

**CATÁLOGO DE DETALLES
CONSTRUCTIVOS DE MADERA LAMINADA PARA
EDIFICACIONES EN EL ECUADOR, 2024**

**Germain Sebastián Barragán Zapata
Valerie Dayana Saavedra Freire**



**Universidad
Indoamérica**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE ARQUITECTURA**

**CATÁLOGO DE DETALLES CONSTRUCTIVOS DE MADERA LAMINADA PARA
EDIFICACIONES EN EL ECUADOR, 2024**

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de
Arquitecto

Autores

**Barragán Zapata Germain Sebastián
Saavedra Freire Valerie Dayana**

Tutor

Raul Marcelo Villacis Omaza

**QUITO - ECUADOR
2024**

Barragán, G y Saavedra, V. (2024).
Catálogo de detalles constructivos de madera laminada
para edificaciones en el Ecuador, 2024

Universidad Tecnológica Indoamérica - Quito

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Barragán Zapata Germain Sebastian y Saavedra Freire Valerie Dayana , declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “CATÁLOGO DE DETALLES CONSTRUCTIVOS DE MADERA LAMINADA PARA EDIFICACIONES EN EL ECUADOR, 2024”. como requisito para optar al grado de Arquitecto y autorico al sistema de Biblioteca de la Universidad Tecnológica Indoamerica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deba firmar convenios especificos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Quito, a los 29 días del mes de Enero de 2024, firmo conforme:

.....
BARRAGÁN ZAPATA GERMAIN SEBASTIAN
C.I. 1727030072
Dirección: San Jose de Morán - Mendoza
Correo: germainbarragan0110 @gmail.com

.....
SAAVEDRA FREIRE VALERIE DAYANA
C.I. 1751152776
Dirección: Carcelén - Las pirámides
Correo: valery_dayana17 @hotmail.com

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “CATÁLOGO DE DETALLES CONSTRUCTIVOS DE MADERA LAMINADA PARA EDIFICACIONES EN EL ECUADOR, 2024” presentado por BARRAGÁN ZAPATA GERMAIN SEBASTIAN y SAAVEDRA FREIRE VALERIE DAYANA para optar por el titulo de Arquitecto., CERTIFICO Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 29 de enero de 2024



Firmado electrónicamente por:
RAUL MARCELO
VILLACIS ORMAZA

.....
VILLACIS ORMAZA RAÚL MARCELO
C.I. 1312200106

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Arquitecto, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 29 de enero de 2024

.....
BARRAGÁN ZAPATA GERMAIN SEBASTIAN
C.I. 1727030072

.....
SAAVEDRA FREIRE VALERIE DAYANA
C.I. 1751152776

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado sobre el Tema: CATÁLOGO DE DETALLES CONSTRUCTIVOS DE MADERA LAMINADA PARA EDIFICACIONES EN EL ECUADOR, 2024, previo a la obtención del Título de Arquitecto, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de integración curricular.

Quito, 29 de enero de 2021

.....
SUSANA ADRIANA MOYA VICUÑA
C.I. 1719626952

.....
JORGE PONCE TAMAYO
C.I. 1757008436

DEDICATORIA

A nuestros padres por ser los pilares fundamentales y no dejarnos de lado en sus prioridades lo que trajo como resultado dos grandes profesionales que a criterio de uno de ellos harán que cada minuto y palabra dada en el transcurso de la carrera valga y demostrarlo dejando nuestra presencia en el exterior.

A su vez dedicamos esta tesis a próximos profesionales para fomentar aun más el intereses en estos métodos constructivos y así anexarse a ser parte de la generación del cambio.

AGRADECIMIENTO

Quisieramos agradecer el apoyo de los docentes de la institución que supieron guiarnos para la investigación, puntualmente al Ing. Diego Sanchez CI.17175558538 por su tiempo al brindarnos el asesoramiento adecuado y su interés en nuestra investigación, también agradecemos a las personas que supieron perseverar para darnos nuestros estudios y así crearnos una oportunidad como profesionales.

Agradecimiento especial a nuestros tutores por darnos una mano y guiarnos en todo este camino, sabiendo solventar nuestras dudas y siempre darnos los mejores consejos y sugerencias para tener un excelente producto final.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Autorización por parte del autor para la consulta, reproducción parcial o total, publicación electrónica del trabajo de titulación	4
Declaración de autenticidad	5
Aprobación del tutor	5
Aprobación tribunal	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento	7
Resumen ejecutivo	16
Catálogo de detalles constructivos de madera laminada para edificaciones en el Ecuador, 2024	16
Abstract	17
Catalog of construction details of laminated timber for buildings in Ecuador, 2024	17
ETAPA 1. Conocimiento previo	19
1. Conocimiento previo	21
1.1 Introducción	21
Objetivo	25
ETAPA 2. Aplicación metodológica	27
2. Fundamentación Teórica	29
2.1 Cambio climático, resultado de actividades humanas	31
2.2 Edificios de mediana altura	32
2.3 La madera como materia prima	32
2.4 Detalles constructivos	35
2.5 Estado del arte	37
2.5.1. Edificio la borda	37
2.5.2. Edificio Dalston	37

2.5.3. Stadhaus	38
2.5.4. Green solution	38
3. Materiales y métodos	39
3.1 Metodología cuantitativa	47
3.2 Análisis estructural.	47
3.2.1. Cálculo de flexo - compresión	48
3.2.2. Cálculo de compresión	48
3.2.3. Cálculo de resistencia, rigidez y carga axial	49
3.2.4. Cálculo de diseño de elementos en flexión	50
3.2.5. Resistencia y fallo de carga sometida	51
3.3 Huella ecológica	51
3.3.1. Herramienta EC3 (CO2)	51
3.4 Huella hídrica	52
3.4.1. Manual WFN.	53
ETAPA 3. Difusión de resultados	57
4. Difusión de resultados	59
5. Conclusiones	182
6. Recomendaciones	183
7. Referentes Bibliográficos	184
8. Anexos	188

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fundamentación teórica	29
Tabla 2. Metodología.	39
Tabla 3. Metodología aplicada a muros	40
Tabla 4. Metodología aplicada a columnas	41
Tabla 5. Metodología aplicada a vigas	42
Tabla 6. Metodología aplicada a cubiertas y riostras	43
Tabla 7. Metodología aplicada a conexiones.	44
Tabla 8. Metodología aplicada a anclajes	45
Tabla 9. Metodología aplicada en huella ecológica	46
Tabla 10. Metodología estructural aplicada en muros	60
Tabla 11. Metodología de huella ecológica aplicada en muros	62
Tabla 12. Metodología estructural aplicada en columnas	66
Tabla 13. Metodología de huella ecológica aplicada en columnas	68
Tabla 14. Metodología estructural aplicada en vigas	71
Tabla 15. Metodología de huella ecológica aplicada en vigas	72
Tabla 16. Metodología estructural aplicada en anclaje a cimentación	76
Tabla 17. Metodología de huella ecológica aplicada en anclaje a cimentación	78
Tabla 18. Metodología estructural aplicada en cubierta unión entre vigas	81
Tabla 19. Metodología de huella ecológica en cubierta unión entre vigas	83
Tabla 20. Metodología estructural aplicada en riostra poste - viga	87
Tabla 21. Metodología de huella ecológica en riostra poste - viga	90
Tabla 22. Metodología estructural aplicada en cubierta columna.	92
Tabla 23. Metodología de huella ecológica en cubierta columna	94
Tabla 24. Metodología estructural aplicada en poste - viga	101
Tabla 25. Metodología de huella ecológica en poste - viga	104
Tabla 26. Metodología estructural aplicada en entrepiso	110
Tabla 27. Metodología de huella ecológica en entrepiso	113
Tabla 28. Compilación de detalles constructivos con metodologías	126
Tabla 29. Filtrado de detalles constructivos con metodologías	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Materiales predominantes a ser utilizados . . . . .	.22
Figura 2. Especies por altura de siembra . . . . .	.23
Figura 3. Emisiones de CO2 del 2015 - 2022 en SNI . . . . .	.25
Figura 4. Factor de emisión del 2015 - 2022 . . . . .	.31
Figura 5. Composición del tronco y cortes . . . . .	.32
Figura 6. Tipos de laminado . . . . .	.33
Figura 7. Proceso de elaboración de madera laminada . . . . .	.34
Figura 8. Detalle constructivo muro. . . . .	.35
Figura 9. Detalle constructivo anclaje . . . . .	.36
Figura 10. Detalle constructivo unión - cubierta . . . . .	.36
Figura 11. Detalle constructivo poste - viga . . . . .	.36
Figura 12. Detalle constructivo entrepiso . . . . .	.36
Figura 13. Detalle constructivo . . . . .	.37
Figura 14. Edificio la Borda . . . . .	.37
Figura 15. Edificio Dalston Lane . . . . .	.38
Figura 16. Edificio Stadhaus . . . . .	.38
Figura 17. Edificio Green Solution. . . . .	.38
Figura 18. Parámetros . . . . .	.48
Figura 19. Matriz de flexo compresión aplicada . . . . .	.48
Figura 20. Matriz de compresión axial . . . . .	.49
Figura 21. Matriz de resistencia, rigidez y carga axial . . . . .	.49
Figura 22. Matriz de soporte por anclaje . . . . .	.50
Figura 23. Matriz de soporte por anclaje . . . . .	.50
Figura 24. Aplicación . . . . .	.51
Figura 25. CO2 en madera laminada . . . . .	.51
Figura 26. Matriz de CO2 aplicada . . . . .	.52
Figura 27. Fórmula HH azul . . . . .	.52
Figura 28. Fórmula HH verde total . . . . .	.53
Figura 29. Fórmula . . . . .	.53
Figura 30. HH de sección con madera laminada . . . . .	.54
Figura 31. Carga admisible. . . . .	.61
Figura 32. Huella de carbono (Madera). . . . .	.62
Figura 33. Huella hídrica (Madera) . . . . .	.62
Figura 34. Huella hídrica (Hormigón) . . . . .	.62
Figura 35. Cálculo sometido a compresión axial . . . . .	.67
Figura 36. Huella de carbono . . . . .	.69
Figura 37. Huella hídrica . . . . .	.69
Figura 38. Resistencia y rigidez . . . . .	.71
Figura 39. Huella de carbono . . . . .	.73
Figura 40. Huella hídrica (Madera) . . . . .	.73
Figura 41. Huella hídrica (Hormigón) . . . . .	.73
Figura 42. Resistencia y rigidez . . . . .	.77
Figura 43. Huella de carbono . . . . .	.79
Figura 44. Huella hídrica . . . . .	.79
Figura 45. Resistencia y rigidez . . . . .	.82
Figura 46. Huella de carbono . . . . .	.84
Figura 47. Huella hídrica . . . . .	.84
Figura 48. Resistencia a sección . . . . .	.88
Figura 49. Huella de carbono . . . . .	.91
Figura 50. Huella hídrica . . . . .	.91
Figura 51. Resistencia y rigidez . . . . .	.92
Figura 52. Huella de carbono . . . . .	.95
Figura 53. Huella hídrica . . . . .	.95
Figura 54. Carga axial.	102
Figura 55. Huella de carbono	105
Figura 56. Huella hídrica	105
Figura 57. Esfuerzo sometido a deflexión	111
Figura 58. Huella de carbono	114
Figura 59. Huella hídrica	114
Figura 60. Rangos.	127

Figura 61. Valoración	127
Figura 62. Rangos.	133

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Maqueta muros ESC: 1:10.	188
Anexo 2. Maqueta cimentación - columna ESC: 1:05	189
Anexo 3. Maqueta entrepiso ESC: 1:10	190
Anexo 4. Maqueta cubiertas ESC: 1:10	191
Anexo 5. Maqueta cimentación ESC: 1:05	192
Anexo 6. Maqueta poste - viga ESC: 1:05	193
Anexo 7. Maqueta anclaje a cimentación ESC: 1:05	194
Anexo 8. Maqueta riostra - viga ESC: 1:05	195
Anexo 9. Repositorio de proyectos realizados y fichas técnicas	196

RESUMEN EJECUTIVO

CATÁLOGO DE DETALLES CONSTRUCTIVOS DE MADERA LAMINADA PARA EDIFICACIONES EN EL ECUADOR, 2024

Buscando fomentar el uso de la madera laminada, es crucial abordar la falta de conocimiento público entre diseñadores y constructores, así como la falta de actualización en las normativas vigentes, lo que ha llevado a una escasa adopción de este material en proyectos. Además, los beneficios estructurales y ambientales de la madera laminada no se conocen lo suficiente para justificar su uso, lo que se refleja en la falta de proveedores a pesar de la disponibilidad de recursos. Esta situación ha limitado la expansión del uso de la madera laminada debido a la insuficiente demanda.

Para seleccionar los indicadores a aplicar en la evaluación de la madera laminada, se considerarán las características estructurales y de impacto ambiental. En cuanto al análisis estructural se busca determinar el comportamiento de los detalles, se utilizaron las bases de cálculo de catálogos como el del grupo andino y programas externos como EU Calculator y catálogos de anclajes como Simpson Strong-Tie.

En cuanto a los indicadores de huella ecológica, se determinó a analizar dos principales, huella de carbono y huella hídrica tomando en cuenta que al momento de construir con ellos son los más influyentes. Para obtener los datos de estos indicadores se usaron recursos como calculadores digitales como lo son EC3 con la cual se determinó la huella de carbono de dichos detalles, a la vez se usó la base de cálculo de “The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard” para medir la huella hídrica de los mismos.

Aplicando los indicadores seleccionados, se procede a ver los resultados de cada uno de los detalles previamente seleccionados, con lo cual se ve el comportamiento de cada uno de estos frente a los resultados, una vez comparado los resultados de cada uno de estos, se procede a extraer los 40 con mejores resultados tomando en cuenta que el que más impacto tiene es el estructural. La evaluación y análisis de las propiedades estructurales de la madera laminada son fundamentales para promover su uso en la construcción, y la selección de indicadores adecuados permitirá identificar los detalles con mejores resultados, lo que a su vez contribuirá a impulsar su adopción en proyectos de manera sostenible y eficiente.

DESCRIPTORES: Análisis estructural, detalles constructivos, huella ecológica, madera laminada.

ABSTRACT

CATALOG OF CONSTRUCTION DETAILS OF LAMINATED TIMBER FOR BUILDINGS IN ECUADOR, 2024

Seeking to promote the use of laminated timber, is crucial to address the lack of public knowledge among designers and builders, along with outdated regulations, resulting in limited adoption of this material in projects. Insufficient awareness of the structural and environmental benefits of laminated timber has led to a lack of suppliers despite resource availability, restricting its expansion due to low demand.

In selecting indicators for laminated timber evaluation, both structural and environmental impact characteristics are considered. Structural analysis aims to determine behavior using calculation bases from catalogs like the Andean group, external programs like EU Calculator, and anchor catalogs such as Simpson Strong-Tie.

For ecological footprint indicators, the focus is on carbon and water footprint, given their significant influence during construction. Digital calculators like EC3 determine carbon footprint, and “The Water Footprint Assessment Manual: Getting the Global Standard” was used. Standard” to measure their water footprint.

Applying these indicators, the results for each selected detail are examined, comparing their performance. The top 40 details with the best results, considering structural impact, are then extracted.

Evaluating and analyzing the structural properties of laminated timber are fundamental to promoting its construction use. The selection of suitable indicators helps identify details with superior results, contributing to sustainable and efficient adoption in projects

KEYWORDS: Constructive details, ecological footprint, laminated timber, structural analysis.

ETAPA 1

Conocimiento previo

● Conocimiento previo

1.1 Introducción

La madera laminada se ha utilizado ampliamente en Europa y América del Norte para la construcción de edificios de baja y mediana altura, especialmente en el sector residencial.

En Europa existen grandes evidencias del comportamiento de la madera laminada en edificios de mediana altura, esto adaptándose a la madera que puede ser producida de manera local en sus tierras, a esto se suma que han estado desarrollando una variante de la madera laminada con mejores resultados, mostrando así que no existen limitaciones a nivel de esfuerzos para este material. (Sevilla, 2018).

Pese a esto en España se registra un descenso y falta de esta materia debido a que desde el siglo XVI ya que las grandes guerras azotaban el continente en aquel entonces, razón por la cual existía una escasez de este tipo de maderas, especialmente aquellas con grandes longitudes se ven limitadas dentro de la región y hasta la actualidad, no se ha visto una incursión en este mercado. (Albert Sanchis, 2021).

En países asiáticos como China, el acero representa hasta un 40% de la demanda nacional de recursos, con lo cual llega a ser considerado como un tótem de la vieja economía, haciendo que las industrias se dediquen a crecer este mercado y se deje de lado la potenciación de sus recursos forestales, en donde se puede notar una gran falta de interés. (Steven Yu, Mysteel, 2023).

En el caso de América Latina, el uso de la madera laminada aún es incipiente y se enfrenta a varias jactancias, como la falta de normativa específica, la escasez de oferta local, el desconocimiento de sus propiedades y beneficios, y la competencia con otros materiales más tradicionales como el hormigón y el acero. (Instituto Forestal, 2021).

Tomando el caso de Argentina como ejemplo, se puede ver que, por temas de normativa, se limita mucho tanto el largo de vigas y, como la altura de entre pisos en edificaciones con madera laminada, esto según la Norma E010 del Reglamento Nacional de Edificaciones, tomando como comparación las limitantes dentro de Ecuador, en donde al tener un mayor catálogo de material.

En el mismo se pueden hacer más variaciones, al contrario de Argentina, donde se limita el uso del material a dos niveles, llegando a ser contradictorio para el usuario que desea optar por esta opción (Norma técnica e.010 madera del reglamento nacional de edificaciones, 2021).

.La sociedad no se experimenta en este campo, como en cuanto al diseño cultural, siendo así que la población opta por las construcciones tradicionales, ya que son menos limitadas por normativa y más fáciles de levantar a nivel de permisos. (CIRSOC, 2016).

Pese al desarrollo en sistemas constructivos en el Ecuador y al aumento de mercado de este, no se habla o no se ve una iniciativa para un aumento del mercado respecto a estructuras de madera laminada, esto partiendo de que son pocas las personas que al momento de ofrecer al cliente sus opciones, muestran esta alternativa, sabiendo que en temas de diseño se tiene grandes referentes externos, en los que se puede evidenciar los resultados que este sistema estructural puede llegar a generar(NEC 2014).

Tomando en cuenta que a nivel de normativa no existen restricciones de diseño, sino más bien se menciona que únicamente se debe asegurar un buen comportamiento del material, sin dejar de lado factores como son: seguridad, estabilidad, y durabilidad (NEC 2014).

En Ecuador, no se ve una gran notoriedad de este, aun sabiendo que ya existen datos de ensayos a nivel nacional que muestran el comportamiento de las diferentes maderas en cada una de las condiciones climáticas del Ecuador pese a esto no se toma el riesgo de incursionar en estas estructuras teniendo en cuenta que, en dichos ensayos, se evaluó que la misma puede llegar a ser usada de una manera práctica. Los precios llegan a ser excesivos debido a que por parte del mercado hace falta una gran inmersión en esta área, eso sin mencionar la poca publicidad sobre la misma (NEC, 2014).

Tomando como datos, que no existen limitaciones y que al contrario hay derivaciones de este sistema, encontramos que en Ecuador son pocas las opciones para optar por este tipo de sistemas constructivos, tanto como número de proveedores, como empresas que fomenten su utilización, siendo Madebú uno de los pocos proveedores de estructuras en madera laminada, convirtiéndose en quienes la generan, la procesan y la distribuyen, con lo cual se puede notar la falta de mercado (NEC, 2014).

Si bien ya se tienen registros de que dentro del país se pueden obtener maderas de diversas categorías de acuerdo al lugar donde se encuentre, condiciones climáticas muy frías o muy cálidas, o en donde los fenómenos naturales son más presentes que en nuestro país, porque no se explota en nuestro territorio este mercado donde podemos producir un amplio catálogo de madera lamina y siendo capaz de que tras su variedad se puede adaptar al diseño tanto en materialidad como de color habiendo

cero impedimentos para su uso en la construcción. (Laboratorio de Arquitectura, Tecnologías y Procesos, 2020).

En el ámbito de la construcción, dentro de Ecuador, los materiales más utilizados en la actualidad son aquellos elementos tradicionales empleados en la mayoría de las edificaciones urbanas, por lo que a continuación se ha realizado un análisis al respecto. (INEC,2016).

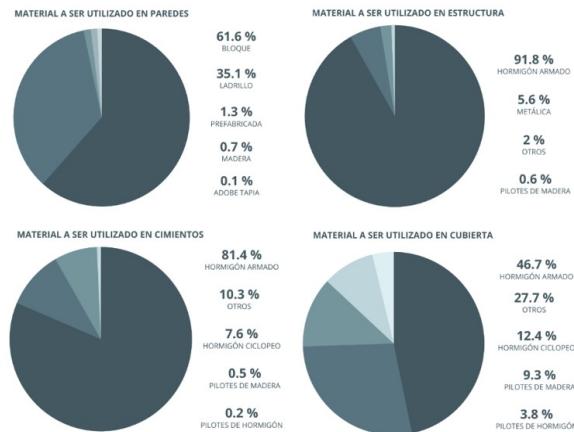


Figura 1. Materiales predominantes a ser utilizados
Fuente: (INEC,2016).

Al analizar los porcentajes vistos son muy altos considerando el año en el que se recopiló la información, siendo la contaminación el actor principal para la causa del calentamiento global. En cuanto a su producción, la industria en la que se encuentra tiene un impacto tangible, que incluye la alteración del paisaje, la extracción de recursos, la generación de contaminación y residuos, entre otros aspectos. Esto nos lleva a reflexionar sobre cómo reducir su impacto ambiental y, al mismo tiempo, mejorar los procesos construc-

tivos para hacerlos más eficientes. (Acosta, 2009).

En cuanto a su producción, la industria en la que se encuentra tiene un impacto tangible, que incluye la alteración del paisaje, la extracción de recursos, la generación de contaminación y residuos, entre otros aspectos. Esto nos lleva a reflexionar sobre cómo reducir su impacto ambiental y, al mismo tiempo, mejorar los procesos constructivos para hacerlos más eficientes. (Acosta, 2009)

El Ecuador consume actualmente 5 millones de m3/año de madera rolliza para diferentes usos tales como: tableros contrachapados, muebles, construcción general, leña y carbón. (NEC ,2014)

La principal fuente de abastecimiento es el 70 % del bosque autóctono (equivalente a 3,5 millones de metros cúbicos), mientras que el 30 % restante proviene de plantaciones forestales. Desafortunadamente, las estadísticas forestales del país presentan deficiencias. (NEC ,2014).

Se estima que existen alrededor de tres millones de hectáreas de bosques autóctonos productivos, pero únicamente un millón de ellas son actualmente accesibles; para la construcción, resulta primordial emplear madera procedente de bosques nativos gestionados de forma sostenible, y preferiblemente, de plantaciones forestales, ya que estas últimas cuentan con volúmenes más dominantes (al menos 250 metros cúbicos por hectárea), en contraste con los bosques autóctonos, que presentan una variabilidad que oscila entre los 20 y 25 metros cúbicos por hectárea. (NEC ,2014).

