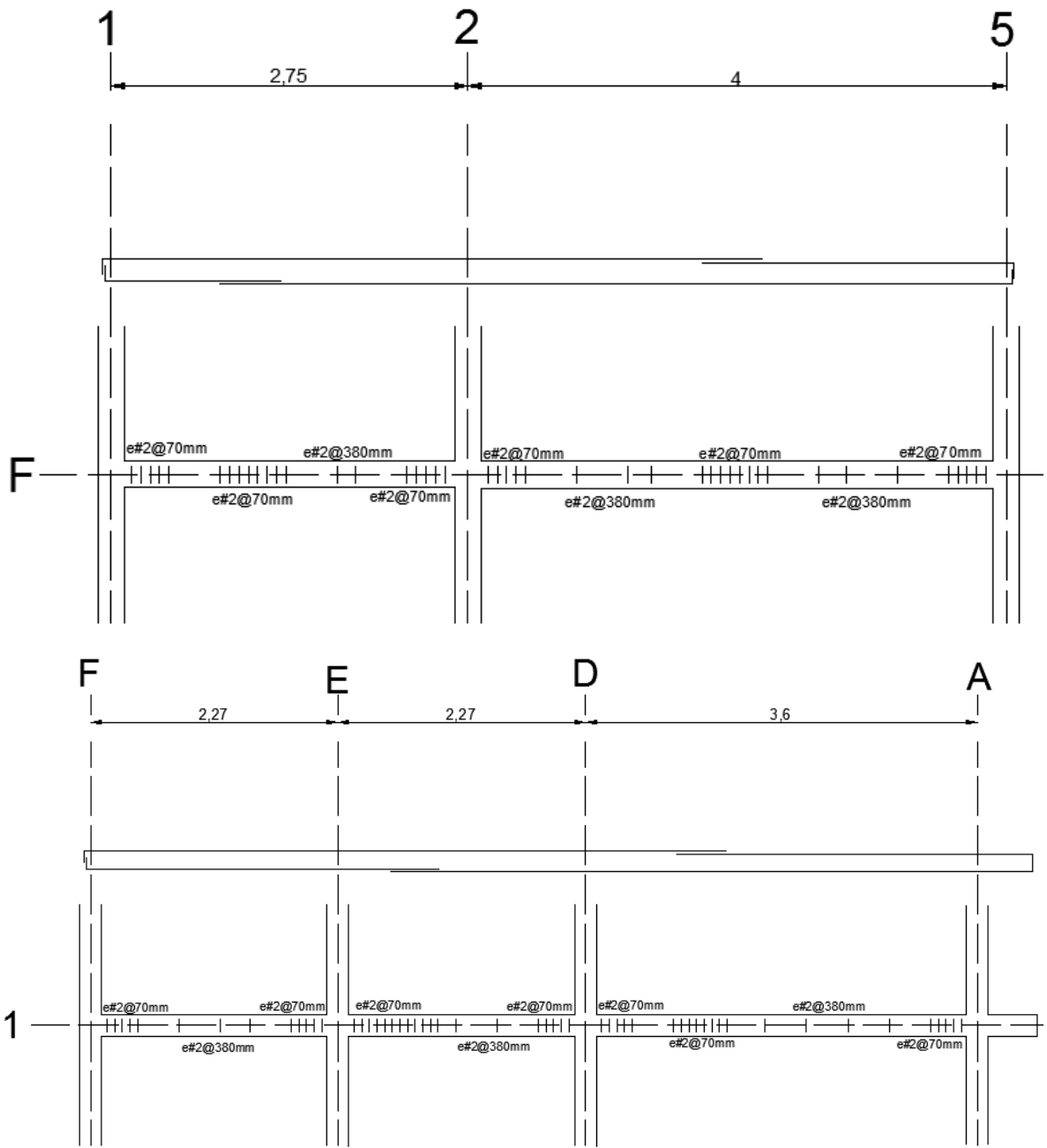
Cumple para ambas situaciones más críticas.

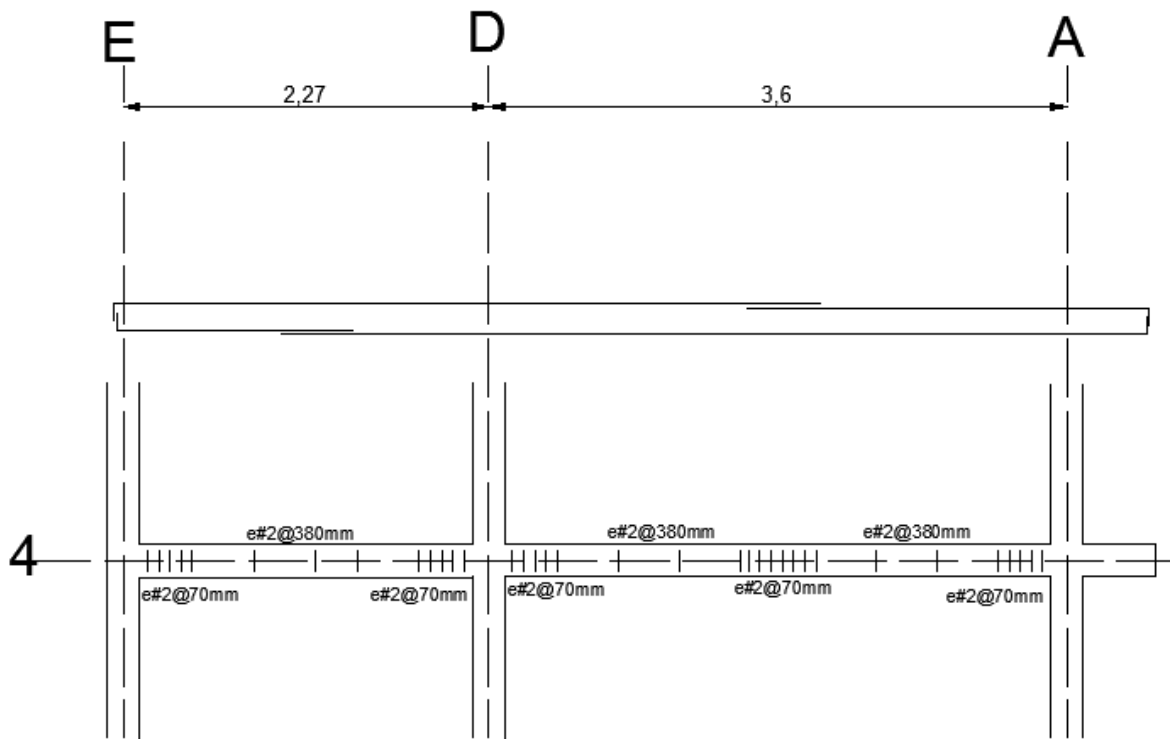
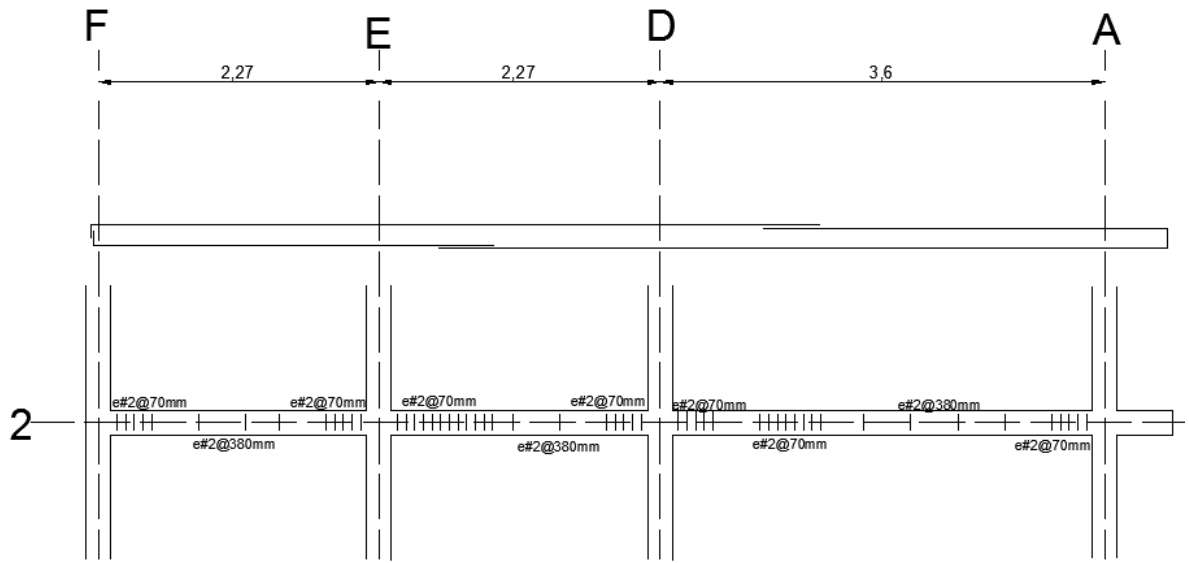
ANEXO I. DESPIECES DE ESTRUCTURA EN MAMPOSTERÍA