Pese a que el país de Ecuador cuenta con un potencial valioso para la producción de madera de varios tipos en sus diferentes regiones, no es aprovechado y no es mucha la divulgación de estos datos a nivel

público, con lo cual un desconocimiento del alcance que puede tener la madera lamina. (NEC ,2014).

ALTURA	NOMBRE COMERCIAL	ALTURA	NOMBRE COMERCIAL	ALTURA	NOMBRE COMERCIAL	100 - 1000	FERNAN SÁNCHEZ	
1800 - 3300	CIPRÉS	1500	JICOPO	0 - 1200	YUMBINGUE NEGRO	0 - 1000	SEQUE	
1400 - 3200	ROMERILLO	400 - 1500	CEDRO NEGRO		YUMBINGUE BLANCO		LAUREL DE LA COSTA	
	PINO	0 - 1500	PITUCA		YUMBINGUE AMARILLO		GUASHAPEL	
2100 - 3100	CAPULI	900 - 1300	GUAYACÁN		TECA		GUASHAPEL	
1000 - 3000	LAUREL DEL ORIENTE		COPAL		CEDRO		GUASHAPEL	
0 - 2500	CANELO	500 - 1300	NOGAL		ALCANFOR		GUASHAPEL	
0 - 2000	FIGUEROA	400 - 1200	NOCASCOL		100 - 1000		FERNAN SÁNCHEZ	GUASHAPEL
	EUCALIPTO	ABIO	ABIO				GUASHAPEL	

Figura 2. Especies por altura de siembra (m.s.n.m)
Fuente: (UNIVERSIDAD DE AZUAY,2018).

Se ve evidenciado en la falta de edificios en mediana altura, tomando en cuenta que en países cuyos riesgos a desastres naturales es más notable si se implementa y es más popular; tomando en cuenta que las limitaciones de terreno para la producción del mismo, es notable, es por esto que se prioriza la catalogación de detalles estructurales fundamentales para la construcción de este tipo de edificaciones con diferentes tipos de madera laminada y sus derivados para así tener mayor información y hacerla más accesible al usuario.

En lo físico y mecánico esencial para cumplir con la condición estructural de la madera, el primer criterio importante es su nivel de densidad, que guarda una estrecha relación con su resistencia (NEC, 2014).

Según lo estipulado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción en el apartado dedicado a las Estructuras de Madera (NEC-SE-MD), la densidad del material es un requisito fundamental para su clasificación como madera de uso estructural, estableciendo un valor mínimo de 400 kg/m3 (NEC, 2014).

Viendo las contradicciones que llegan a existir a nivel mundial, y todas las limitaciones que se dan para el desarrollo de la madera laminada como sistema estructural, al mismo se le atribuye que puede llegar a poseer una alta resistencia y estabilidad dimensional, con lo cual permite a la industria de la construcción diseñar, estructuras de gran tamaño al igual que dando una importancia a formas más complejas a la vez que se llega a tener un menor consumo de recursos y energía a comparación de materiales de uso más convencional como hormigón y acero, hecho por el cual facilita al sector rural en el cual es más complicado el ingreso con maquinarias de materiales competitivos (Barrera, 2023).

Se ha llegado a comprobar que la madera laminada llega a tener un comportamiento ante el fuego propicio, el mismo que se puede mejorar con tratamientos ignífugos dándole así una mayor vida útil, siendo esta característica incluso superior a la del hormigón o el acero, materiales que en el caso del acero ante incendios se puede llegar a fluir ante este tipo de eventos mientras que el concreto tiende a colapsar abruptamente

Por otro lado los sistemas estructurales de madera laminada se ha llegado a demostrar que al contrario de lo que se cree por su bajo coeficiente de conductividad, llega a generar una capa de carbón en su superficie misma la cual protege la sección estructural (Portafolio, 2023)

La madera laminada es un material que reduce costos energéticos debido a que tiene consumos reducidos del mismo en su producción al igual que en su transporte y montaje, esto en comparación al acero y hormigón, representan una reducción de costos finales considerable (Amargós, 2017).

Si la madera laminada llegase a tener una ma-

yor demanda los costos actuales se reducirían más y esto nos ayudaría a tener un impacto social, laboral y ambiental (Amargós, 2017).

Se puede considerar a la madera el único material renovable, ya que se cultiva naturalmente y aporta a la eliminación del CO2 y no solo por el material, en producción consta de un porcentaje muy bajo de energía en comparación con otros convencionales usados en la construcción (Estrella, 2021).

En cuanto a producción, y lo que esta genera, el tener un manejo forestal de bosques sostenibles, nos permite respetar el ciclo natural de crecimiento y generación de árboles, nos permiten considerar a la madera laminada como un sumidero de CO2, lo cual permite almacenar el dióxido de carbono que los árboles producidos en dichos bosques capturan durante su vida, esto llega a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Garnica, 2021)

Si consideramos que, a través de una gestión sostenible, se puede obtener un promedio de 1.5 metros cúbicos por año por cada hectárea de bosque nativo, la producción sostenible alcanzaría los 1.5 millones de metros cúbicos. (NEC ,2014)

La elaboración de un catálogo detallado con madera laminada en la construcción es un paso crucial para informar a las personas sobre los numerosos beneficios que este material ofrece, tanto en términos de rendimiento como en su impacto ambiental. La madera laminada es una opción sostenible y versátil que no solo proporciona una resistencia excepcional, sino que también contribuye significativamente a la conservación del medio ambiente.

Al presentar de manera clara y concisa las ventajas de la madera laminada, podemos inspirar una

mayor conciencia sobre la importancia de elegir materiales de construcción respetuosos con el entorno y fomentar la adopción de prácticas más responsables en la industria de la construcción.

Este enfoque no solo busca empoderar a los usuarios y diseñadores, sino que también persigue un objetivo aún más notable: contribuir de manera sustancial y trascendental a la preservación y la mejora del entorno medioambiental.

En este sentido, consideramos que la difusión y aplicación de conocimientos que promuevan la sostenibilidad y la protección del medio ambiente son esenciales para abordar los desafíos ambientales contemporáneos.

Se propone una variable esencial con el propósito de evaluar y seleccionar los detalles estructurales de manera más precisa. Esta variable será fundamental en el cálculo de las reducciones de emisiones de CO2, lo que permitirá determinar el sistema más beneficioso tanto desde la perspectiva del diseñador como desde la óptica medioambiental. (CENACE, 2023)

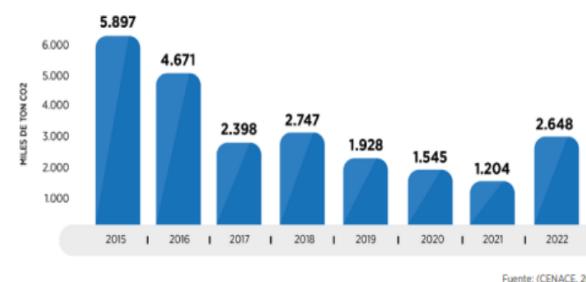


Figura 3. Emisiones de CO2 del 2015-2022 en el SNI
Fuente: (CENACE,2023).

En Ecuador, no se ve una gran popularidad de este, tomando en cuenta que ya existen datos de ensayos a nivel nacional del comportamiento de las diferentes maderas en cada una de las condiciones climáticas del Ecuador pese a esto no se toma el riesgo de incursionar en estas estructuras teniendo en cuenta que, en dichos ensayos.

El objetivo de esta tesis compilar un repositorio integral de sistemas, uniones, acoples y detalles constructivos que sirva como recurso de referencia para planificadores y constructores interesados en utilizar madera laminada en edificios de mediana altura en Ecuador. Para lograrlo, recolectaremos una amplia variedad de detalles constructivos. Luego, aplicaremos un riguroso proceso de filtrado, utilizando variables específicas, con el propósito de seleccionar los detalles que aporten el mayor beneficio y contribución. Este proceso incluirá la creación de tablas y cálculos para facilitar la toma de decisiones informadas en diversas áreas de interés. Finalmente, representaremos y mostraremos de manera efectiva los detalles seleccionados, organizados por categorías, mediante herramientas visuales como gráficos en 2D y 3D, maquetas tridimensionales y especificaciones detalladas. Nuestra meta es proporcionar una representación completa y accesible de los detalles seleccionados, fomentando así su comprensión y evaluación en la industria de la construcción en Ecuador.

ETAPA 2

Aplicación metodológica

● Fundamentación Teórica

CAMBIO CLIMÁTICO	<p>Calentamiento Global ¿Qué es? (ONU, 1992)</p> <p>Factor de emisión de CO2 ¿Qué es? (UNFCC, 2018)</p> <p>En la construcción (GRUPO IOE, 2019)</p>
ARQUITECTURA SOSTENIBLE	¿Qué es? (AD, 2023)
EDIFICIOS DE MEDIANA ALTURA	<p>¿Qué es? (Fidelity, 2023)</p> <p>Usos (Fidelity M, 2023)</p> <p>Con madera laminada (Madera 21, 2021)</p>
MADERA COMO MATERIA PRIMA	<p>¿Qué es? (Brotóns, 2011)</p> <p>Composición (Gimenez Moglia, Hernández y Gerez, 2005)</p> <p>Características (NEC, 2014)</p> <p>En la construcción (Sanchez, 2015)</p> <p>Ventajas</p> <p>Desventajas</p>

MADERA LAMINADA	<p>¿Qué es? (Maderea, 2016)</p> <p>Tipos (Pérez, 1992) ; (Maderea, 2016)</p> <p>¿Porqué es sostenible? (Maderea, 2016)</p> <p>Categorías (Sevilla Allende, 2018)</p> <p>Producción (CAMBIUM,2023)</p> <p>Mantenimiento</p> <p>En la construcción (Jorge Barrera, 2021) ; (CAMBIUM, 2023)</p>
DETALLES ESTRUCTURALES	<p>¿Qué es? (Mies Van der Rohe)</p> <p>Clasificación</p>
ESTUDIO DE CASO	<p>Regiones</p> <ul style="list-style-type: none"> - Europa (Sevilla,2018) - Asia (Steven Yu, Mysteel, 2023) - América Latina (Instituto Forestal, 2021). <p>-Ecuador (NEC,2014)</p>
REFERENTES	<p>Manual de estructura ilustrado (Francis D.K Ching, 2009)</p> <p>Atlas de detalles constructivos nueva edición (Peter Beinhauer, 2006)</p> <p>Atlas de detalles constructivos rehabilitación (Peter Beinhauer, 2013)</p> <p>Conexiones para ensambladoras de madera (SIMPSON Strong - Tie, 2021)</p>

Tabla 1. Fundamentación teórica
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

2.1 Cambio climático, resultado de actividades humanas

El calentamiento global se origina como un factor directo en la alteración del clima, según la definición de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Lo describe como una permutación en las condiciones climáticas que se puede atribuir, ya sea directa o indirectamente, a la influencia de la actividad humana.

Este proceso altera la composición de la atmósfera a nivel global y se suma a las variaciones naturales del clima que se han observado a lo largo de ciertos períodos de tiempo suficientemente comparables (ONU, 1992).

En 1990, se emitió un primer informe que confirmaba la realidad del calentamiento atmosférico de la Tierra, destacando la necesidad de tomar medidas inminentes para abordar este problema (IPCC, 1990).

Se implementa el Protocolo de Kyoto en el cual se efectúan los principios establecidos en la Convención Marco sobre el Cambio Climático, fijando límites a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en las naciones industrializadas.

Este acuerdo acordó la reducción de las emisiones totales durante el período 2008-2012, al menos en un 5% por debajo de los niveles registrados en 1990.

Los Gases de efecto invernadero (GEI) contemplados en este protocolo abarcan el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF₆) (ONU, 1998).

Se conoce que existe una liberación de CO₂ a la

atmósfera por cada megavatio-hora (MWh) de electricidad que se produce a partir de la quema de combustibles fósiles (UNFCCC, 2018).

Los gases de efecto invernadero se encuentran en la atmósfera y pueden originarse tanto de manera natural como a través de la actividad humana. Estos gases tienen la capacidad de captar y posteriormente emitir radiación en específicos intervalos de longitud de onda dentro del espectro de radiación infrarroja térmica proveniente de la superficie terrestre, al igual que de la atmósfera y las nubes (IPCC, 2013).

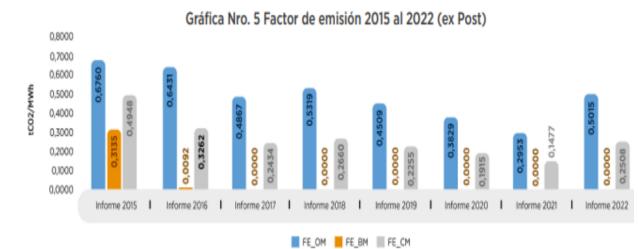


Figura 4. Factor de emisión del 2015-2022
Fuente: (CENACE,2023).

En el año 2021, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en Ecuador aumentaron en 7,108 megatoneladas, lo que representa un incremento del 20.89% en comparación con el año 2020. Durante dicho año, las emisiones totales de CO₂ alcanzaron las 41,141 megatoneladas, datos por los cuales el Ecuador se embarca la posición 124 de un ranking que clasifica a 184 países según sus emisiones de CO₂, ordenándolos de menor a mayor nivel de contaminación (CENACE, 2023).

En el campo de la construcción, es evidente que se conlleva un consumo de energía y la generación de emisio-

nes de dióxido de carbono en diversas etapas del ciclo de vida de un material de construcción. A pesar de esto, esta industria se destaca como una de las áreas principales donde se puede afrontar este problema de manera eficaz y sin complicaciones significativas. Por lo tanto, resulta factible establecer modelos o medidas de control para gestionar de manera especial el uso de recursos naturales y combustibles, al mismo tiempo que se reduce la liberación de dióxido de carbono al entorno (Grupo IOE, 2019).

La arquitectura sostenible es una forma de diseñar y construir edificios que respetan el medio ambiente, aprovechan los recursos naturales y reducen el impacto negativo de la actividad humana. La arquitectura sostenible busca integrar los aspectos ecológicos, económicos, sociales y culturales en el proceso de diseño, construcción y uso de los edificios. (AD, 2023).

2.2 Edificios de mediana altura

Cuando se trata de edificios, existen tres clasificaciones para estos (Baja altura, mediana altura y rascacielos), en los cuales los de mayor popularidad en sectores urbanos llegan a ser los de mediana altura, siendo considerados como aquellos que poseen un mínimo de 4 pisos y un máximo de 10, estos destacan porque llegan a tener un gran potencial funcional, consiguiendo que en su mayoría sean de uso mixto entre comerciales y residenciales (Fidelity Management, 2023).

Llegan a ser preferidos por el usuario por sus vistas al estar ubicado en un sector residencial de la ciudad, ya que al ser de mayores tamaños que la mayoría de las viviendas de la zona, posee una mayor limpieza visual en los pisos superiores. (Fidelity Management, 2023).

También es bien conociendo que a estos se los acostumbra a equipar con varios servicios que, si bien en una residencia habitual o privada no se puede tener en este tipo de edificaciones se los puede incorporar ya sea en sus terrazas o áreas perimetrales. Suelen verse en las zonas urbanas, debido a su rapidez de construcción y su gran capacidad para albergar personas al proponer satisfacer sus necesidades esto, sin contar la seguridad que los mismos pueden llegar a dar. (Fidelity Management, 2023).

2.3 La madera como materia prima

La madera se crea a partir de un grupo de células que conforman la estructura del árbol, está compuesta por las partes subterráneas, las ramas y el tronco de los árboles. (Brotóns, 2011).

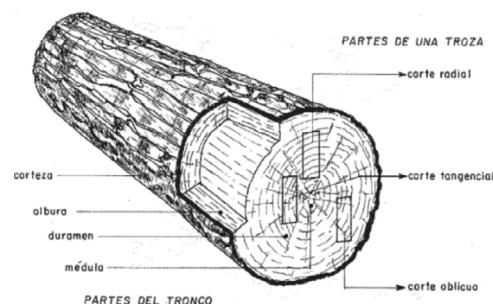


Figura 5. Composición del tronco y cortes
Fuente: (NEC, 2014).

Es una sustancia biológica porosa principalmente compuesta por celulosa, siendo este un material diverso, presenta una anisotropía, ya que contiene una variedad de tipos de células. Esto significa que sus característi-

cas varían cuantiosamente según la orientación de sus fibras. (Giménez, Moglia, Hernández, & Gerez, 2005).

Desde el punto de vista estructural, la madera presenta notables ventajas y puede, en ciertas circunstancias, igualar el rendimiento de materiales más comunes en la actualidad, como el acero y el hormigón (Sánchez, 2015).

La madera es un material anisotrópico, específicamente ortotrópico, lo que implica que es crucial considerar la orientación de las fuerzas aplicadas en relación con la disposición de las fibras de la madera, ya sea paralela o perpendicular a estas (NEC, 2014).

Es posible construir estructuras con una variedad de luces y formas, incluso elementos curvos, de manera relativamente sencilla. Un aspecto especialmente positivo de la madera como elección para estructuras es su baja densidad, lo que la convierte en un competidor en la creación de cubiertas ligeras, donde el peso de la propia estructura puede ser un factor crucial para la resistencia de la misma y la seguridad que debe brindar al usuario (Sánchez, 2015).

La madera laminada consiste en la unión de tablas a lo largo de sus perfiles, caras y extremos, manteniendo la dirección de las fibras de manera uniforme, lo que crea un elemento sin restricciones en cuanto a su forma o longitud y funciona como unidad estructural única (Maderea, 2016).

Hay tres tipos de madera laminada: laminada clavada, laminada apernada y la variedad más común, conocida simplemente como “madera laminada encolada prensada”, que es la que se aborda en este estudio (Maderea, 2016).

Este producto tiene una amplia gama de aplicación, desde la construcción de edificios hasta la sustitución de productos derivados de recursos natu-

rales, lo que le ha otorgado un alto valor tanto en términos industriales como sociales (Maderea, 2016).

Además que la madera laminada es un material renovable que acumula energía solar de forma natural, requiere poca energía para su procesamiento, no emite contaminantes y es completamente reutilizable o reciclable (Maderea, 2016).

La madera laminada se considera una mejora respecto a la maciza, ya que permite fabricar vigas y estructuras de dimensiones más grandes, destacando sus propiedades físico-mecánicas en comparación con la madera maciza, y materiales tradicionales como el acero y el concreto. En términos estéticos, la madera laminada supera a simple vista a estos materiales (Jorge Barrera, 2021).

Según el tipo de laminado, podemos identificar dos categorías: la madera laminada en posición horizontal, donde las láminas encoladas se disponen perpendicular a la dimensión principal de la sección transversal, y la madera laminada en posición vertical, donde el encolado es perpendicular a la secundaria (Sevilla Allende, 2018).

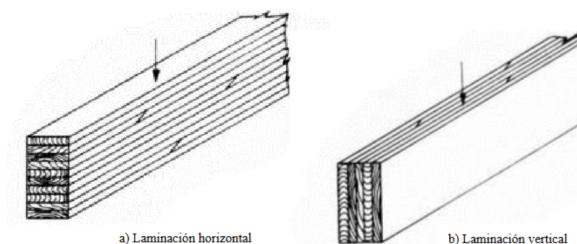


Figura 6. Tipos de laminado
Fuente: (Pérez, 1922).

Cuando se produce madera laminada, generalmente no se combinan diferentes especies, a menos que se desee disminuir la estabilidad del material. Esto se realiza únicamente en situaciones donde la madera laminada se utilizará en entornos secos o donde se prevé que los cambios en la humedad serán mínimos (Forest Service & Products Laboratory, 2010).

Al exponerse al fuego la madera laminada tiene una resistencia inherente ya que la superficie se carboniza formando una capa protectora que sirve de aislante. Aproximadamente ocurre a una velocidad de (1.5 cm/hora), de forma que ralentiza la propagación y combustión, a diferencia de otros materiales. Puede diseñarse para tener resistencias al fuego de 30, 60 y 90 minutos. Además de conservar su estabilidad estructural (FP Innovations, 2019).

Si bien se conoce la madera puede no ser un material totalmente resistente al agua, por lo que al estar en un contacto prolongado o permanente podría sufrir cambios como deformación, aumento en el volumen, hongos, insectos o podría llegar a podrirse. Existe varias maneras de proteger y que no ocurran estos sucesos el uso de tratamientos, como pinturas, barnices, selladores o impregnaciones de forma que no permitan la entrada de agua y humedad (Maderame, 2020).

La madera laminada es un material sostenible, renovable y estético, que ofrece una alternativa viable al hormigón y al acero para muchas aplicaciones, incluyendo edificios de gran altura. (FP Innovations, 2019).

Para abordar la producción de vigas y columnas a gran escala, se recurre a técnicas de unión tipo finger joint que hacen uso de maquinaria automatizada. Estas máquinas cortan las piezas de madera, las ensamblan y las unen con adhesivos a alta presión, resultando en

juntas sólidas y duraderas que son capaces de soportar cargas considerables, equiparándose en rendimiento a la madera natural con la misma sección transversal (Forest Service & Products Laboratory, 2010).

Los edificios de mediana altura con madera laminada son construcciones que utilizan paneles de madera maciza unidos por capas perpendiculares, formando una estructura resistente y ligera y permiten crear edificios de hasta seis pisos o más, con ventajas ambientales, económicas y de rapidez de ejecución. (Madera21, 2021)

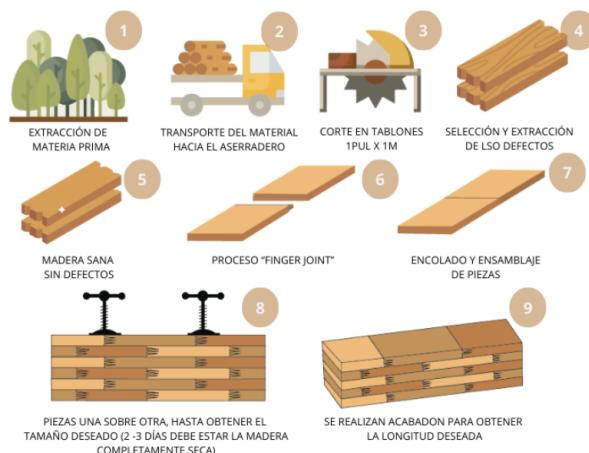


Figura 7. Proceso de elaboración de madera laminada
Fuente: (Elaboración propia, 2023).

La madera laminada llega a adentrarse al campo de la construcción siendo un materia alternativo frente a la madera maciza tradicional, esta llega a destacarse por su versatilidad y características ignífugas al igual que sus

beneficios al momentos de realizar detalles estéticos, a la vez debido a sus diversas formas ya sean curvas, rectas o variadas, es fácil de adaptar o complementar con otros sistemas constructivos como lo son el hormigón y el acero; esto debido a su bajo peso (CAMBIUM, 2023).

Por lo contrario, a los mitos que existen sobre su mantenimiento, este no llega a ser tan costoso como se acostumbra a decir, esto gracias a que posee una gran resistencia a agentes químicos con lo cual llega a ser una potencial opción en entornos como: ambientales, marinos e incluso industriales (CAMBIUM, 2023).