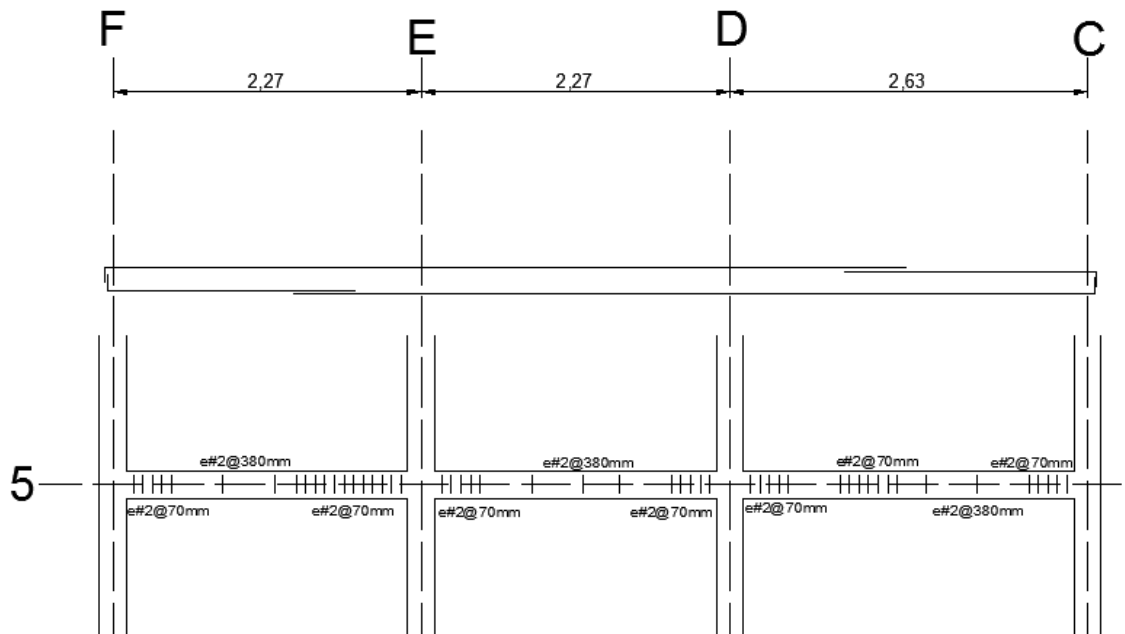
PLANOS ESTRUCTURALES DE LAS VIGAS







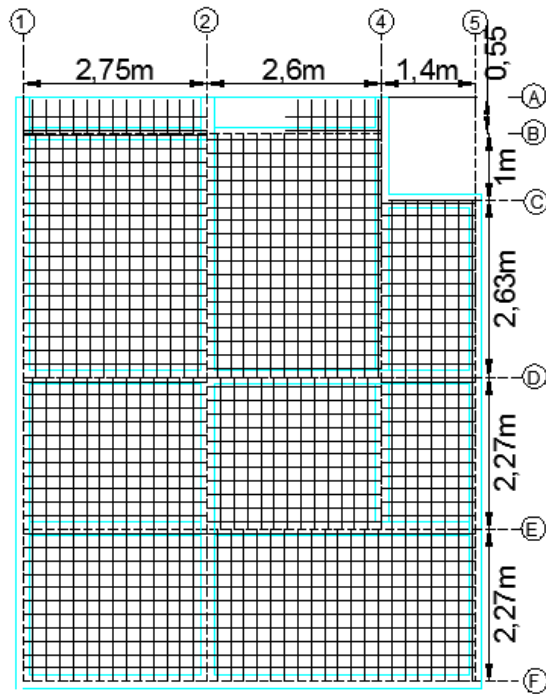




Donde los despieces de las vigas de la cubierta y de la placa son iguales.

PLANOS DE LAS PLACAS Y CUBIERTAS

- Cubierta



- Placa