La madera laminada puede cubrir luces grandes sin necesidad de utilizar paredes internas, postes, permitiendo ahorrar dinero, el costo de producción por pieza es menor en términos de consumo de energía (Miralles, 2019).

Permite que los tiempos en la construcción sean rápidos ya que es prefabricada y se entregan componentes que son rápidos de ensamblar (The Engineered Wood Association, 2021).

La madera laminada puede tener dificultades de transporte en la fabricación y diseño, requiere restricciones en la longitud y anchura, es importante tener en cuenta esto al momento de diseñar y calcular (Sevilla Allende, 2018).

La producción requiere de varios equipamientos y máquinas especiales que pueden llegar a ser muy costosas y más aún si no existe una demanda, se debe conocer el proceso y contar con una mano de obra especializada (Pérez Galaz, 1992).

Los elementos curvos y de gran longitud son difíciles de transportar, lo que repercute en el precio final de los elementos de madera laminada (Pérez Galaz, 1992).

Los elementos largos y con formas curvas representan un desafío en términos de transporte, lo que a su vez influye en el costo final de la madera laminada (Pérez Galaz, 1992).

2.4 Detalles constructivos

Los detalles estructurales son esenciales para garantizar que la estructura sea segura, cumpla con los códigos y regulaciones de construcción, y funcione de acuerdo con sus especificaciones.

“Si la INSPIRACIÓN es el momento previo a la CREACIÓN, el DETALLE CONSTRUCTIVO es lo que la hace POSIBLE”

– Mies Van der Rohe

En el proceso de diseño y construcción de una edificación, se deben considerar varios aspectos fundamentales para asegurar su integridad y funcionalidad. La cimentación, que se ubica bajo el nivel del suelo, es esencial para sostener el peso de la estructura, y sus detalles estructurales involucran la profundidad y tipo de cimientos, así como los materiales empleados en su construcción (Ramírez, P.F., & Figueroa, F.S. 2015).

La estructura misma, que soporta la carga del edificio, requiere detalles estructurales que aborden los materiales de muros, columnas, vigas y su ensamblaje (Ramírez, P.F., & Figueroa, F.S. 2015).

La cubierta, destinada a proteger el interior de los elementos externos, implica detalles estructurales relacionados con el tipo de techo, los materiales utilizados y su unión a la estructura (Ramírez, P.F., & Figueroa, F.S. 2015).

Por último, la fachada, la cara exterior de la construcción,

demanda detalles estructurales que definan los materiales, su anclaje a la estructura y cualquier elemento decorativo o funcional que se añada a la misma. Estos aspectos son cruciales para garantizar la seguridad y durabilidad de la edificación (Ramírez, P.F., & Figueroa, F.S. 2015).

Como detalles constructivos se categorizan en 6 elementos fundamentales para la construcción de este tipo de edificios entre estos se verán muros, estos existen varios tipos como divisorios, de interior, perimetrales, etc. Cada uno de estos cuenta con su propio armado estructural para sus correspondientes usos (SIMPSON Strong-Tie, 2021).

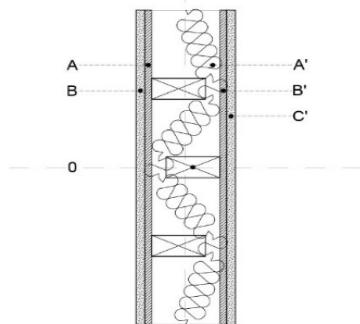


Figura 8. Detalle constructivo muro
Fuente: (Diseña Madera , 2018).

Al mismo tiempo existen detalles para cimentación, en los cuales se llega a mostrar la correcta fijación al suelo o aislamiento de este en los casos pertinentes (Beinhauer Peter, 2013).

No se debe de olvidar que debemos tener una buena fijación para que la solidez del edificio sea la correcta (Beinhauer Peter, 2013).

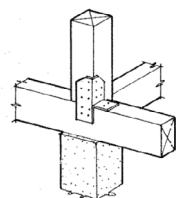


Figura 9. Detalle constructivo anclaje
Fuente: (Diseña Madera , 2018).

Para el caso de cubiertas y fijación de escaleras se abordarán los detalles tanto con sistemas empotrados como fijos ayudados de pletinas o uniones metálicas empernadas, esto con la finalidad de abarcar las necesidades más recurrentes en construcción (Ubilla Mario, 2011).

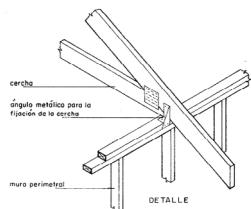


Figura 10. Detalle constructivo unión cubierta
Fuente: (Diseña Madera , 2018).

Los detalles con mayor variedad de fijación son los de poste viga esto ya que depende del uso y el nivel de la planta donde se van a incorporar, para estos también se valorarán la clase de unión ya sea de manera empernada o con uniones metálicas, las cuales son las más usadas y necesarias, a la vez se debe de tomar en cuenta que para este tipo de uniones en varios casos se necesitaran de sistema de arriostros (Sevilla Ramón, 2018).

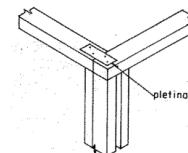


Figura 11. Detalle constructivo poste - viga
Fuente: (Diseña Madera , 2018).

Los entresijos deberán de contar con un sistema estructural dedicado a soportar las cargas que vayan a soportar a la vez se deberá prever los detalles de instalaciones eléctricas y sanitarias con lo cual el espesor de este deberá tomar en cuenta este tema, sin contar que deberá de tener sistemas de aislamientos térmicos (Sevilla Ramón, 2018).

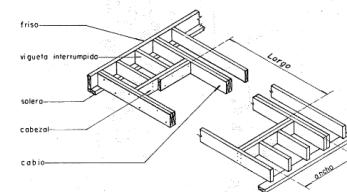


Figura 12. Detalle constructivo entresijo
Fuente: (Diseña Madera , 2018).

Al tener madera laminada en la edificación se debe de recordar que esta debe tener un sistema de cuidado al exterior por ejemplo el aislar del contacto directo del suelo cuando este se encuentra en zonas con humedad elevada para así evitar el deterioro de la madera, o el ingreso de cualquier agente externo que pueda ser patógeno para el sistema estructural (Sevilla Ramón, 2018).

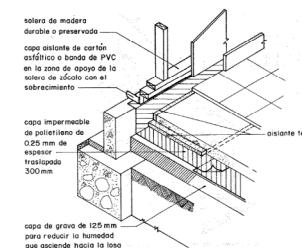


Figura 13. Detalle constructivo
Fuente: (Diseña Madera , 2018).

2.5 Estado del arte

2.5.1. Edificio la Borda

El edificio La Borda es un proyecto de vivienda cooperativa en Barcelona, España. Se trata de un edificio residencial de madera, que fue construido en 2018 en el barrio de La Bordeta, cerca del recinto Can Batllo (Ballester Juan, 2017).



Figura 14. Edificio La Borda
Fuente: (Egoín Wood Group , 2020).

El edificio tiene 28 viviendas y varios espacios comunes, y fue diseñado por el colectivo de arquitectos Lacol. El edificio recibió el Premio Ciudad de Barcelona de 2018 en la categoría de arquitectura y urbanismo (Ballester Juan, 2017).

El edificio La Borda es un ejemplo de una alternativa al modelo tradicional de acceso a la vivienda, basada en la auto-organización, la participación y la no especulación (Ballester Juan, 2017).

En cinco semanas de trabajo de montaje y con sus 25.5 metros de altura se convertirá en el edificio más alto de madera jamás construido en el Estado. La cooperativa La Borda ha apostado por un material orgánico y noble como es la madera (Ballester Juan, 2017).

2.5.2. Edificio Dalston

El edificio Dalston Lane es otro proyecto de vivienda en madera en Londres, Inglaterra. Se trata de un edificio de 10 plantas y 121 apartamentos, que fue construido en 2016 en el distrito de Hackney, cerca de la estación de Dalston Junction. El edificio tiene una superficie total de 16.000 m², de los cuales 12.500 m² son residenciales y 3.500 m² son comerciales.

El edificio fue diseñado por el estudio de arquitectura Waugh Thistleton, que también diseñó el edificio La Borda en Barcelona (Economía circular verde, 2022).

Representa una gran mejora en la huella de carbono neta en comparación con un bloque equivalente en concreto, con una estimación de +2000 toneladas. La construcción de CLT logró 3576 toneladas de carbono retenido y 976 toneladas de CO₂ incorporadas, lo que resultó en una huella de carbono neta de -2600 toneladas de CO₂.



Figura 15. Edificio Dalston Lane
Fuente: (The B1m , 2020).

El edificio Dalston Lane es considerado el edificio de madera laminada cruzada (CLT) más grande del mundo, ya que se utilizaron 4.500 m³ de este material para construir la estructura portante de nueve plantas (Economía circular verde, 2022).

2.5.3. Stadhaus

El Stadthaus es un edificio residencial de madera ubicado en Londres, Inglaterra. Diseñado por Waugh Thistleton Architects, es considerado uno de los edificios de madera más altos del mundo. Construido con paneles de madera laminada cruzada (CLT), el Stadthaus tiene nueve pisos y alberga 29 apartamentos (Revista MYM, 2023).



Figura 16. Edificio Stadthaus
Fuente: (Archdaily, 2019).

● Materiales y métodos

	FASE 1	FASE 2
FASES	Compilación, bases de datos	Catalogación de detalles constructivos
HERRAMIENTAS	Compilación de información mediante la revisión bibliográfica y consulta a expertos sobre detalles constructivos en madera laminada para edificios de mediana altura	Generar una matriz que permita identificar detalles constructivos aplicados en edificios de mediana altura para aplicar en futuros diseños
RESULTADOS	Videos, conferencias, entrevistas, publicaciones, papers, documentos científicos	Generar una matriz que permita identificar a partir de la selección de variables como análisis estructural, huella hídrica y huella de carbono datos numéricos que indiquen la viabilidad y eficiencia de cada detalle.
	Catálogo de 120 detalles iniciales a partir de normativa vigente aplicada, con recursos existentes en el país.	Catálogo digital y físico con detalles constructivos en 2D, 3D y fotografías de maquetas

Tabla 2. Metodología
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

ANÁLISIS ESTRUCTURAL				
MUIROS	Pie derecho sometido a flexo compresión	1. Bases de cálculo Definir el tipo de madera a utilizar Definir las cargas: una vertical y una presión del viento Considerar la columna (para el pandeo) $k = 1.0$	5. Cálculo de esbeltez En el plano del entramados: $\lambda_y = kL/b$ Fuera del plano del entramado: $\lambda_x = kL/h$	Con esto se logra determinar la carga admisible del detalle de muro, según su resistencia antes cargas axiales en pie derecho.
		2.Efectos máximos Momento máximo, $M = wL^2/8$	6. Carga admisible $N_{adm} = 0.329 \cdot 90000 \cdot x26 / (36.9)^2 = 565 \text{ kg}$	
		3. Esfuerzos admisibles f_c, f_m, E_{prom}, C_k	7. Carga crítica $N_{cr} = (3.14)^2 \cdot x \cdot 90000 \cdot x \cdot 91.5 / (240)^2 = 1411 \text{ kg}$	
		4. Selección de escuadría $A=26\text{cm}$ $I_x=91,5 \text{ cm}^4, Z_x= 28,2 \text{ cm}^3$ $I_y=34,7 \text{ cm}^4, Z_y= 17,3 \text{ cm}^3$	8. Verificación $N/N_{adm} + k_m / M / / Z_x f_m = < 1$	

Tabla 3. Metodología aplicada a muros
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

COLUMNAS	Cálculo sometido a compresión axial	1. Bases de cálculo Definir el tipo de madera a utilizar. Cargas aplicadas provenientes de otros elementos que se apoyan en la columna (kg). Consideraremos que las condiciones de apoyo en los extremos son tales que la columna se considera empotrada en la base y parcialmente impedida de rotar pero libre de desplazarse en el extremo superior.	4. Selección de escuadría Tantear sección de 9x9cm, $A = 81 \text{ cm}^2$	Determinar la resistencia ante cargas axiales tanto de la sección de la columnas como del anclaje y método de fijación.
		2.Efectos máximos Carga axial de compresión de 3000kg (el peso propio de la columna es poco importante para ser considerado aunque si se desea puede incluirse en la carga aplicada)	5. Cálculo de esbeltez $\lambda = l_{ef}/d$ $\lambda > C_k$, luego se trata de una columna larga.	
		3. Esfuerzos admisibles $f_c, E_{mín}, C_k$	6. Carga admisible $N_{adm} = 0.329 \cdot 55000 \cdot x \cdot 196 / (25.71)^2 = 5.365 > 3000\text{kg}$	

Tabla 4. Metodología aplicada a columnas
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

VIGAS Resistencia, rigidez y carga axial	1. Bases de cálculo Definir el tipo de madera, estado (CH < 30 %) - Para carga total Δ máx < L / 250 - Para sobrecarga solamente Δ máx < L / 350	5. Módulo de sección Z $Z > M / fm$	Determinar la resistencia ante cargas axiales tanto de la sección de la viga como del anclaje y método de fijación
	2.Efectos máximos Momento máximo = $M_{max} = wL^2/8$ Cortante máximo = $V_{máx} = wL/2$	6. Selección de secciones variables $Z_{necesario} = 412cm^3 < Z(9X24) = 864 cm^3$ $I_{necesario} = 7735cm^4 < I(9X24) = 10.368 cm^4$	
	3. Esfuerzos admisibles $E_{mín}, f_m, f_v, f_c$	7. Verificación de esfuerzos cortantes $V_h = V_{máx} ; a = R / bfc$	
	4. Momento de inercia $I > 5wL^3k / 384E$	8. Longitud de apoyo $a = R / bfc$	

Tabla 5. Metodología aplicada a vigas
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

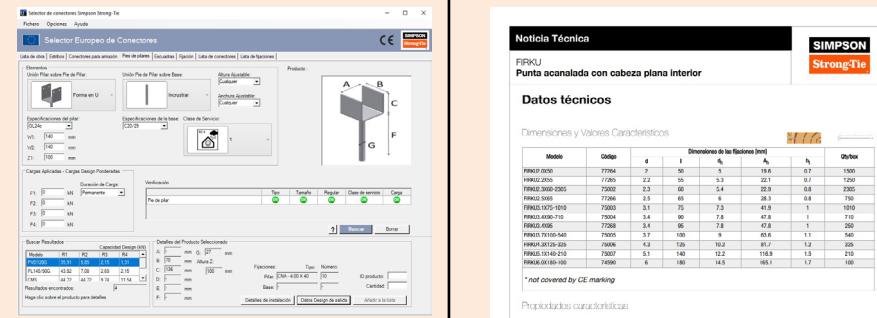
CUBIERTAS Y RIOSTRAS Soporte por anclaje	1. Selección de tipo de anclaje mediante software	2. Comprobación de la ficha técnica del anclaje a usar	Determinar la resistencia ante cargas axiales tanto de la sección de la riostra como del método de unión y anclaje según el catálogo de mercado.
			

Tabla 6. Metodología aplicada a cubiertas y riostras
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

1. Selección de tipo de anclaje mediante software



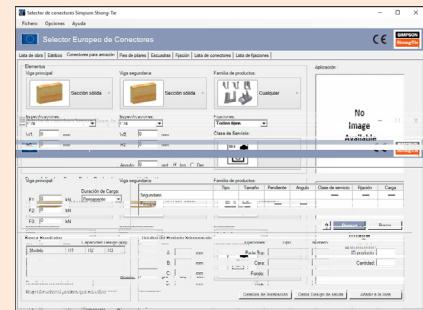
2. Comprobación de la ficha técnica del anclaje a usar

Modelo	Momento de diseño (kNm)	Resistencia característica (kN)	Resistencia característica (kN)	Resistencia característica (kN)
FRANC 2000-200	2.28	8.5	14.5	10.7
FRANC 2000-250	2.28	8.5	8	20.3
FRANC 1575-100	2.08	8.1	7.8	47.9
FRANC 1575-150	2.08	8.1	7.8	47.9
FRANC 1575-200	2.08	8.1	7.8	47.9
FRANC 1575-250	2.08	8.1	7.8	47.9
FRANC 1575-300	2.08	8.1	7.8	47.9
FRANC 1575-350	2.08	8.1	7.8	47.9
FRANC 1575-400	2.08	8.1	7.8	47.9
FRANC 1575-450	2.08	8.1	7.8	47.9
FRANC 1575-500	2.08	8.1	7.8	47.9
FRANC 1575-550	2.08	8.1	7.8	47.9
FRANC 1575-600	2.08	8.1	7.8	47.9
FRANC 1575-650	2.08	8.1	7.8	47.9
FRANC 1575-700	2.08	8.1	7.8	47.9
FRANC 1575-750	2.08	8.1	7.8	47.9
FRANC 1575-800	2.08	8.1	7.8	47.9
FRANC 1575-850	2.08	8.1	7.8	47.9
FRANC 1575-900	2.08	8.1	7.8	47.9
FRANC 1575-950	2.08	8.1	7.8	47.9
FRANC 1575-1000	2.08	8.1	7.8	47.9

Determinar la carga máxima a tolerar por la unión según Iso test realizados y su disponibilidad en el catálogo de mercado.

Tabla 7. Metodología aplicada a conexiones
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

1. Selección de tipo de anclaje mediante software



2. Comprobación de la ficha técnica del anclaje a usar

Modelo	Categoría	a	b	c	d	e	f	g	h	Ø	Ø _{ext}
FRANC 2000	2.28	7	30	5	10.9	0.7	15.0				
FRANC 2000-250	2.28	7	30	5	10.9	0.7	15.0				
FRANC 1575	2.08	6	25	4	9.5	0.6	13.0				
FRANC 1575-150	2.08	6	25	4	9.5	0.6	13.0				
FRANC 1575-200	2.08	6	25	4	9.5	0.6	13.0				
FRANC 1575-250	2.08	6	25	4	9.5	0.6	13.0				
FRANC 1575-300	2.08	6	25	4	9.5	0.6	13.0				
FRANC 1575-350	2.08	6	25	4	9.5	0.6	13.0				
FRANC 1575-400	2.08	6	25	4	9.5	0.6	13.0				
FRANC 1575-450	2.08	6	25	4	9.5	0.6	13.0				
FRANC 1575-500	2.08	6	25	4	9.5	0.6	13.0				
FRANC 1575-550	2.08	6	25	4	9.5	0.6	13.0				
FRANC 1575-600	2.08	6	25	4	9.5	0.6	13.0				
FRANC 1575-650	2.08	6	25	4	9.5	0.6	13.0				
FRANC 1575-700	2.08	6	25	4	9.5	0.6	13.0				
FRANC 1575-750	2.08	6	25	4	9.5	0.6	13.0				
FRANC 1575-800	2.08	6	25	4	9.5	0.6	13.0				
FRANC 1575-850	2.08	6	25	4	9.5	0.6	13.0				
FRANC 1575-900	2.08	6	25	4	9.5	0.6	13.0				
FRANC 1575-950	2.08	6	25	4	9.5	0.6	13.0				
FRANC 1575-1000	2.08	6	25	4	9.5	0.6	13.0				

Tabla 8. Metodología aplicada a anclajes
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

Determinar la carga máxima a tolerar por la unión según Iso test realizados y su disponibilidad en el catálogo de mercado.

HUELLA ECOLÓGICA		
HUELLA HÍDRICA	1. Huella hídrica verde HHVerde = CWUVerde x Superficie Áreas verdes HHAzul = CWUAzul x Superficie Áreas verdes	Litro por kg x Peso del material
	2. Huella hídrica azul WFPAzul = Consumo de agua (m3 / año) * 20% [Volumen / tiempo]	
	3. HH Verde + HH Azul	
HUELLA DE CARBONO	1. Calculadora EC3 (Ver figura 24)	Valor del material (Proporcionado por EC3 de acuerdo al tipo de madera) x Peso del material

Tabla 9. Metodología aplicada en Huella Ecológica
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

3.1 Metodología Cuantitativa

La metodología cuantitativa es un enfoque de investigación que se basa en el uso de herramientas de análisis matemático y estadístico para describir, explicar y predecir fenómenos a través de datos numéricos (Lopes, 2016).

Se utiliza en conjunto con la metodología cualitativa para obtener una comprensión más completa de los fenómenos estudiados. La aplicación implica la definición clara de la población y la muestra, la selección de instrumentos de medición y la aplicación de técnicas estadísticas para el análisis de los datos (Oriol, 2004).

Busca comprender frecuencias, patrones, promedios y correlaciones, entender relaciones de causa y efecto, hacer generalizaciones y probar o confirmar teorías, hipótesis o suposiciones mediante un análisis estadístico (Rodríguez, 2019).

3.2 Análisis estructural

El proceso de cálculo y determinación de los efectos de las cargas y las fuerzas internas en una estructura, edificio o proyecto. El análisis estructural se puede realizar durante el diseño, pruebas y generalmente representarán los materiales utilizados, geometría de la estructura y cargas aplicadas (Carigliano, 2015).

El análisis estructural determina la cantidad de material necesaria para construir una estructura segura y estable, puede ayudar a identificar áreas problemáticas en una estructura existente y proporcionar soluciones para mejorar la seguridad y la estabilidad (Agencias, 2022).

Dentro del ámbito de la construcción, se utilizan una amplia gama de materiales tales como hormigón, acero, madera maciza, convirtiéndose en opciones tradicionales para quienes trabajan en el sector de la construcción. Es importante destacar que algunos de estos materiales de construcción requieren niveles significativos de energía y recursos en su proceso de fabricación. Este hecho no solo implica una inversión económica considerable, sino también un consumo energético considerable (Arriaga,1995).

Al respecto, Arriaga (1995) señala que “A pesar de los costos elevados y la creciente escasez de energía, la tendencia hacia un uso intensivo de la energía continúa en aumento en lugar de disminuir”. La madera es uno de los materiales fácilmente accesibles y se destaca por su amigabilidad con el medio ambiente, ya que su proceso de fabricación utiliza métodos que buscan reducir los niveles de consumo de maquinaria, recursos financieros y energía.

Es por este motivo que el autor Arriaga (1995) enfatiza que “Estos avances representan desarrollos significativos en el ámbito de la construcción y tienen una relevancia crucial en el contexto de la situación energética global”.

El peso de la estructura de madera laminada es considerablemente más ligero que el de los sistemas tradicionales, siendo aproximadamente siete veces inferior, resulta notable la mayor eficiencia energética de los sistemas de construcción de madera en comparación con otros materiales de construcción (Arriaga,1995).

Para los cálculos se establecieron parámetros a partir del manual que va de la mano la normativa vigente, esto para garantizar y cumplir con futuros proyectos a realizar.

Grado	Tensiones básicas de laminación horizontal						Módulo de elasticidad	
	Flexión Fb.f	Com p.par Fb.ep	Tracc.p ar. Fb.tp	Cizal le Fb.cz	Comp.nor m.	Tracc.nor m.	Flexi ón	Axial
A	19	13	9,3	1,3	2,8	0,43	11.000	10.000
B	19	13	6,3	1,3	2,8	0,43	9.000	8.000

Figura 18. Parámetros
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

Se usarán los valores de Grado A más bajos por temas de seguridad, con la finalidad de un mejor comportamiento con maderas laminadas de mayores categorías y así conocer cuál es el límite de esfuerzo axial de la madera laminada en las condiciones más bajas.

3.2.1. Cálculo de flexo - compresión

Se considera un pie – derecho que forma parte del entramado de un muro, el diseño de elementos a flexo compresión indica que los pie derechos por lo general no están sometidos a esfuerzos importantes ya que el revestimiento del entramado también contribuye a la resistencia del muro (Manual de diseño para madera, 1984).

Para aplicar la metodología se necesita las bases para el cálculo, es necesario establecer el tipo de madera, las cargas, carga axial – horizontal por pie derecho para obtener el momento máximo, esfuerzos admisibles, módulo de elasticidad y Ck, escuadría para calcular la esbeltez y carga admisible (Manual de diseño para madera, 1984).

Se aplicará la carga crítica de Euler en la dirección en la que se encuentra la flexión (Manual de diseño para madera, 1984).

Este método se utiliza para evaluar la capacidad de carga de madera sometidas a cargas de flexión y compresión. Este método se basa en la teoría de la flexión y la compresión, y se utiliza para determinar la capacidad de carga de las columnas de madera bajo diferentes condiciones de carga (José, J., & Claudia Sotolongo Pérez. 2018).

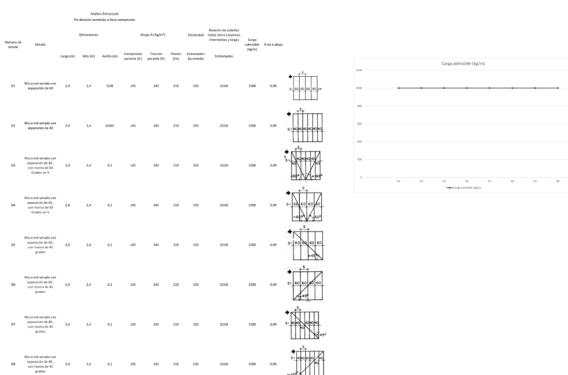


Figura 19. Matriz de flexo - compresión aplicada
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

3.2.2. Cálculo de compresión axial

Las cargas admisibles determinadas por el pandeo alrededor del eje débil, es decir la dimensión menor, las cargas admisibles determinadas por el pandeo alrededor del eje fuerte de la sección, es decir de una dimensión mayor (Manual de diseño para madera, 1984).

El eje Y-Y se considera el eje débil por otro lado el eje X-X será el eje fuerte, en caso de pandeo alrededor del eje débil este debidamente restringido, es decir cuando la esbeltez según el eje Y-Y sea menor o cuando sea más igual a la esbeltez según el eje X-X (Manual de diseño para madera, 1984).

Para aplicar la metodología se deberá establecer las bases para el cálculo, es decir el tipo de madera, cargas aplicadas, condiciones de apoyo, carga axial, esfuerzos admisibles, módulo de elasticidad, dimensiones de escuadría para obtener la esbeltez y carga admisible (Manual de diseño para madera, 1984).

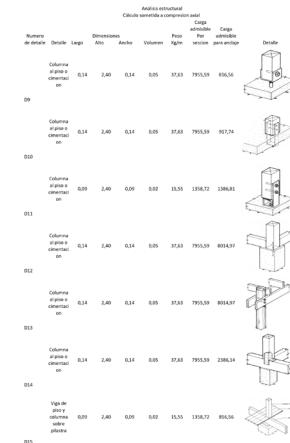


Figura 20. Matriz de compresión axial
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

3.2.3. Cálculo resistencia, rigidez y C.axial

Se mide la rigidez en la viga se mide con la finalidad de medir la resistencia que esta tiene ante cargas de flexión a la par que las cargas axiales llegan a ser de las mas involucradas cuando se evalúa su comportamiento estructural, para lo cual se deberán de conocer el momento máximo y su cortante máxima y asi poder calcular sus valores máximos de esfuerzos cortantes (Manual de diseño para madera, 1984).

Ver la tabla # para ver la aplicación en detalles para vigas.

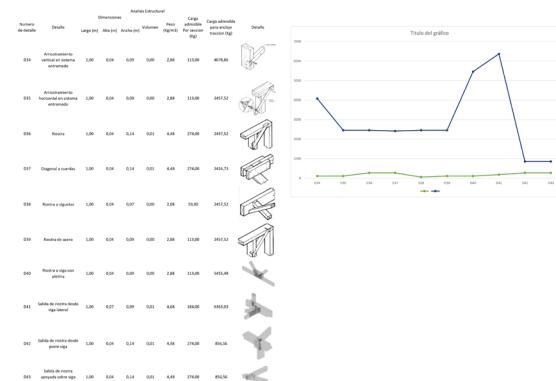


Figura 21. Matriz de resistencia, rigidez y carga axial
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

3.2.4. Cálculo de diseño de elementos en flexión.

Las cargas verticales producen efectos como corte y flexión, el análisis y diseño puede ser considerado por el material ya sea isotró-pico o homogéneo de comporta-

miento lineal y con hipótesis habituales de la teoría de vigas (Manual de diseño para madera, 1984).

Para la consideración de las deformaciones diferidas deberán modificarse únicamente la carga aplicada sobre el elemento. Sin embargo, esto no es aplicable cuando el diseño es controlado por resistencia por corte o flexión -curva única en la parte superior (Manual de diseño para madera, 1984).

Los esfuerzos son considerados a partir de una tabla. El módulo de elasticidad es el E_m , para el cálculo de las curvas carga admisible luz. se ha considerado la resistencia a la flexión y corte, así como el criterio de deflexiones máximas (Manual de diseño para madera, 1984).

Para aplicar la metodología se necesitará el tipo de madera, las cargas a considerarse, efectos máximos, es decir el total de la carga muerta, viva y total, esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad, inercia, módulo de sección necesario por la resistencia por último este se debe de comprobar por la verificación del esfuerzo cortante y estabilidad lateral (Manual de diseño para madera, 1984).

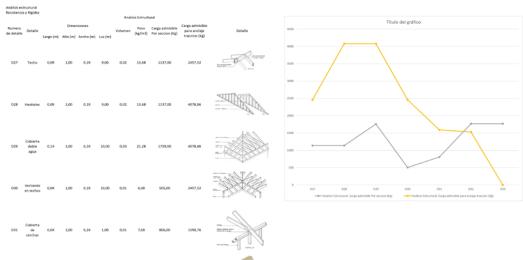


Figura 22. Matriz de soporte por anclaje
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

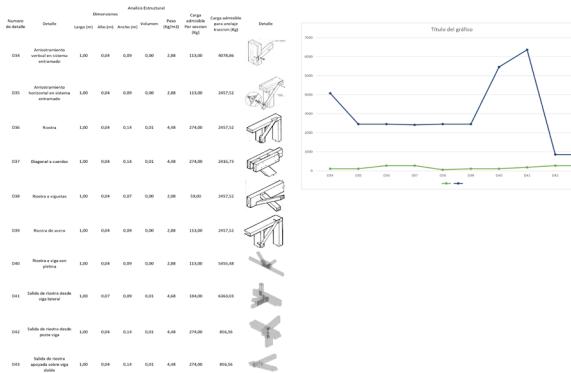


Figura 23. Matriz de soporte por anclaje
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

3.2.5. Resistencia y fallo de carga sometida

Las conexiones que se lleguen a usar tendrán que estar sometidas a grandes cargas sobre todo en cimentación en donde tendrán que resistir tanto peso propio del edificio y cargas vivas que estarán en esta por lo cual se deberá elegir entre posibles uniones junto con secciones adecuadas para el diseño estructural del proyecto, es por esto que se revisara en catálogos de mercado para poder seleccionar el sistema de anclaje mas optimo para el proyecto siempre y cuando este se encuentre testeado y certificado para su comportamiento antes las fuerzas que se aplicaran (Manual de diseño para madera, 1984).

3.3 Huella ecológica

La huella ecológica es un parámetro que evalúa la influencia que una actividad o estilo de vida ejerce en el entorno terrestre, comparándola con la capacidad del planeta para asimilar este impacto y recuperarse. Se utiliza para calcular la superficie de tierra ecológicamente productiva requerida para generar los recursos consumidos por una persona y la superficie necesaria para absorber los desechos que genera (Climate Consulting, 2021).

En lo que respecta a su aplicación en la industria de la construcción, el concepto de huella ecológica puede servir de ayuda a los ingenieros para calcular la cantidad de recursos naturales requeridos en la edificación de estructuras seguras y sustentables (Climate Consulting, 2021).

En este contexto, la huella ecológica en la construcción se refiere al volumen de recursos naturales empleados en la creación y el mantenimiento de edificaciones, viviendas y otros espacios (Climate Consulting, 2021).

Se puede describir también como la cantidad de tierra y agua empleada en la producción de bienes y servicios, incluyendo actividades como la agricultura, la cría de ganado y la extracción de recursos naturales (Climate Consulting, 2021).

3.3.1. Herramienta EC3 (CO2)

Embodied Carbon in Construction Calculator es una herramienta EC3 proporciona información sobre las emisiones de carbono asociadas a los materiales utilizados en la construcción, ilustra la cantidad en kilogramos de CO2 por metro cúbico. Alienta a los proyectos a establecer un presupuesto de rendimiento de carbono, que luego

puede administrarse mediante la gestión de la cantidad de materiales y los esfuerzos de adquisición (EC3, 2018).

Para aplicar esta metodología se debe de seleccionar el material, categoría y especificaciones de acuerdo al material que se quiere analizar, se va a generar un gráfico arrojando los resultados (EC3, 2018).

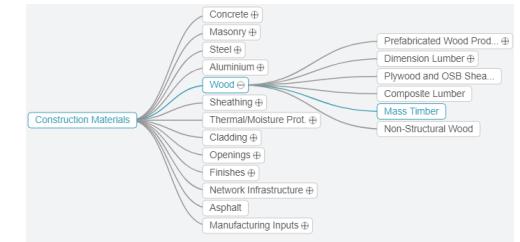


Figura 24. Aplicación
Fuente: (Calculadora EC3, 2023).

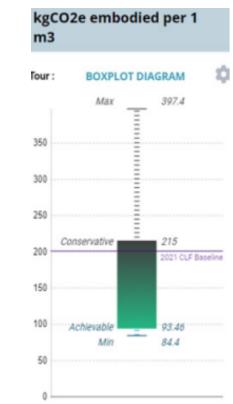


Figura 25. CO2 en madera laminada
Fuente: (Calculadora EC3, 2023).

La madera laminada posee 93.46 kgCO2 por cada m3, esto es una cantidad considerable a comparación de

otros materiales que exceden en cuanto a la producción de CO2 en el tiempo de fabricación.

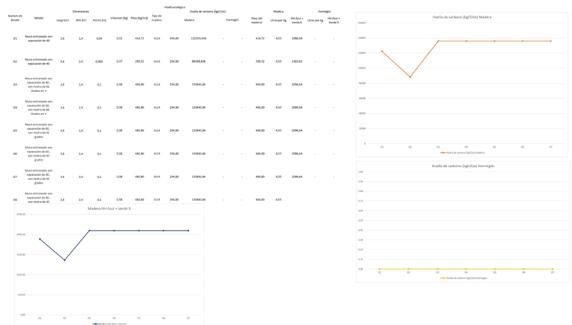


Figura 26. Matriz de CO2 aplicada
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

3.4 Huella hídrica

El agua es un elemento fundamental para la supervivencia y dignidad humana, siendo la base de la resiliencia de las sociedades, la disponibilidad global del agua dulce es de aproximadamente 5.5000m3 por persona por año, esto representa una disminución del 37%.

HH es un indicador de naturaleza multifacética que tiene la capacidad de calcular la cantidad de agua dulce utilizada por las actividades humanas, tomando en cuenta tanto la procedencia del recurso como la cantidad de agua dulce afectada por diversos procesos. (Universidad Autónoma de Madrid, 2019).

El método de cálculo de HH puede emplearse en una variedad de contextos, ya sea para evaluar procesos, productos, conjuntos de individuos o consumidores, secto-

res industriales o empresas, e incluso áreas geográficas como regiones o países. En cada situación específica, es necesario definir la escala temporal y espacial, así como los límites y la precisión del análisis. Estos aspectos dependerán del alcance del estudio y de la naturaleza y calidad de los datos disponibles (Hoekstra,2010).

El HH es un indicador volumétrico que permite cuantificar el volumen de agua consumida o contaminada por parte del ser humano, este se puede dividir en 3 colores: agua verde, azul y gris(Hoekstra, 2009).

HH azul, indica el volumen de agua ya sea de origen superficial o a su vez subterráneo que es consumida durante el proceso de producción y que necesita de una infraestructura más compleja para su utilización (Hoekstra, 2011).

$$WFP_{Azul} = Consumo\ de\ agua\ \left(\frac{m^3}{año}\right) * 20\%[Volumen/tiempo]$$

Figura 27. Fórmula HH Azul
Fuente: (Water Footprint Network, 2017).

Siendo el 20% el porcentaje de evaporación.

Para aplicar el cálculo se debe identificar los procesos y actividades relacionadas con la construcción que consumen agua dulce.

Determinar el volumen de agua dulce consumido por cada proceso o actividad.

Calcular la huella hídrica azul para cada proceso o actividad utilizando la siguiente fórmula: Huella Hídrica Azul (HAz) = Volumen de agua dulce consumido / Eficiencia del sistema de gestión de aguas (ESGA).

HH verde, indica el agua procedente de la precipitación y que es evaporada de forma directa durante el proceso productivo (Hoekstra, 2011).

Para esto se debe determinar la cantidad de agua de lluvia que se recolecta y utiliza en el sitio durante el período de tiempo considerado.

Calcular la eficiencia del sistema de recolección y uso de agua de lluvia (ESRG) en el proyecto de construcción. La eficiencia puede variar según la tecnología y las prácticas de gestión utilizadas.

Indica la cantidad total de agua proveniente de la lluvia, la cual hidrata directamente tanto a las plantas como al suelo, y posteriormente da lugar al proceso de evapotranspiración.

Calcular la huella hídrica verde utilizando la siguiente fórmula:

Huella Hídrica Verde (HV) = Cantidad de agua de lluvia recolectada y utilizada / Eficiencia del sistema de recolección y uso de agua de lluvia (ESRG).

La HH verde total equivale al resultado de la sumatoria de HH Verdes cuantificadas de las diferentes especies que se encuentren dentro del estudio.

$$HH\ Verde = CWU_{Verde} \times Superficie\ Áreas\ Verdes$$

$$HH\ Azul = CWU_{Azul} \times Superficie\ Áreas\ Verdes$$

Figura 28. Fórmula HH Verde Total
Fuente: (Water Footprint Network, 2017).

Donde:

CWUverde: uso de agua de lluvia.

CWUazul: uso de agua extra.

HH gris, indica la contaminación que se genera a lo largo de un proceso productivo (Hoekstra, 2011).

Para el cálculo se debe de tener el cociente entre la carga de contaminantes sobre el valor de la norma de calidad del agua del ambiente para tal contaminante, se aplicará la siguiente fórmula:

$$WF_{proc.grey} = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} = \frac{Effl \times C_{effl} - Abstr \times C_{act}}{C_{max} - C_{nat}}$$

Figura 29. Fórmula
Fuente: (Water Footprint Network, 2017).

3.4.1. Manual WFN

En el año 2008 se fundó la “Water Footprint Network”, una red internacional compuesta por instituciones académicas, organismos públicos, ONGs, organizaciones internacionales y empresas privadas.

Su objetivo es profundizar en el conocimiento de la huella hídrica como indicador para medir los impactos de las actividades humanas sobre los recursos hídricos.

La WFN ha creado un manual llamado “The Water Footprint Assessment Manual” (Hoekstra et al., 2011) que recopila y estandariza los principales conceptos y avances metodológicos relacionados con la evaluación de la HH.

La madera es un material que tiene una huella hídrica verde elevada. Es importante tener en cuenta que la evaporación de los bosques representa entre el 45% y el 58% del flujo total de vapor de agua en la atmósfera, aunque no todo este volumen de agua está relacionado con el proceso de evaporación y transpiración de las plantas vinculado con su proceso de crecimiento.

Según las estimaciones de Van Oel y Hoekstra (2010), la huella hídrica verde de la madera seca de pino en rollo en España es de 655 m3 de agua por m3 de madera, lo que es algo menor que la media mundial de 726 m3/m3.

Teniendo en cuenta que se utiliza como estándar de mercado que cada metro cúbico de madera seca de pino pesa 500 kg, la huella hídrica de la madera seca de pino en rollo es de 1.310 l/kg. Sin embargo, el proceso por el cual dicha madera en rollo pasa a madera transformada incrementa dicha huella hídrica verde inicial (Van Oel y Hoekstra (2010).

El método de cálculo utilizado consistió en asignar un tipo de madera para cada uso y convertir los datos de huella hídrica estimados por Schysn et al. (2017) en metros cúbicos de agua por metro cúbico de cada tipo de madera, a partir del cálculo de la densidad media de cada uno de ellos. Luego, se convirtieron estos datos de huella hídrica en litros por kilogramo.

Para la aplicación de la metodología se debe tomar en cuenta estos pasos 1. Definición del objetivo y alcance del análisis. 2. Contabilidad de la HH, seleccionando la metodología apropiada según el ámbito de aplicación elegido. 3. Análisis de la sostenibilidad social, ambiental y económica de la HH evaluada. 4. Formulación de respuestas que permitan minimizar los impactos detectados (Universidad Autónoma de Madrid, 2019).

Los datos necesarios para el cálculo serán la selección del material y la cantidad de los litros/Kg base que proporciona la WFN, tanto de la huella hídrica (verde+azul) y la huella hídrica total (verde+azul+gris) (Universidad Autónoma de Madrid, 2019).

MADERA LAMINADA						
DESCRIPCIÓN DE LA OBRA	PESO DE MATERIALES		Huella hídrica verde + azul		Huella hídrica total	
	Cantidad	kg	litros/kg	litros por material	litros/kg	litros por material
Pinturas	4	506	4,55	2302,3	234,6	108587,6
Columnas	4	162,4	0	0	0	0
Vigas	4	336	0	0	0	0
TOTAL						108587,6

Figura 30. HH de sección con madera laminada
Fuente: (José Gutiérrez, 2019).

La madera laminada tiene un consumo de agua mínimo e imperceptible, ya que no se necesita agua para su uso directo en la obra. Por otro lado en sistemas mixtos o cimentaciones si van a requerir agua durante su colocación para que el hormigón se pueda llevar a cabo (Borja, 2019).

La resistencia estructural y la huella ecológica son dos aspectos importantes para considerar en el diseño y la ejecución de un detalle constructivo. Sin embargo, no tienen por qué ser opuestos o excluyentes, sino que se pueden buscar soluciones que optimicen ambos criterios (Vences Macedo, L., 2022).

Las metodologías de análisis estructural y huella ecológica son importantes para la sostenibilidad, cada una con su enfoque particular. El análisis estructural se centra en comprender la organización y las interrelaciones de los elementos de un sistema, lo que es fundamental para diseñar estrategias de sostenibilidad efectivas (Chávez Dagostino, R., 2023).

Por otro lado, la huella ecológica es un indicador que mide el impacto de las actividades humanas en el me-

dio ambiente, estimando la superficie productiva necesaria en términos de consumo de recursos y asimilación de desechos (Rodríguez Martínez, M., 2022).

Ambas metodologías son relevantes para la sostenibilidad, ya que el análisis estructural proporciona una comprensión profunda de los sistemas, mientras que la huella ecológica cuantifica el impacto ambiental de las actividades humanas, lo que es esencial para la toma de decisiones informadas en pro de la sostenibilidad (Bravo Leticia, M., 2023).

La resistencia estructural es la capacidad de un elemento constructivo para soportar las cargas y las sollicitaciones a las que está sometido, sin sufrir deformaciones excesivas o roturas que comprometan su funcionalidad o su seguridad. Es importante porque garantiza la estabilidad y la durabilidad de la obra, evitando posibles fallos o accidentes que puedan causar daños materiales o humanos (Faggioni Sandra, 2022).

La huella ecológica es un parámetro que nos permite medir el impacto que una actividad humana tiene sobre el medio ambiente, en términos de consumo de recursos naturales y de emisión de gases de efecto invernadero. La huella ecológica es importante porque nos ayuda a entender las consecuencias de nuestras acciones sobre el planeta y a buscar formas de reducir ese impacto, buscando una mayor sostenibilidad y resiliencia.

La huella ecológica es un indicador importante para la sostenibilidad, ya que permite cuantificar el impacto de las actividades humanas en el medio ambiente. La huella ecológica persigue incorporar la sostenibilidad a la organización, analizar los recursos consumidos, servir como herramienta educativa y medidas de sensibilización ambiental, y estimular políticas y a favor de un desarrollo

sostenible real que puede influir en el entorno cercano o inspirar a otras instituciones y a la sociedad en general.

Un detalle constructivo puede tener una mayor o menor huella ecológica dependiendo de varios factores, como el tipo de material utilizado, el proceso de fabricación, el transporte, la puesta en obra, el mantenimiento y el fin de vida útil. Para calcular la huella ecológica de un detalle constructivo, se puede utilizar la metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV), que consiste en evaluar todas las etapas por las que pasa un producto desde su extracción hasta su disposición final (Muños del Campo Lorena, 2022).

La resistencia estructural y la huella ecológica de un detalle constructivo pueden estar relacionadas, pero no siempre de forma directa o proporcional. Por ejemplo, un material puede tener una alta resistencia estructural, pero también una alta huella ecológica, si su proceso de obtención o de transformación es muy contaminante o consume mucha energía (Muños del Campo Lorena, 2022).

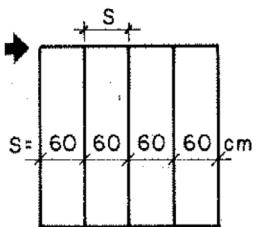
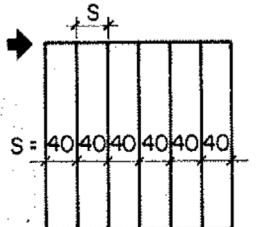
Por otro lado, un material puede tener una baja resistencia estructural, pero también una baja huella ecológica, si se trata de un material reciclado o renovable, que requiere poca energía o genera pocos residuos (Thompson, 2020).

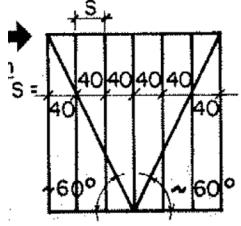
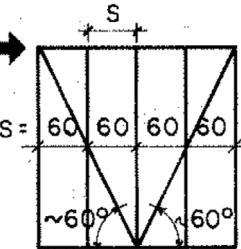
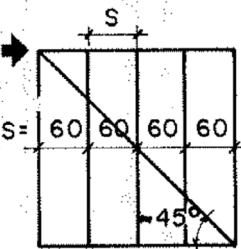
Por lo tanto, la importancia relativa de la resistencia estructural y la huella ecológica de un detalle constructivo dependerá del contexto y del objetivo de cada proyecto. Lo ideal sería encontrar un equilibrio entre ambos aspectos, buscando soluciones que ofrezcan una resistencia estructural adecuada, pero que también minimicen la huella ecológica, utilizando materiales ecológicos, eficientes y duraderos (Bermeo, 2007).

ETAPA 3

Difusión de resultados

Difusión de resultados

ANÁLISIS ESTRUCTURAL													
MUROS (Pie derecho sometido a flexo - compresión)													
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Grupo A (kg/m ²)			Elasticidad	Relación de esbeltez límite entre columnas intermedias y largas		Carga admisible (kg/m)	% de trabajo	Fotografía del detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)	Compresión paralela (ft)	Tracción paralela (ft)	Flexión (fm)	Entramados Epromedio	Entramados				
D1	Muro entramado con separación de 60	2,4	2,4	0,09	145	145	210	130	20,06	1000	0,99		
D2	Muro entramado con separación de 40	2,4	2,4	0,065	145	145	210	130	20,06	1000	0,99		

ANÁLISIS ESTRUCTURAL												
MUROS (Pie derecho sometido a flexo - compresión)												
D3	Muro entramado con separación de 40, con riostra de 60 Grados en V	2,4	2,4	0,09	145	145	210	130	20,06	1000	0,99	
D4	Muro entramado con separación de 60, con riostra de 60 Grados en V	2,4	2,4	0,09	145	145	210	130	20,06	1000	0,99	
D5	Muro entramado con separación de 60, con riostra de 45 grados	2,4	2,4	0,09	145	145	210	130	20,06	1000	0,99	

ANÁLISIS ESTRUCTURAL												
MUROS (Pie derecho sometido a flexo - compresión)												
D6	Muro entramado con separación de 60, con riostra de 45 grados	2,4	2,4	0,09	145	145	210	130	20,06	1000	0,99	
D7	Muro entramado con separación de 40, con riostra de 45 grados	2,4	2,4	0,09	145	145	210	130	20,06	1000	0,99	
D8	Muro entramado con separación de 40, con riostra de 45 grados	2,4	2,4	0,09	145	145	210	130	20,06	1000	0,99	

Tabla 10. Metodología estructural aplicada en muros
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

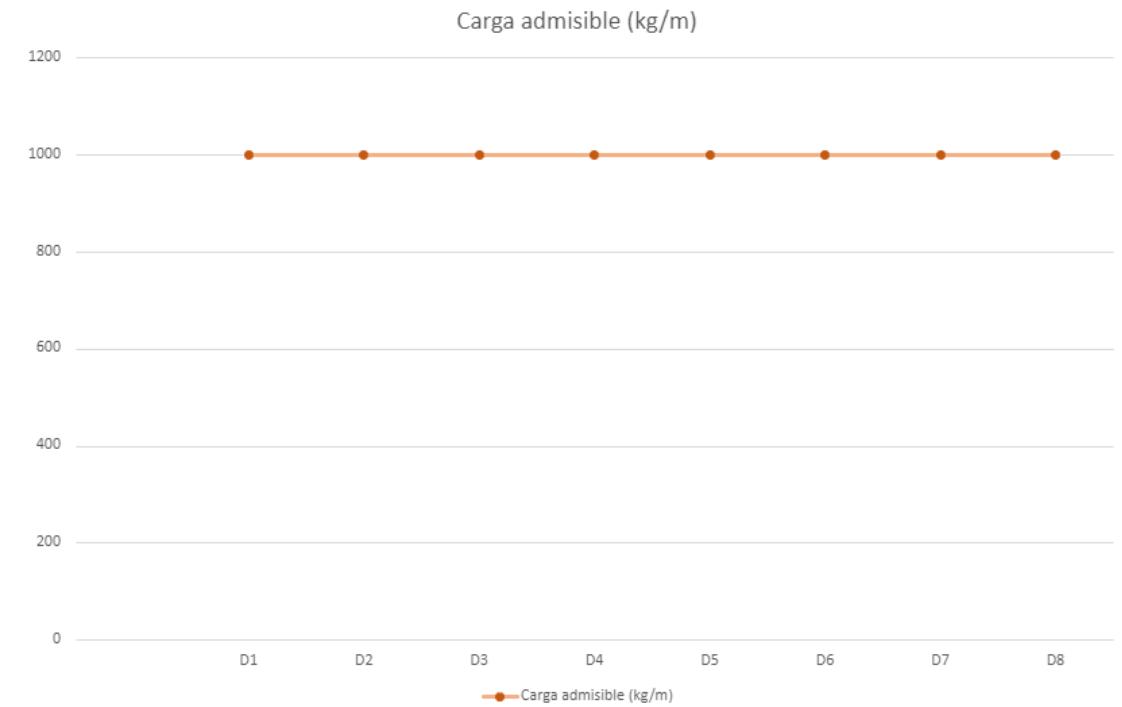


Figura 31. Carga admisible
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

El comportamiento ante la carga axial sometida en pie derecho en los muros llega a ser el mismo, vemos que, pese a que alguno de estos poseen riostras en diferentes ángulos, estas ayudan a los esfuerzos laterales presentes en sismos mas no afectan a gran escala a cargas axiales en pie derecho.

HUELLA ECOLÓGICA																
Número de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen (kg)	Peso (Kg/m ³)	Tipo de madera	Huella de carbono (kgCO ₂ e)				Madera			Hormigón	
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)				Madera	Hormigón	Peso del material	litros por Kg	HH Azul + Verde lt	Litros por Kg	HH Azul + Verde lt		
D1	Muro entramado con separación de 60	0,09	2,4	0,09	0,14	108,86	GL24	294,80	32093,10	0,00	0,00	108,86	4,55	495,33	0,00	0,00
D2	Muro entramado con separación de 40	0,09	2,4	0,09	0,17	139,97	GL24	294,80	41262,56	0,00	0,00	139,97	4,55	636,85	0,00	0,00
D3	Muro entramado con separación de 40, con riostra de 60 Grados en V	0,09	2,4	0,09	0,21	171,07	GL24	294,80	50432,02	0,00	0,00	171,07	4,55	778,38	0,00	0,00
D4	Muro entramado con separación de 60, con riostra de 60 Grados en V	0,09	2,4	0,09	0,17	139,97	GL24	294,80	41262,56	0,00	0,00	139,97	4,55	636,85	0,00	0,00
D5	Muro entramado con separación de 60, con riostra de 45 grados	0,09	2,4	0,09	0,16	124,42	GL24	294,80	36677,83	0,00	0,00	124,42	4,55	566,09	0,00	0,00
D6	Muro entramado con separación de 60, con riostra de 45 grados	0,09	2,4	0,09	0,16	124,42	GL24	294,80	36677,83	0,00	0,00	124,42	4,55	566,09	0,00	0,00
D7	Muro entramado con separación de 40, con riostra de 45 grados	0,09	2,4	0,09	0,19	155,52	GL24	294,80	45847,29	0,00	0,00	155,52	4,55	707,62	0,00	0,00
D8	Muro entramado con separación de 40, con riostra de 45 grados	0,09	2,4	0,09	0,19	155,52	GL24	294,80	45847,296	0,00	0,00	155,52	4,55	707,62	0,00	0,00

Tabla 11. Metodología de huella ecológica aplicada en muros
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

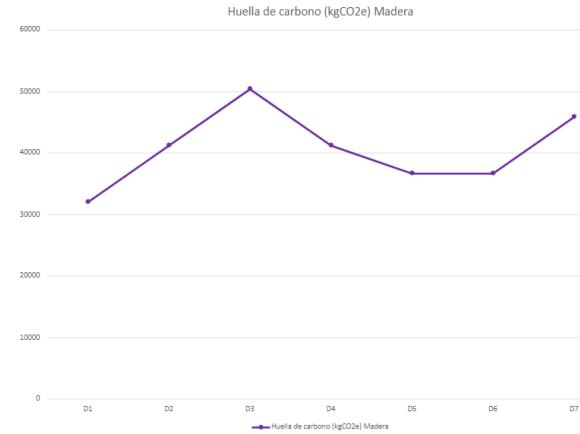


Figura 32. Huella de carbono (Madera)
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

De acuerdo con la gráfica de la figura 32, se puede inferir que los muros con mayor cantidad de material son los que tienen mayor captura de carbono. Esto es beneficioso para el planeta, ya que la captura de carbono ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y combatir el cambio climático.

La Huella Hídrica es una medida que se utiliza para evaluar el impacto del consumo de agua en el medio ambiente. Se busca reducir el uso de recursos naturales y la aplicar tecnologías para minimizar el impacto ambiental. La gráfica de la figura 34 muestra que los muros construidos con madera laminada y elementos de conexión son capaces de cumplir con la reducción total de la huella hídrica.

Muestra la huella verde y azul, en esta aplicación podemos ver una similitud en la figura 32 y 33 ya que al calcular la huella verde estamos calculando la recopilación de CO₂ en el material.

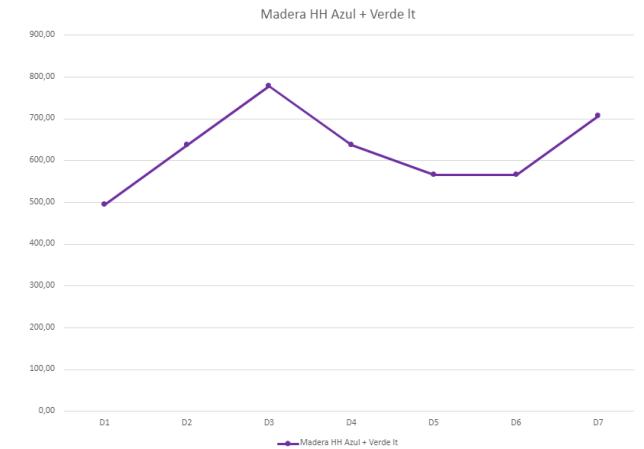


Figura 33. Huella hídrica (Madera)
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

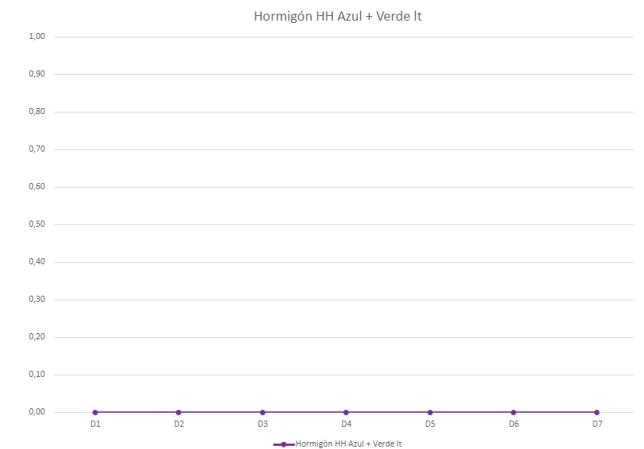
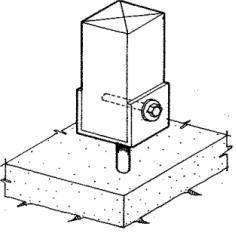
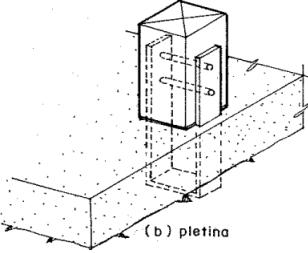
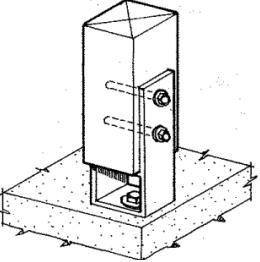


Figura 34. Huella hídrica (Hormigón)
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

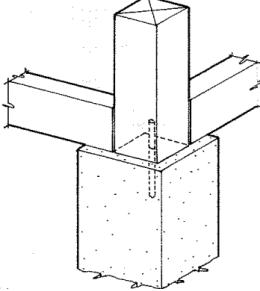
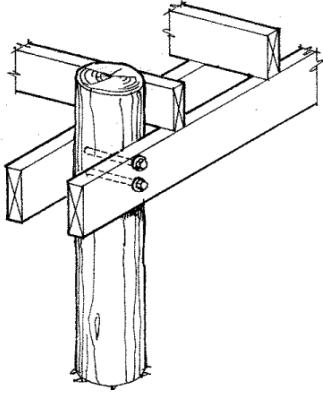
ANÁLISIS ESTRUCTURAL

COLUMNAS (Cálculo sometida a compresión axial)

Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso kg/m	Carga admisible Por seccion (kg)	Carga admisible para anclaje (kg)	Fotografía del detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D9	Columna al piso o cimentacion	0,14	2,40	0,14	0,05	37,63	7955,59	856,56	
D10	Columna al piso o cimentacion	0,14	2,40	0,14	0,05	37,63	7955,59	917,74	
D11	Columna al piso o cimentacion	0,09	2,40	0,09	0,02	15,55	1358,72	1386,81	

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

COLUMNAS (Cálculo sometida a compresión axial)

Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso kg/m	Carga admisible Por seccion (kg)	Carga admisible para anclaje (kg)	Fotografía del detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D12	Columna al piso o cimentacion	0,14	2,40	0,14	0,05	37,63	7955,59	8014,97	
D13	Columna al piso o cimentacion	0,14	2,40	0,14	0,05	37,63	7955,59	8014,97	

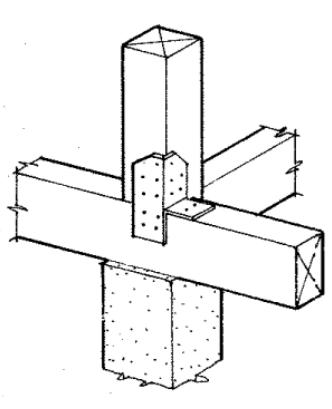
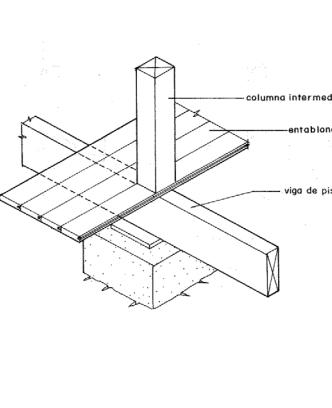
ANÁLISIS ESTRUCTURAL									
COLUMNAS (Cálculo sometida a compresión axial)									
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso kg/m	Carga admisible Por seccion (kg)	Carga admisible para anclaje (kg)	Fotografía del detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D14	Columna al piso o cimentacion	0,14	2,40	0,14	0,05	37,63	7955,59	2386,14	
D15	Viga de piso y columna sobre pilastra	0,09	2,40	0,09	0,02	15,55	1358,72	856,56	

Tabla 12. Metodología estructural aplicada en columnas
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

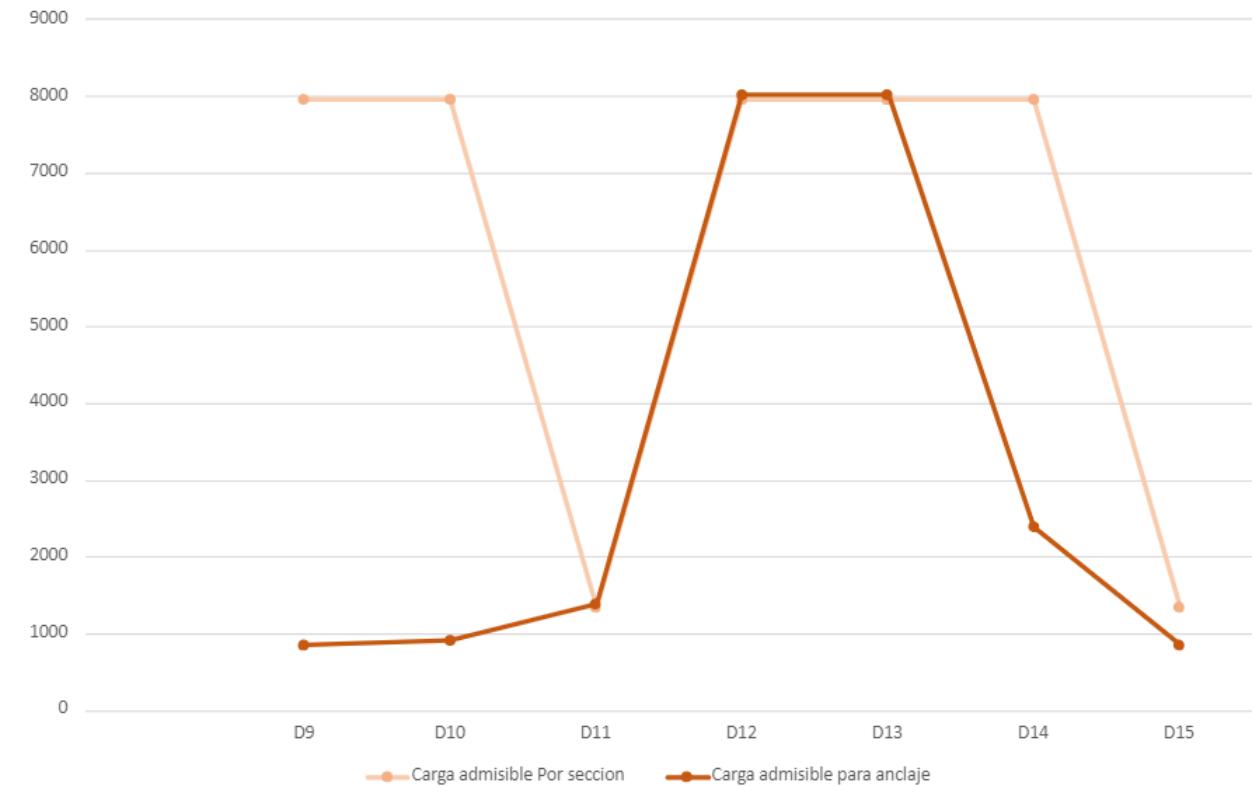


Figura 35. Cálculo sometido a compresión axial
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

En esta categoría se tomara en cuenta dos tipos de esfuerzos, entre los cuales están la carga admisible por sección y la carga admisible por anclaje esto se debe a que parte de la resistencia del detalle dependerá de la capacidad del anclaje y como este está pensado para trabajar estructuralmente.

En la figura 35 se puede ver que si bien hay secciones que resisten grandes cargas el tipo de anclaje que se utiliza para el detalle, no está diseñado para tolerar el mismo nivel de cargas, con lo cual lo hace descartar como funcional. Para este caso aquellos detalles funcionales serán los que tengan menos rango de diferencia entre la carga admisible por sección y la carga admisible por el anclaje.

HUELLA ECOLÓGICA																
Número de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (kg/m ³)	Tipo de madera	Huella de carbono (kgCO ₂ e)				Madera			Hormigón	
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)				Madera	Hormigón	Peso del material	Litros por Kg	HH Azul + Verde lt	Litros por Kg	HH Azul + Verde lt		
D9	Columna al piso o cimentación	0,14	2,40	0,14	0,05	37,63	GL24	294,80	11093,91	469,50	17668,22	37,63	4,55	171,23	1,57	59,08
D10	Columna al piso o cimentación	0,14	2,40	0,14	0,05	37,63	GL24	294,80	11093,91	469,50	17668,22	37,63	4,55	171,23	1,57	59,08
D11	Columna al piso o cimentación	0,09	2,40	0,09	0,02	15,55	GL24	294,80	4584,72	469,50	7301,66	15,55	4,55	70,76	1,57	24,42
D12	Columna al piso o cimentación	0,14	2,40	0,14	0,05	37,63	GL24	294,80	11093,91	469,50	17668,22	37,63	4,55	171,23	1,57	59,08
D13	Columna al piso o cimentación	0,14	2,40	0,14	0,05	37,63	GL24	294,80	11093,91	469,50	17668,22	37,63	4,55	171,23	1,57	59,08
D14	Columna al piso o cimentación	0,14	2,40	0,14	0,05	37,63	GL24	294,80	11093,91	469,50	17668,22	37,63	4,55	171,23	1,57	59,08
D15	Viga de piso y columna sobre pilastra	0,09	2,40	0,09	0,02	15,55	GL24	294,80	4584,72	469,50	7301,664	15,55	4,55	70,76	1,57	24,42

Tabla 13. Metodología de huella ecológica aplicada en columnas
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

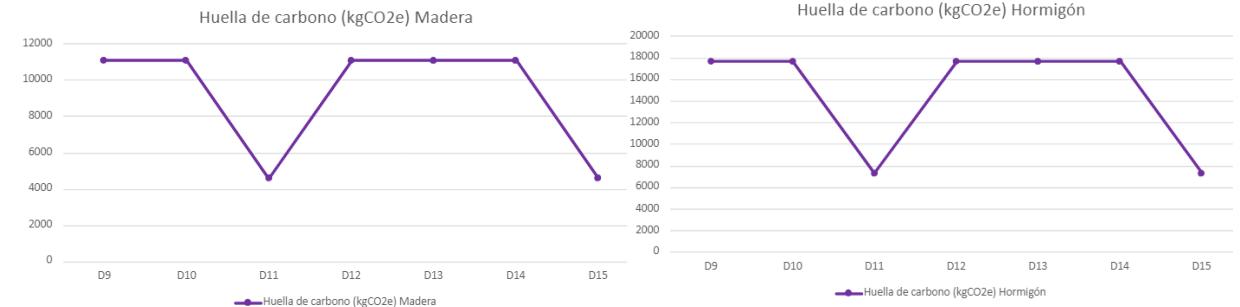


Figura 36. Huella de carbono
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

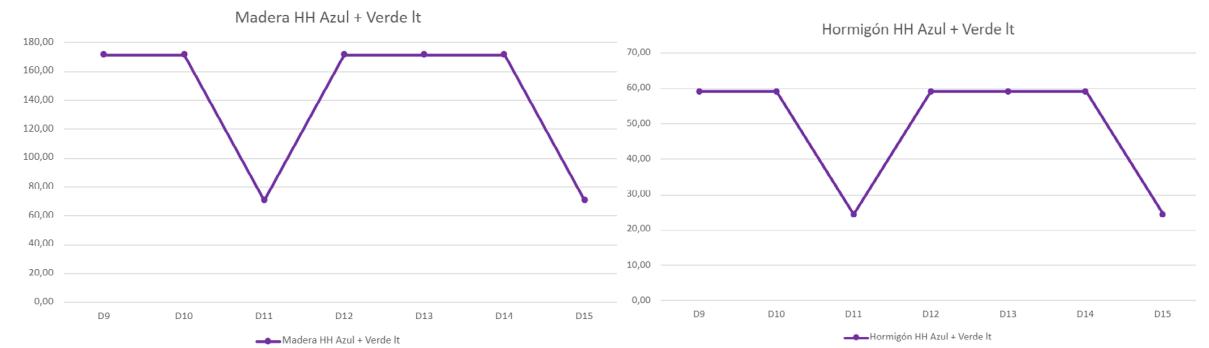
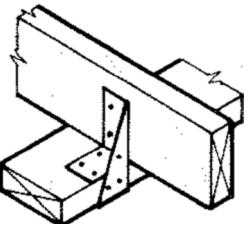
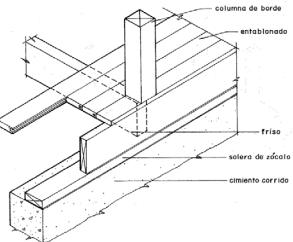
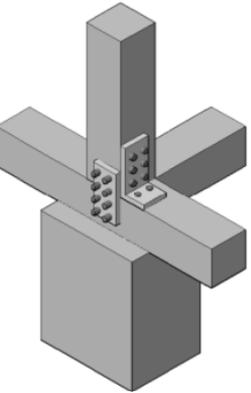


Figura 37. Huella Hídrica
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

En detalles para columnas vamos a encontrar sistemas mixtos, los cuales van a ser sometidos a la metodología para seleccionar los mejores en cuanto a huella de carbono y huella hídrica, ya que al ser mixtos tendrán un mayor uso de recursos en cuanto a la aplicación y fabricación.

En la figura 36 y 37 se observa el comportamiento de los detalles D11 y D15 que baja en la gráfica, esto se debe al peso que tiene el material y como su uso en la construcción ocupará más recursos en comparación a los otros detalles evaluados.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL									
VIGA (Resistencia y rigidez)									
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (Kg/m ³)	Carga admisible Por seccion	Carga admisible para anclaje (kg)	Fotografía de detalle
		Luz (m)	Alto (cm)	Ancho (cm)					
D16	Vigas	1,80	0,24	0,09	0,04	31,10	1769,00	1590,76	
D17	Viga de piso y columna sobre cemento corrido	3,00	0,09	0,24	0,06	51,84	1814,00	275,32	
D18	Viga de piso y columna sobre plinto de madera	4,00	0,14	0,29	0,16	129,92	4121,00	3334,47	

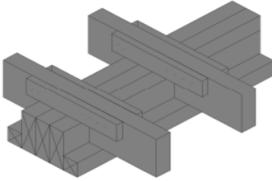
ANÁLISIS ESTRUCTURAL									
VIGA (Resistencia y rigidez)									
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (Kg/m ³)	Carga admisible Por seccion	Carga admisible para anclaje (kg)	Fotografía de detalle
		Luz (m)	Alto (cm)	Ancho (cm)					
D19	Asentamiento de losa	1,50	0,09	0,29	0,04	31,32	2649,00	0,00	

Tabla 14. Metodología estructural aplicada en vigas

Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

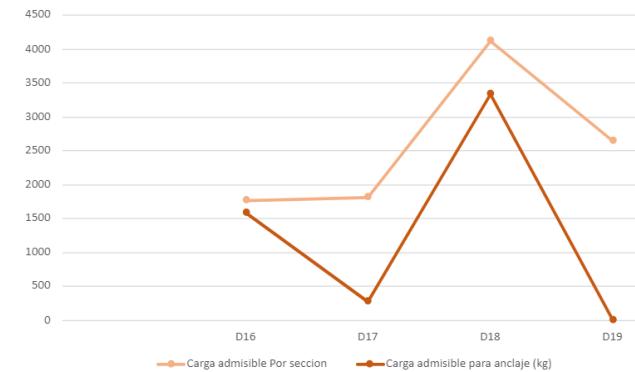


Figura 38. Resistencia y Rigidez
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

En vigas el método de análisis será de acuerdo a la sección a utilizar y al tipo de anclaje en el detalle.

Con lo cual se puede evidenciar en la figura 38 que existen ciertos picos en los que la resistencia entre la sección y el anclaje coinciden siendo estos detalles los más funcionales al momento de aplicarlos.

Por otro lado los detalles cuyas fijaciones dependen más del nivel de entramado, llegan a tener una ven-

HUELLA ECOLÓGICA																
Número de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen (Kg)	Peso (Kg/m3)	Tipo de madera	Huella de carbono (kgCO2e)				Madera			Hormigón	
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)				Madera		Hormigón		Peso del material	Litros por Kg	HH Azul + Verde	Litros por Kg	HH Azul + Verde
D16	Vigas	1,80	0,24	0,09	0,04	31,10	1769,00	294,80	9169,45	0,00	0,00	31,10	4,55	141,52	0,00	0,00
D17	Viga de piso y columna sobre cemento corrido	3,00	0,09	0,24	0,06	51,84	1814,00	294,80	15282,43	469,50	0,00	51,84	4,55	235,87	1,57	81,39
D18	Viga de piso y columna sobre plinto de madera	4,00	0,14	0,29	0,16	129,92	4121,00	294,80	38300,41	0,00	0,00	129,92	4,55	591,14	0,00	0,00
D19	Asentamiento de losa	1,50	0,09	0,29	0,04	31,32	2649,00	294,80	9233,13	0,00	0,00	31,32	4,55	142,51	0,00	0,00

Tabla 15. Metodología de huella ecológica aplicada en vigas
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

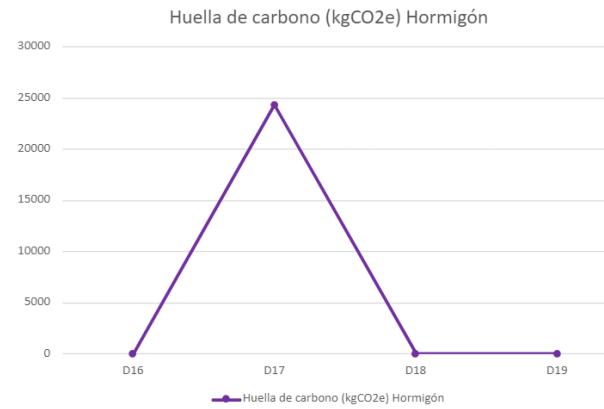


Figura 39. Huella de carbono
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

En vigas se encuentran sistemas mixtos en la figura 41 el comportamiento del detalle D17 sube esto se debe a que es el único detalle con hormigón y con una cantidad alta, es decir al momento de su fabricación y aplicación este ocupará recursos que no serán beneficiosos para el planetas.

Por otro lado el resto de detalles tienen un aporte sostenible y ayudará a la reducción de recursos.

NOTA: El detalle D17 es alto en huella de carbono debido al peso de material de madera laminada mas no al hormigón que está aplicado.

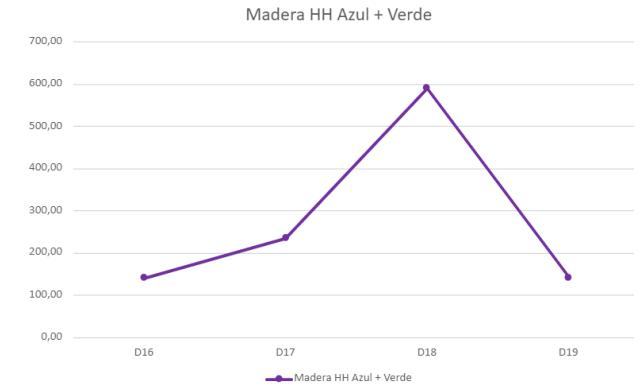


Figura 40. Huella hídrica (Madera)
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

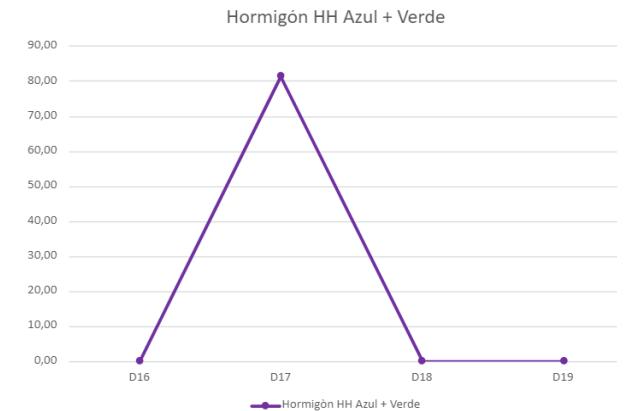
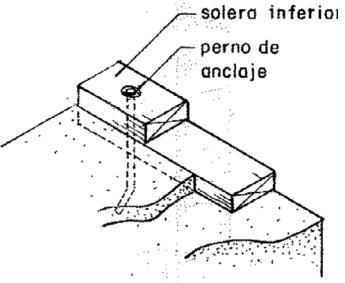
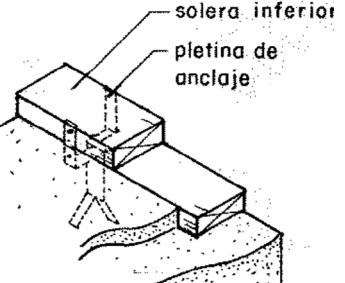
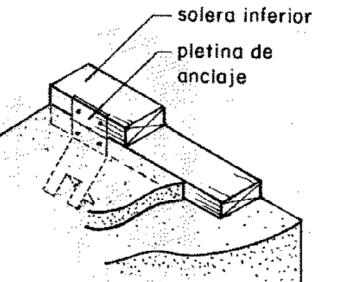
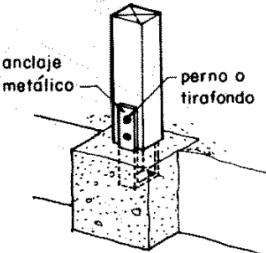
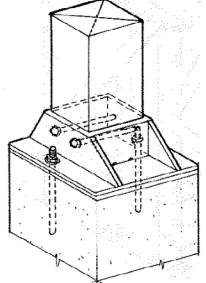


Figura 41. Huella hídrica (Hormigón)
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

ANÁLISIS ESTRUCTURAL									
ANCLAJE A CIMENTACIÓN (Resistencia y rigidez)									
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (Kg/m ³)	Carga admisible Por seccion	Carga admisible para anclaje traccion (Kg)	Fotografía de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D20	Anclaje fijo en losa de cimentacion	1,00	0,09	0,24	0,02	17,28	1814,00	2314,76	
D21	Anclaje fijo en losa de cimentacion con anclaje en U	1,00	0,09	0,24	0,02	17,28	1814,00	1245	
D22	Anclaje fijo en losa de cimentacion	1,00	0,09	0,24	0,02	17,28	1814,00	967	

ANÁLISIS ESTRUCTURAL									
ANCLAJE A CIMENTACIÓN (Resistencia y rigidez)									
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (Kg/m ³)	Carga admisible Por seccion	Carga admisible para anclaje traccion (Kg)	Fotografía de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D23	Anclaje fijo en cimentación, con escuadra reforzada	0,09	1	0,09	0,01	6,48	1358,72	815,77	
D24	Anclaje columnas	0,19	1	0,14	0,03	21,28	10796,87	897,35	

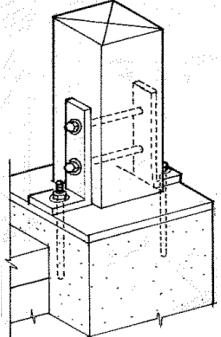
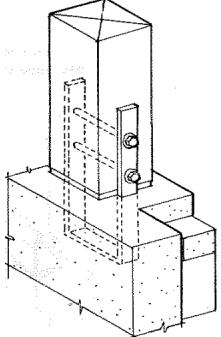
ANÁLISIS ESTRUCTURAL									
ANCLAJE A CIMENTACIÓN (Resistencia y rigidez)									
Número de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (Kg/m ³)	Carga admisible Por seccion	Carga admisible para anclaje traccion (Kg)	Fotografía de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D25	Anclaje columnas	0,19	1	0,14	0,03	21,28	10796,87	3028,56	
D26	Anclaje fijo en cimentación, con pie de pilar en H	0,14	1	0,14	0,02	15,68	7955,59	9881,05	

Tabla 16. Metodología estructural aplicada a anclaje a cimentación
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

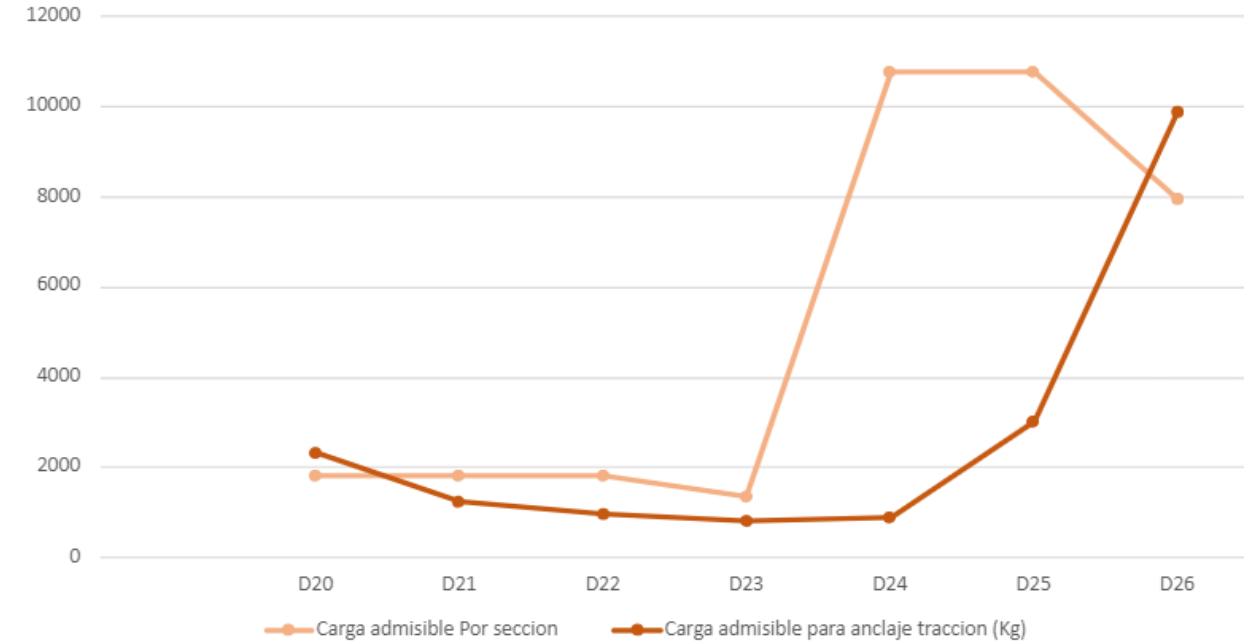


Figura 42. Resistencia y Rigidez
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

Como se puede denotar en la figura 42 gran parte de las secciones coinciden con la carga máxima de los anclajes, sin embargo se puede observar que hay ciertas secciones que presentan una resistencia considerablemente mayor a la del anclaje.

Pese a esto existen anclajes que llegan a tener una resistencia bastante util al momento de ser aplicados es por esto que a pesar de la diferencia con la sección se toma en cuenta el nivel de carga de estos.

HUELLA ECOLÓGICA																
Número de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen (Kg)	Peso (Kg/m ³)	Tipo de madera	Huella de carbono (kgCO ₂ e)				Madera			Hormigón	
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)				Madera	Hormigón	Peso del material	Litros por Kg	HH Azul + Verde	Litros por Kg	HH Azul + Verde		
D20	Anclaje fijo en losa de cimentación	1,00	0,09	0,24	0,02	17,28	GL24	294,80	5094,14	469,50	8112,96	17,28	4,55	78,62	1,57	27,13
D21	Anclaje fijo en losa de cimentación	1,00	0,09	0,24	0,02	17,28	GL24	294,80	5094,14	469,50	8112,96	17,28	4,55	78,62	1,57	27,13
D22	Anclaje fijo en losa de cimentación	1,00	0,09	0,24	0,02	17,28	GL24	294,80	5094,14	469,50	8112,96	17,28	4,55	78,62	1,57	27,13
D23	Anclaje pilote de madera	0,09	1	0,09	0,01	6,48	GL24	294,80	1910,30	469,50	3042,36	6,48	4,55	29,48	1,57	10,17
D24	Anclaje columnas	0,19	1	0,14	0,03	21,28	GL24	294,80	6273,34	469,50	9990,96	21,28	4,55	96,82	1,57	33,41
D25	Anclaje columnas	0,19	1	0,14	0,03	21,28	GL24	294,80	6273,34	469,50	9990,96	21,28	4,55	96,82	1,57	33,41
D26	Anclaje columnas	0,14	1	0,14	0,02	15,68	GL24	294,80	4622,46	469,50	7361,76	15,68	4,55	71,34	1,57	24,62

Tabla 17. Metodología de huella ecológica aplicada a anclaje a cimentación
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

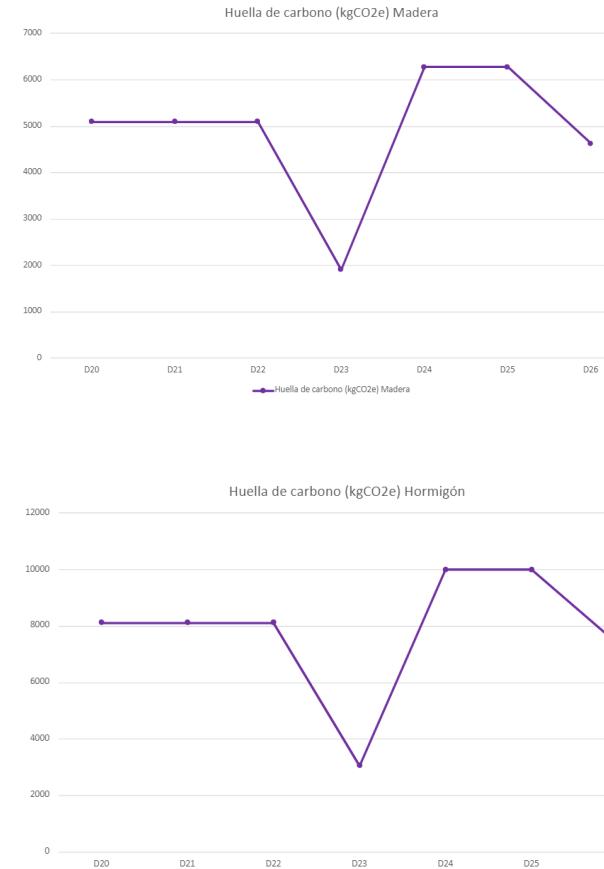


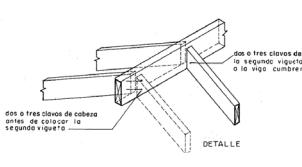
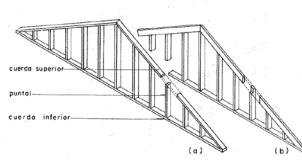
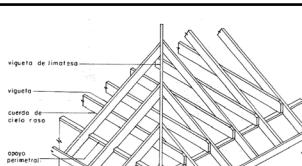
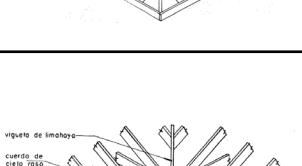
Figura 43. Huella de carbono
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

En la figura 43 los detalles D23 y D26 son los que bajan más debido al peso del material que tienen, además de que son un sistema mixto y al tener hormigón estos nos tienen la capacidad de recolectar tanto CO₂, su fabricación y uso serán elevados por este factor.

El cálculo de hh indica la cantidad de agua utilizada, en estos detalles se observa un uso elevado ya que el anclaje a cimentación se hará de uso mixto es por esto que se busca el detalle con menos uso para aplicarlo en futuras obras y sea efectivo en lo estructural como en lo ecológico.

Figura 44. Huella hídrica
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).



ANÁLISIS ESTRUCTURAL										
CUBIERTA UNIÓN ENTRE VIGAS (Resistencia y rigidez)										
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones				Volumen	Peso (kg/m3)	Carga admisible Por seccion (Kg)	Carga admisible para anclaje traccion (Kg)	Fotografía de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)	Luz (m)					
D27	Techo	0,09	1,00	0,19	9,00	0,02	13,68	1137,00	2457,52	
D28	Hastiales	0,09	1,00	0,19	9,00	0,02	13,68	1137,00	4078,86	
D29	Cubierta doble agua	0,14	1,00	0,19	10,00	0,03	21,28	1759,00	4078,86	
D30	Vertiente en techos	0,04	1,00	0,19	10,00	0,01	6,08	505,00	2457,52	

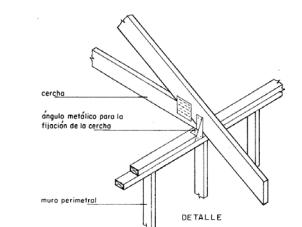
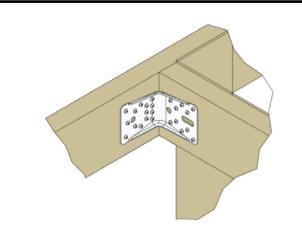
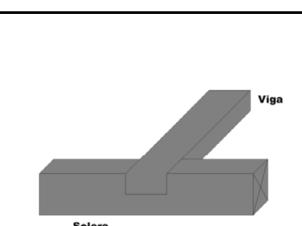
ANÁLISIS ESTRUCTURAL										
CUBIERTA UNIÓN ENTRE VIGAS (Resistencia y rigidez)										
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones				Volumen	Peso (kg/m3)	Carga admisible Por seccion (Kg)	Carga admisible para anclaje traccion (Kg)	Fotografía de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)	Luz (m)					
D31	Cubierta de cerchas	0,04	1,00	0,24	1,00	0,01	7,68	806,00	1590,76	
D32	Tirante a cuerda	0,14	1,00	0,19	-	0,03	21,28	1769,00	1529,57	
D33	Unión terminación de cubierta	0,14	1,00	0,19	-	0,03	21,28	1769,00	0,00	

Tabla 18. Metodología estructural aplicada a cubierta unión entre vigas
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

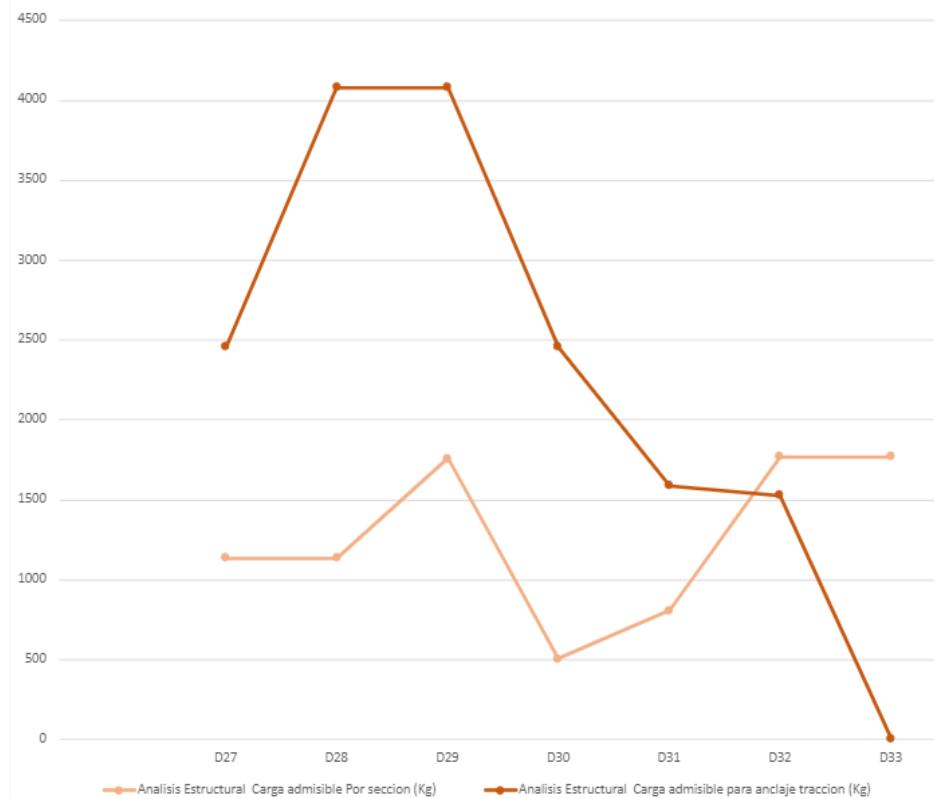


Figura 45. Resistencia y Rigidez
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

Según la figura 45 se puede notar que la diferencia entre los picos es más elevada esto debido a las secciones que se manejan son mucho más inferiores con lo cual dependerá en gran cantidad el tipo de anclaje, a esto no hay que olvidar que al ser cubiertas la carga a las que serán sometidas serán inferiores destacando sobre todo los factores climáticos a los que se encontrarán expuestos.

En la figura 45 el detalle D33 en el que parte de su resistencia dependerá de la sección y entramado, es en donde se ve una resistencia inferior a la de los demás debido a la falta de anclajes que ayudan a reforzar la unión.

HUELLA ECOLÓGICA																
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen (Kg)	Peso (Kg/m3)	Tipo de madera	Huella de carbono (kgCO2e)				Madera			Hormigón	
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)				Madera	Hormigón	Peso del material	Litros por Kg	HH Azul + Verde	Litros por Kg	HH Azul + Verde		
D27	Techo	0,09	1,00	0,19	9,00	17,10	13,68	294,80	5041,08	0,00	0,00	17,10	4,55	77,81	0,00	0,00
D28	Hastiales	0,09	1,00	0,19	9,00	17,10	13,68	294,80	5041,08	0,00	0,00	17,10	4,55	77,81	0,00	0,00
D29	Cubierta doble agua	0,14	1,00	0,19	10,00	26,60	21,28	294,80	7841,68	0,00	0,00	26,60	4,55	121,03	0,00	0,00
D30	Vertiente en techos	0,04	1,00	0,19	10,00	7,60	6,08	294,80	2240,48	0,00	0,00	7,60	4,55	34,58	0,00	0,00
D31	Cubierta de cerchas	0,04	1,00	0,24	1,00	9,60	7,68	294,80	2830,08	0,00	0,00	9,60	4,55	43,68	0,00	0,00
D32	Tirante a cuerda	0,14	1,00	0,19	-	26,60	21,28	294,80	7841,68	0,00	0,00	26,60	4,55	121,03	0,00	0,00
D33	Unión terminación de cubierta	0,14	1,00	0,19	-	26,60	21,28	294,80	7841,68	0,00	0,00	26,60	4,55	121,03	0,00	0,00

Tabla 19. Metodología de huella ecológica aplicada a cubierta unión entre vigas
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

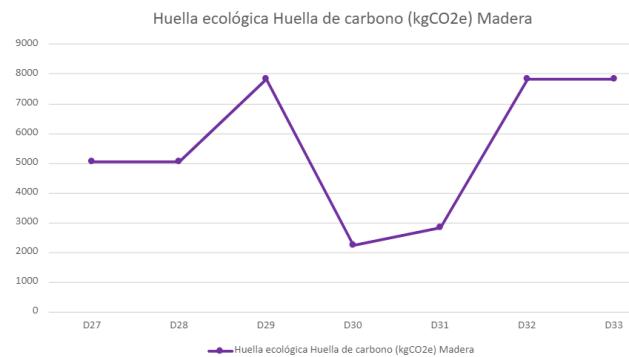


Figura 46. Huella ecológica de carbono
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

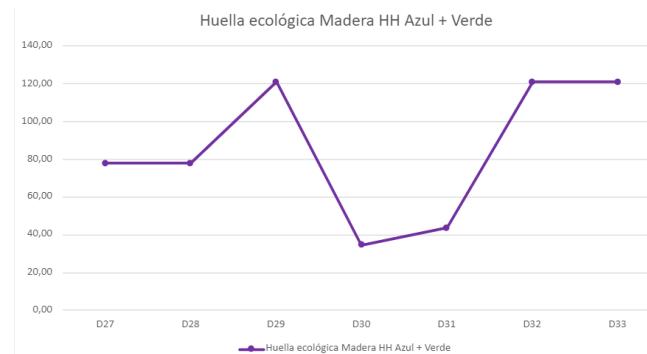


Figura 47. Huella hídrica
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

Para cubiertas se buscan detalles para la unión entre vigas los cuales solo serán de madera laminada y sus conexiones serán por medio de pletinas, clavos o pernos.

Se observa el comportamiento de cada detalle y la cantidad de CO2 que este recolectará como se puede evidenciar en la figura 46 los picos más altos recolectarán CO2 y reducirán los recursos al momento de fabricación y aplicación.

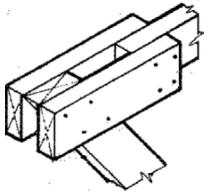
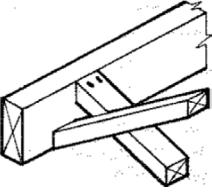
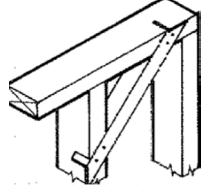
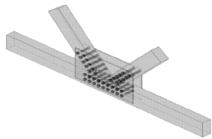
En cuanto a la huella hídrica se verán los resultados similares al de huella de carbono ya que al no tener un sistema mixto o material que se fabrique con agua solo se calculará la huella verde y esto será beneficioso.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

RIOSTRA POSTE VIGA (Cálculo por resistencia a sección)

Número de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (Kg/m3)	Carga admisible Por seccion (Kg)	Carga admisible para anclaje traccion (Kg)	Fotografía de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D34	Arriostramiento vertical en sistema entramado	1,00	0,04	0,09	0,00	2,88	113,00	4078,86	
D35	Arriostramiento horizontal en sistema entramado	1,00	0,04	0,09	0,00	2,88	113,00	2457,52	
D36	Riostra	1,00	0,04	0,14	0,01	4,48	274,00	2457,52	

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

RIOSTRA POSTE VIGA (Cálculo por resistencia a sección)									
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (Kg/m3)	Carga admisible Por seccion (Kg)	Carga admisible para anclaje traccion (Kg)	Fotografía de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D37	Diagonal a cuerdas	1,00	0,04	0,14	0,01	4,48	274,00	2416,73	
D38	Riostra a viguetas	1,00	0,04	0,07	0,00	2,08	59,00	2457,52	
D39	Riostra de acero	1,00	0,04	0,09	0,00	2,88	113,00	2457,52	
D40	Riostra a viga con pletina	1,00	0,04	0,09	0,00	2,88	113,00	5455,48	

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

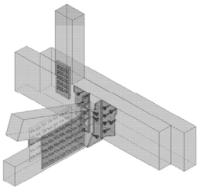
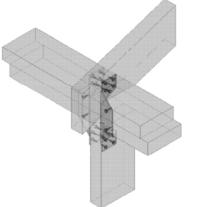
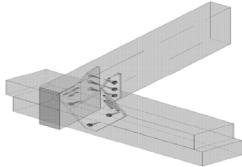
RIOSTRA POSTE VIGA (Cálculo por resistencia a sección)									
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (Kg/m3)	Carga admisible Por seccion (Kg)	Carga admisible para anclaje traccion (Kg)	Fotografía de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D41	Salida de riostra desde viga lateral	1,00	0,065	0,09	0,01	4,68	184,00	6363,03	
D42	Salida de riostra desde poste viga	1,00	0,04	0,14	0,01	4,48	274,00	856,56	
D43	Salida de riostra apoyada sobre viga doble	1,00	0,04	0,14	0,01	4,48	274,00	856,56	

Tabla 20. Metodología estructural aplicada a riostra poste - viga
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

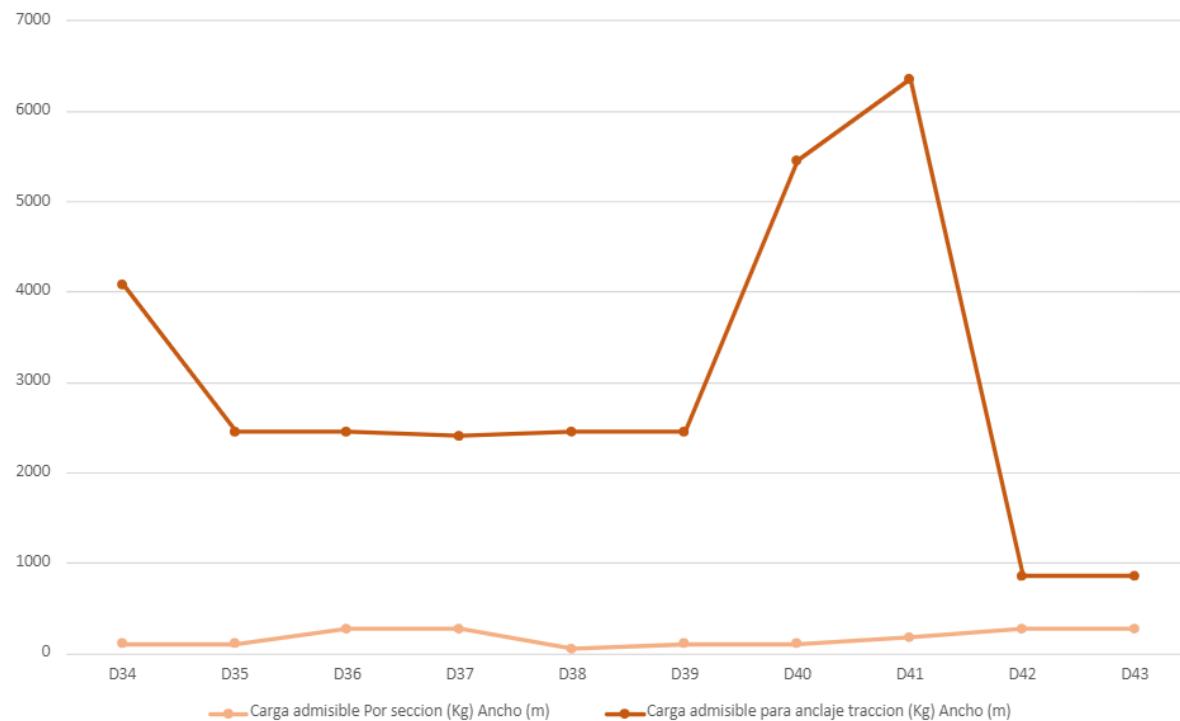


Figura 48. Resistencia a sección
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

Según la figura 48 se puede ver que en este tipo de estructuras las dimensiones de las secciones a utilizar van a ser similares unas con otras, con lo cual no va a existir mucha variación en estas.

Por lo que parte de la resistencia estructural de este tipo de detalles tendrá que ser complementada por los tipos de anclaje a utilizar, de esto dependerá la resistencia de esto.

HUELLA ECOLÓGICA																
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen (kg)	Peso (kg/m³)	Tipo de madera	Huella de carbono (kgCO2e)				Madera			Hormigón	
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)				Madera		Hormigón		Peso del material	Litros por Kg	HH Azul + Verde	Litros por Kg	HH Azul + Verde
D34	Arriostamiento vertical en sistema entramado	1,00	0,04	0,09	0,00	2,88	GL24	294,80	849,024	0,00	0,00	2,88	4,55	13,10	0,00	0,00
D35	Arriostamiento horizontal en sistema entramado	1,00	0,04	0,09	0,00	2,88	GL24	294,80	849,024	0,00	0,00	2,88	4,55	13,10	0,00	0,00
D36	Riostra	1,00	0,04	0,14	0,01	4,48	GL24	294,80	1320,704	0,00	0,00	4,48	4,55	20,38	0,00	0,00
D37	Diagonal a cuerdas	1,00	0,04	0,14	0,01	4,48	GL24	294,80	1320,704	0,00	0,00	4,48	4,55	20,38	0,00	0,00
D38	Riostra a viguetas	1,00	0,04	0,07	0,00	2,08	GL24	294,80	613,184	0,00	0,00	2,08	4,55	9,46	0,00	0,00

HUELLA ECOLÓGICA																
Número de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen (kg)	Peso (kg/m ³)	Tipo de madera	Huella de carbono (kgCO ₂ e)				Madera			Hormigón	
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)				Madera	Hormigón	Peso del material	Litros por Kg	HH Azul + Verde	Litros por Kg	HH Azul + Verde		
D39	Riostra de acero	1,00	0,04	0,09	0,00	2,88	GL24	294,80	849,024	0,00	0,00	2,88	4,55	13,10	0,00	0,00
D40	Riostra a viga con pletina	1,00	0,04	0,09	0,00	2,88	GL24	294,80	849,024	0,00	0,00	2,88	4,55	13,10	0,00	0,00
D41	Salida de riostra desde viga lateral	1,00	0,07	0,09	0,01	4,68	GL24	294,80	1379,664	0,00	0,00	4,68	4,55	21,29	0,00	0,00
D42	Salida de riostra desde poste viga	1,00	0,04	0,14	0,01	4,48	GL24	294,80	1320,704	0,00	0,00	4,48	4,55	20,38	0,00	0,00
D43	Salida de riostra apoyada sobre viga doble	1,00	0,04	0,14	0,01	4,48	GL24	294,80	1320,704	0,00	0,00	4,48	4,55	20,38	0,00	0,00

Tabla 21. Metodología de huella ecológica aplicada a riostra poste - viga
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

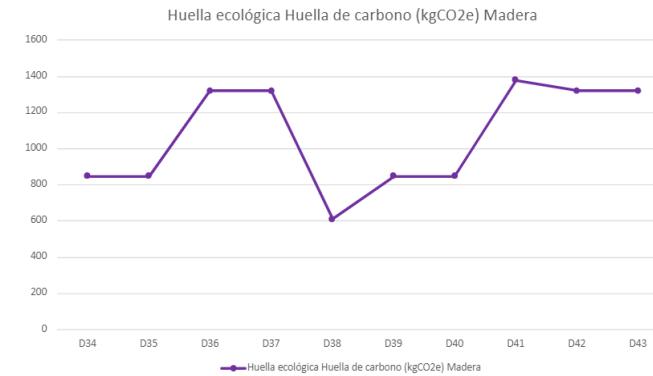


Figura 49. Huella de carbono
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

El comportamiento de la huella ecológica en riostra poste viga sera muy variada, esto va a depender una parte por el análisis estructural anteriormente calculado.

La mayor recolección de carbono se ve evidenciada en los picos más altos como se puede ver en la figura 49, los detalles que tienen picos bajos es por el volumen que tiene, estos detalles serán sostenibles ya que no utilizan materiales los cuales ocupen recursos elevados, se recolectan detalles que sean únicamente de madera laminada y sean conectados por pletinas, anclajes, y pernos.

La huella hídrica tiene el mismo comportamiento que el de huella de carbono ya que no existen sistemas mixtos y solo se calcula la huella verde.

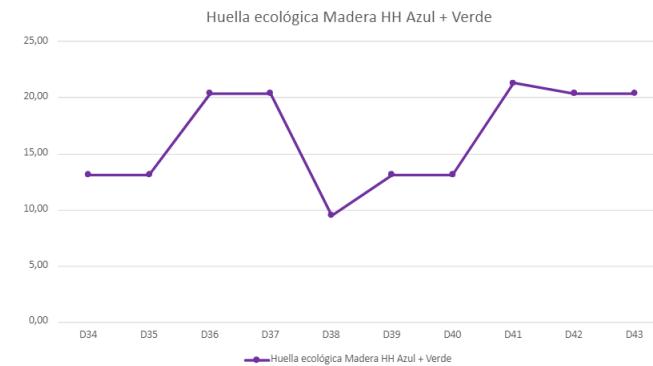


Figura 50. Huella hídrica
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

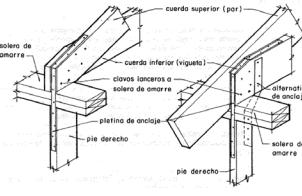
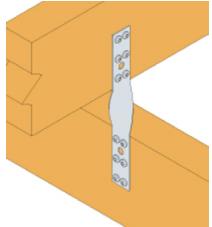
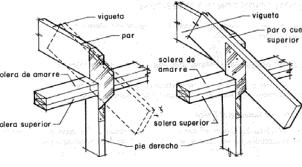
ANÁLISIS ESTRUCTURAL									
CUBIERTA - COLUMNA (Resistencia y rigidez)									
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (Kg/m ³)	Carga admisible Por sección (Kg)	Carga admisible para anclaje tracción (Kg)	Fotografía de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D44	Anclaje de sistema de techo a muros	1,00	0,04	0,19	0,01	6,08	505,00	2457,52	
D45	Anclajes de tipo caja para elementos de techos simples y dobles	1,00	0,09	0,19	0,02	13,68	1137,00	469,07	
D46	Anclajes tipo L para elementos simples de techo	1,00	0,04	0,19	0,01	6,08	505,00	887,15	

Tabla 22. Metodología estructural aplicada a cubierta - columna
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

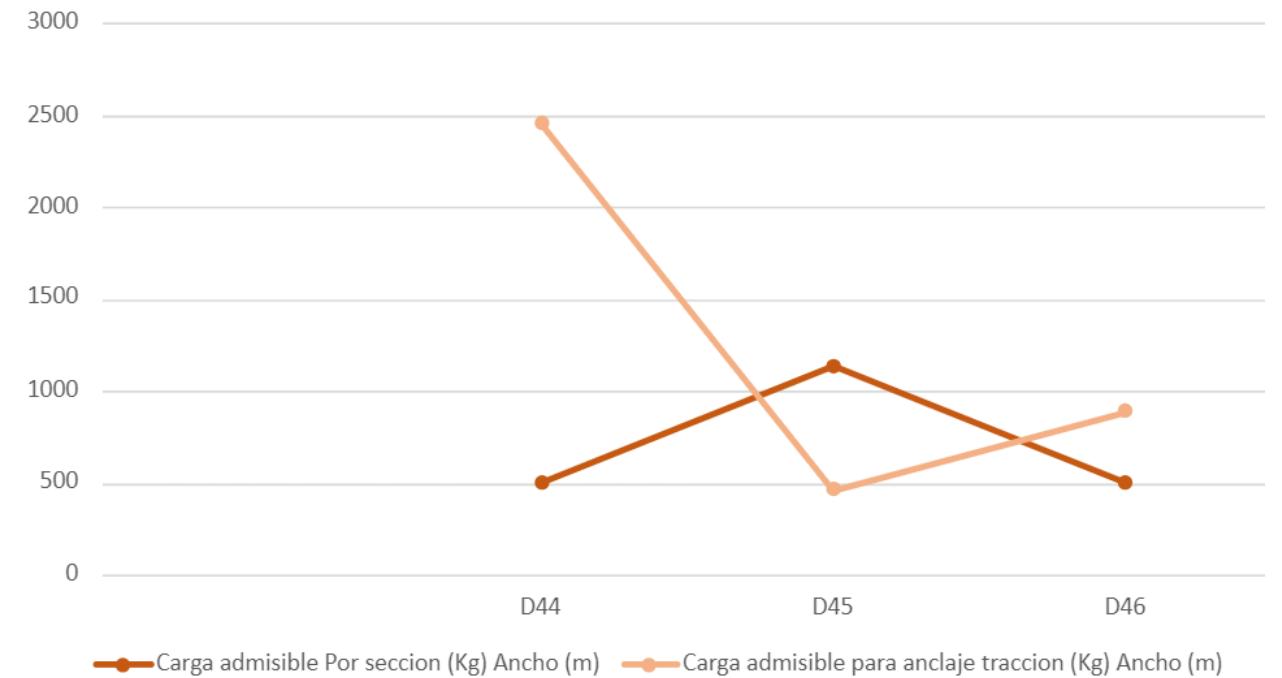


Figura 51. Resistencia y rigidez
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

Según la figura 51 al ser cubiertas, se ve una diferencia de picos entre la carga admisible por sección y por anclaje, sin embargo a comparación de los otros detalles estas presentan una menor capacidad de carga debido a las dimensiones de la sección y los refuerzos que estos presentan, vemos que el detalle D45 es el que presenta menor resistencia en su anclaje esto es notable por la simplicidad del mismo con lo que podemos deducir que su uso iría mas destinado a temas decorativos o usos con menores cargas.

HUELLA ECOLÓGICA																
Número de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen (kg)	Peso (kg/m3)	Tipo de madera	Huella de carbono (kgCO2e)				Madera			Hormigón	
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)				Madera	Hormigón	Peso del material	Litros por Kg	HH Azul + Verde	Litros por Kg	HH Azul + Verde		
D44	Anclaje de sistema de techo a muros	1,00	0,04	0,19	0,01	6,08	GL24	294,80	1792,38	0,00	0,00	6,08	4,55	27,66	0,00	0,00
D45	Anclajes de tipo caja para elementos de techos simples y dobles	1,00	0,09	0,19	0,02	13,68	GL24	294,80	4032,86	0,00	0,00	13,68	4,55	62,24	0,00	0,00
D46	Anclajes tipo L para elementos simples de techo	1,00	0,04	0,19	0,01	6,08	GL24	294,80	1792,38	0,00	0,00	6,08	4,55	27,66	0,00	0,00

Tabla 23. Metodología de huella ecológica aplicada a cubierta - columna
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

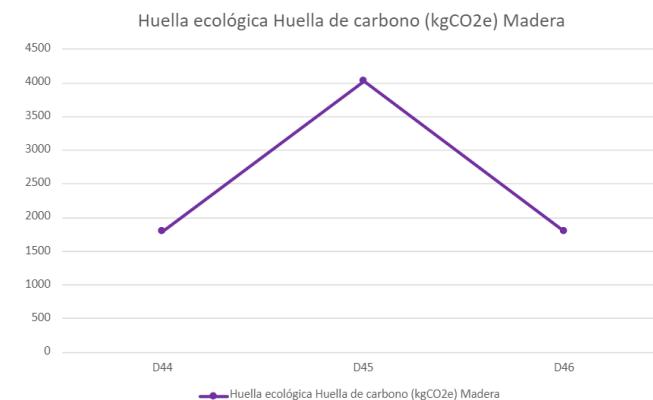


Figura 52. Huella de carbono
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

En cubierta - columna se escogen detalles los cuales tienen que ver con uniones el comportamiento varia de acuerdo al volumen que existe en cada detalle.

Estos detalles tienen unicamente madera laminada y uniones y se escogerá de acuerdo al comportamiento estructural, ecológico y diseño ya que estos detalles aunque varien en la gráfica tienen un beneficio y reducción de costo, tan solo por el material y aplicación.

La huella hídrica se expresa como huella verde ya que no existen sistemas mixtos y no necesita más recursos, en la figura 53 se observa el detalle D45 más arriba debido al peso más no porque exista otro material que le aporte.

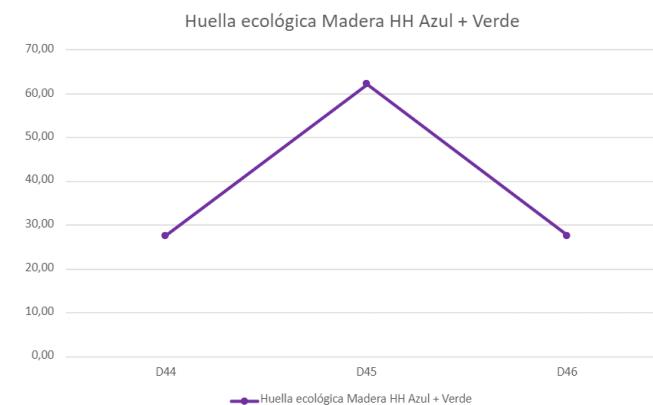
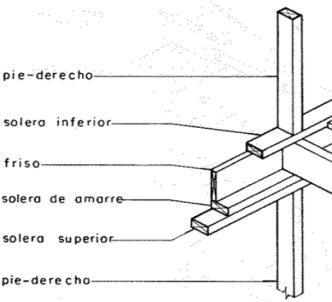
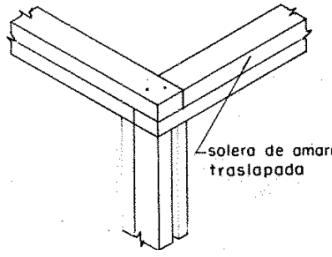
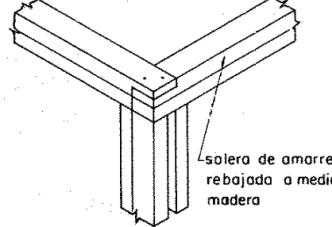
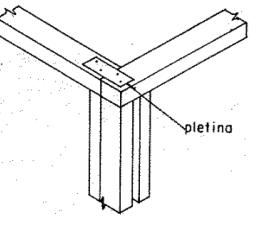
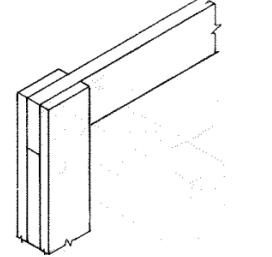
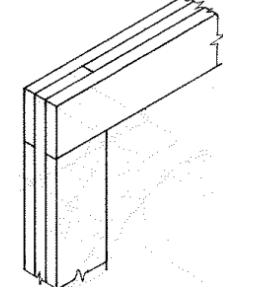
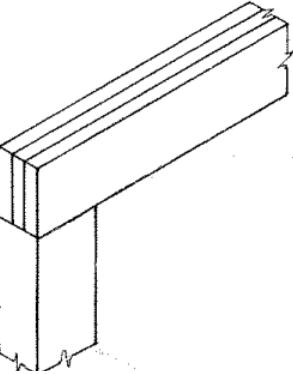
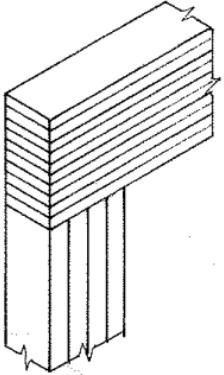
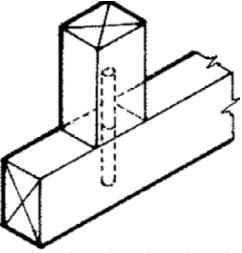
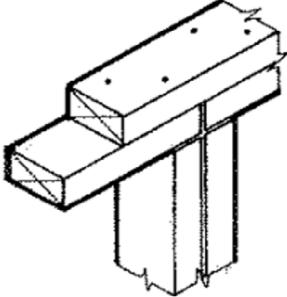
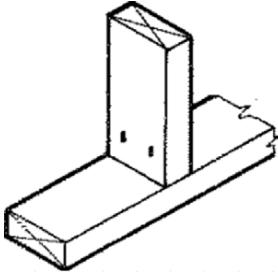


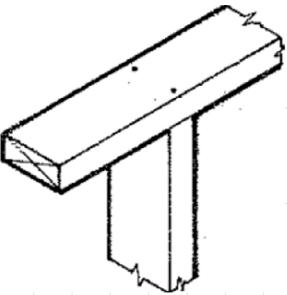
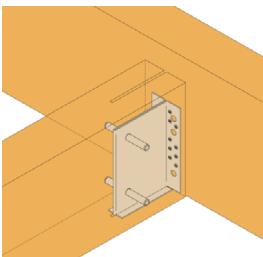
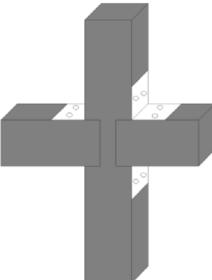
Figura 53. Huella hídrica
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

ANÁLISIS ESTRUCTURAL									
POSTE - VIGA (Carga axial)									
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (T/m3)	Carga admisible Por seccion (Kg)	Carga admisible para anclaje traccion (Kg)	Fotografia de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D47	Union poste viga cimentacion	1,00	0,04	0,14	0,01	4,48	274,00	4078,86	
D48	Unión poste viga entre-piso	1,00	0,04	0,09	0,00	2,88	113,00	2457,52	
D49	Unión poste viga entre-piso	1,00	0,09	0,14	0,01	10,08	617	2457,52	

ANÁLISIS ESTRUCTURAL									
POSTE - VIGA (Carga axial)									
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (T/m3)	Carga admisible Por seccion (Kg)	Carga admisible para anclaje traccion (Kg)	Fotografia de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D50	Unión poste viga entre-piso	1,00	0,09	0,14	0,01	10,08	617,00	4547,93	
D51	Viga solida y columna compuesta	1,00	0,04	0,19	0,01	6,08	505,00	0	
D52	Viga y columna compuesta	1,00	0,04	0,19	0,01	6,08	505,00	0	

ANÁLISIS ESTRUCTURAL									
POSTE - VIGA (Carga axial)									
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (T/m3)	Carga admisible Por seccion (Kg)	Carga admisible para anclaje traccion (Kg)	Fotografia de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D53	Viga laminada y columna solida	1,00	0,14	0,19	0,03	21,28	1769,00	0	
D54	Viga y columna laminada	1,00	0,09	0,24	0,02	17,28	1814,00	0	

ANÁLISIS ESTRUCTURAL									
POSTE - VIGA (Carga axial)									
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (T/m3)	Carga admisible Por seccion (Kg)	Carga admisible para anclaje traccion (Kg)	Fotografia de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D55	Pasador entre vigas	0,12	0,09	0,14	0,00	1,21	617,00	4140,05	
D56	Solera de amarre	0,12	0,04	0,19	0,00	0,73	505,00	2457,52	
D57	Pie. Derecho a solera inf.	0,12	0,04	0,19	0,00	0,73	505,00	2457,52	

ANÁLISIS ESTRUCTURAL									
POSTE - VIGA (Carga axial)									
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (T/m3)	Carga admisible Por seccion (Kg)	Carga admisible para anclaje traccion (Kg)	Fotografia de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D58	Solera a pie derecho	0,12	0,04	0,19	0,00	0,73	505,00	2457,52	
D59	Solera a pie derecho	0,12	0,09	0,19	0,00	1,64	1137	1193,07	
D60	Union poste viga con destaje	0,12	0,14	0,19	0,00	2,55	1769,00	1529,57	

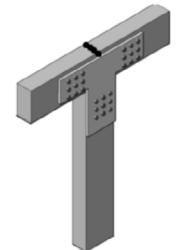
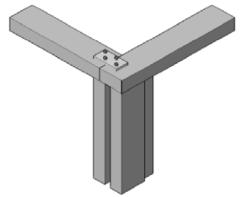
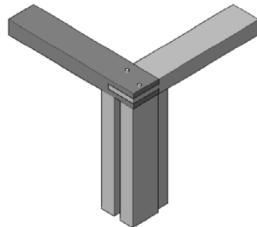
ANÁLISIS ESTRUCTURAL									
POSTE - VIGA (Carga axial)									
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (T/m3)	Carga admisible Por seccion (Kg)	Carga admisible para anclaje traccion (Kg)	Fotografia de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D61	Union poste viga con pletina de acero	1,00	0,14	0,19	0,03	21,28	1769,00	4547,93	
D62	Union poste viga tipo pletina	1,00	0,09	0,14	0,01	10,08	617,00	4547,93	
D63	Union poste viga tipo destaje	1,00	0,06	0,19	0,01	9,12	505,00	2457,52	

Tabla 24. Metodología estructural aplicada a poste - viga
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

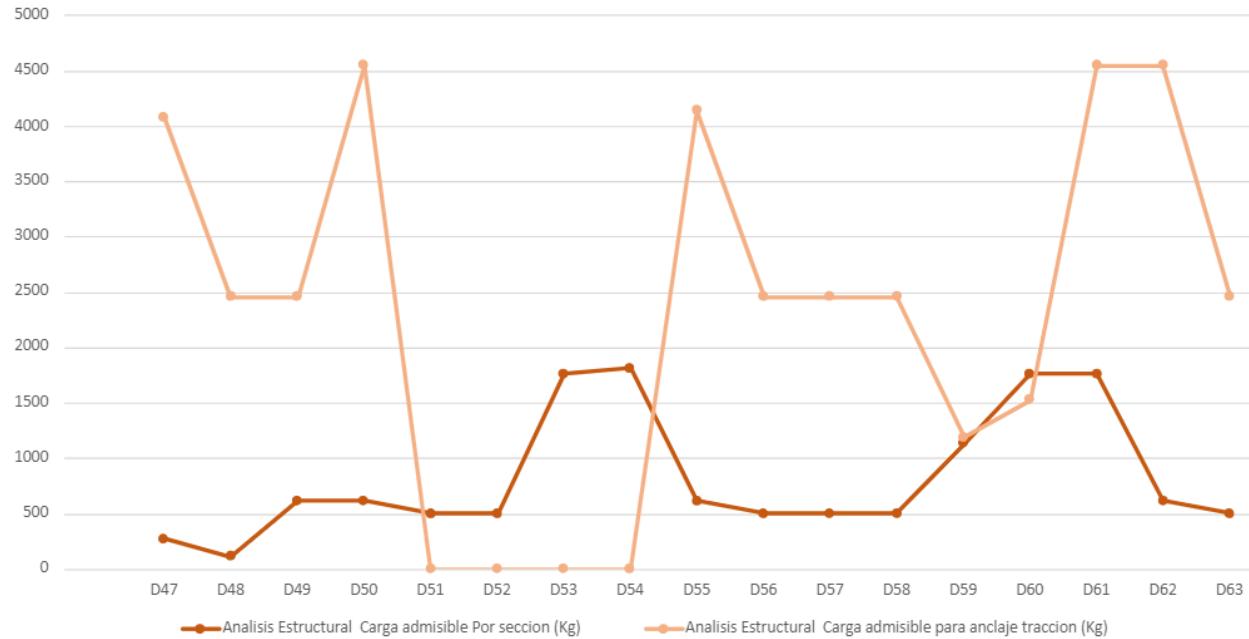


Figura 54. Carga axial
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

En la sección de poste viga podemos ver que según la figura numero 54 gran parte de la resistencia de estos va a depender de las dimensiones de las secciones a utilizar, y los anclajes simplemente serian complementos para la seguridad de estos, debemos recordar que si bien lo necesario seria una sección de mayor tamaño, deberemos de evaluar las secciones comerciales locales, y adaptarse a lo que esta dentro del mercado o de ser necesario obtener secciones mas personalizadas a lo que el proyecto demanda, todo esto según calculo previo.

HUELLA ECOLÓGICA																
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen (Kg)	Peso (Kg/m3)	Tipo de madera	Huella de carbono (kgCO2e)				Madera			Hormigón	
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)				Madera	Hormigón	Peso del material	Litros por Kg	HH Azul + Verde	Litros por Kg	HH Azul + Verde		
D47	Union poste viga cimentacion	1,00	0,04	0,14	0,01	4,48	GL24	294,80	1320,70	0,00	0,00	4,48	4,55	20,38	0,00	0,00
D48	Unión poste viga entrepiso	1,00	0,04	0,09	0,00	2,88	GL24	294,80	849,02	0,00	0,00	2,88	4,55	13,10	0,00	0,00
D49	Unión poste viga entrepiso	1,00	0,09	0,14	0,01	10,08	GL24	294,80	2971,58	0,00	0,00	10,08	4,55	45,86	0,00	0,00
D50	Unión poste viga entrepiso	1,00	0,09	0,14	0,01	10,08	GL24	294,80	2971,58	0,00	0,00	10,08	4,55	45,86	0,00	0,00
D51	Viga solida y columna compuesta	1,00	0,04	0,19	0,01	6,08	GL24	294,80	1792,38	0,00	0,00	6,08	4,55	27,66	0,00	0,00
D52	Viga y columna compuesta	1,00	0,04	0,19	0,01	6,08	GL24	294,80	1792,38	0,00	0,00	6,08	4,55	27,66	0,00	0,00
D53	Viga laminada y columna solida	1,00	0,14	0,19	0,03	21,28	GL24	294,80	6273,34	0,00	0,00	21,28	4,55	96,82	0,00	0,00
D54	Viga y columna laminada	1,00	0,09	0,24	0,02	17,28	GL24	294,80	5094,14	0,00	0,00	17,28	4,55	78,62	0,00	0,00
D55	Pasador entre vigas	0,12	0,09	0,14	0,00	1,21	GL24	294,80	356,59	0,00	0,00	1,21	4,55	5,50	0,00	0,00

HUELLA ECOLÓGICA																
Número de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen (kg)	Peso (kg/m ³)	Tipo de madera	Huella de carbono (kgCO ₂ e)				Madera			Hormigón	
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)				Madera	Hormigón	Peso del material	Litros por Kg	HH Azul + Verde	Litros por Kg	HH Azul + Verde		
D56	Solera de amarre	0,12	0,04	0,19	0,00	0,73	GL24	294,80	215,08	0,00	0,00	0,73	4,55	3,32	0,00	0,00
D57	Pie. Derecho a solera inf.	0,12	0,04	0,19	0,00	0,73	GL24	294,80	215,08	0,00	0,00	0,73	4,55	3,32	0,00	0,00
D58	Solera a pie derecho	0,12	0,04	0,19	0,00	0,73	GL24	294,80	215,08	0,00	0,00	0,73	4,55	3,32	0,00	0,00
D59	Solera a pie derecho	0,12	0,09	0,19	0,00	1,64	GL24	294,80	483,94	0,00	0,00	1,64	4,55	7,47	0,00	0,00
D60	Union poste viga con destaje	0,12	0,14	0,19	0,00	2,55	GL24	294,80	752,80	0,00	0,00	2,55	4,55	11,62	0,00	0,00
D61	Union poste viga con pletina de acero	1,00	0,14	0,19	0,03	21,28	GL24	294,80	6273,34	0,00	0,00	21,28	4,55	96,82	0,00	0,00
D62	Union poste viga tipo pletina	1,00	0,09	0,14	0,01	10,08	GL24	294,80	2971,58	0,00	0,00	10,08	4,55	45,86	0,00	0,00
D63	Union poste viga tipo destaje	1,00	0,06	0,19	0,01	9,12	GL24	294,80	2688,57	0,00	0,00	9,12	4,55	41,50	0,00	0,00

Tabla 25. Metodología de huella ecológica aplicada a poste - viga
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

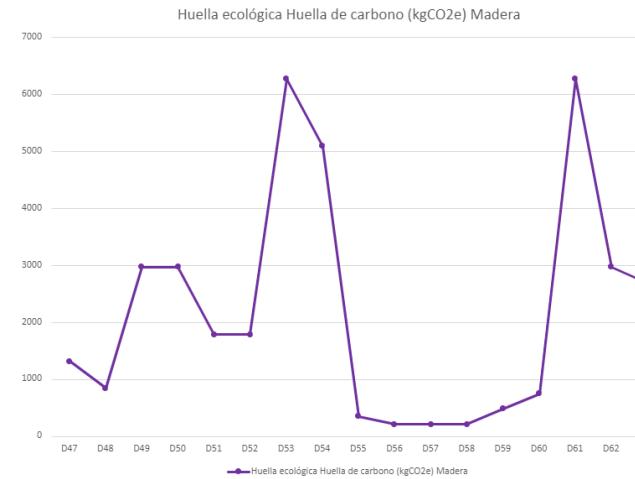


Figura 55. Huella de carbono
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

El comportamiento de poste - viga varia y tiene una mayor recolección de CO₂, esto se debe a que son uniones y están realizadas con madera laminada, es decir esto va a variar de acuerdo a la cantidad y volumen de cada detalle pero la recolección de todos estos detalles son beneficiosos para el planeta por el uso de material y poco uso de recursos.

La huella hídrica calcula la huella verde ya que no existen otros materiales que aumenten o disminuyan el comportamiento de los detalles.

Para poder escoger el mejor se tendrá que aplicar una metodología la cual evalúe los factores y nos permita escoger el mejor detalle de acuerdo a la aplicación y diseño en el cual se va a implementar.

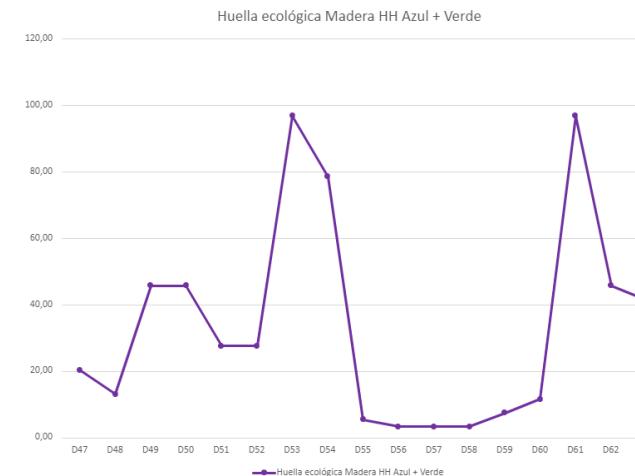
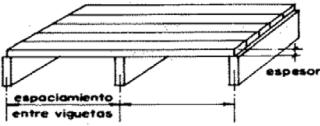
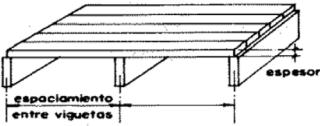
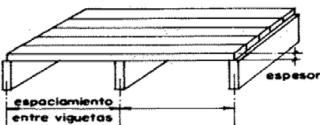
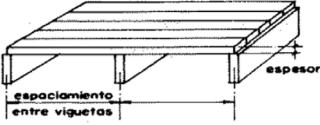
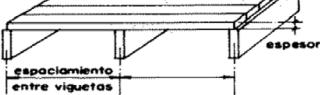
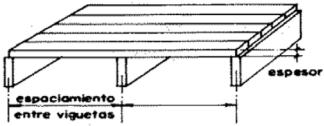
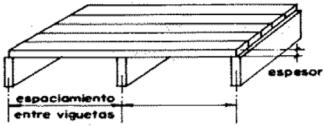
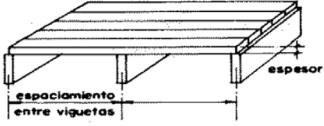
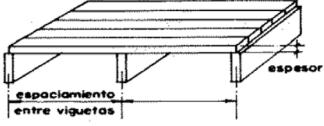
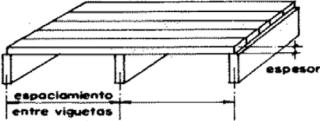
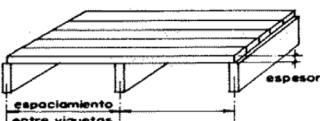
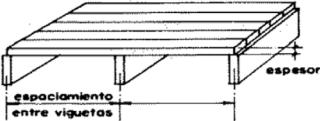
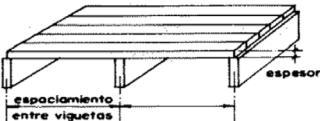
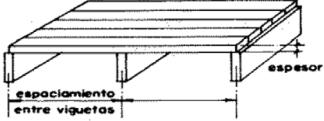
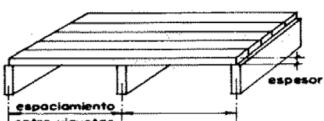
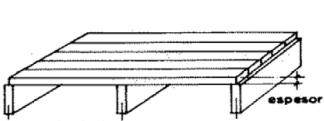
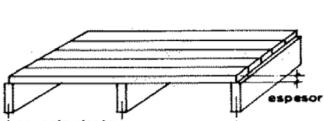


Figura 56. Huella hídrica
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

ANÁLISIS ESTRUCTURAL									
ENTREPISO (Esfuerzo sometido a deflexión)									
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (Kg/m3)	Deflexión admisible (kg/m2)	Carga admisible por entablado (kg/m2)	Fotografía de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D64	Entramado con viguetas a 0,3	1,00	0,015	0,30	0,00	3,60	0,00286	7150	
D65	Entramado con viguetas a 0,4	1,00	0,015	0,40	0,01	4,80	0,00286	3016	
D66	Entramado con viguetas a 0,5	1,00	0,015	0,50	0,01	6,00	0,00286	1544	
D67	Entramado con viguetas a 0,6	1,00	0,015	0,60	0,01	7,20	0,00286	893	
D68	Entramado con viguetas a 0,8	1,00	0,015	0,80	0,01	9,60	0,00286	377	

ANÁLISIS ESTRUCTURAL									
ENTREPISO (Esfuerzo sometido a deflexión)									
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (Kg/m3)	Deflexión admisible (kg/m2)	Carga admisible por entablado (kg/m2)	Fotografía de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D69	Entramado con viguetas a 1,00	1,00	0,015	1,00	0,02	12,00	0,00286	193	
D70	Entramado con viguetas a 1,20	1,00	0,015	1,20	0,02	14,40	0,00286	112	
D71	Entramado con viguetas a 0,30	1,00	0,02	0,30	0,01	4,80	0,003333	11733	
D72	Entramado con viguetas a 0,40	1	0,02	0,40	0,01	6,40	0,003333	7698	

ANÁLISIS ESTRUCTURAL									
ENTREPISO (Esfuerzo sometido a deflexión)									
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (Kg/m3)	Deflexion admisible (kg/m2)	Carga admisible por entablado (kg/m2)	Fotografía de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D73	Entramado con viguetas a 0,50	1	0,02	0,50	0,01	8,00	0,003333	4270	
D74	Entramado con viguetas a 0,60	1	0,02	0,60	0,01	9,60	0,003333	2471	
D75	Entramado con viguetas a 0,80	1	0,02	0,80	0,02	12,80	0,003333	1042	
D76	Entramado con viguetas a 1,00	1	0,02	1,00	0,02	16,00	0,003333	534	

ANÁLISIS ESTRUCTURAL									
ENTREPISO (Esfuerzo sometido a deflexión)									
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (Kg/m3)	Deflexion admisible (kg/m2)	Carga admisible por entablado (kg/m2)	Fotografía de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D77	Entramado con viguetas a 1,20	1	0,02	1,20	0,02	19,20	0,003333	309	
D78	Entramado con viguetas a 0,30	1	0,025	0,30	0,01	6,00	0,004	14666	
D79	Entramado con viguetas a 0,40	1	0,025	0,40	0,01	8,00	0,004	11000	
D80	Entramado con viguetas a 0,50	1	0,025	0,50	0,01	10,00	0,004	7698	

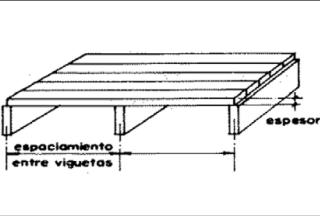
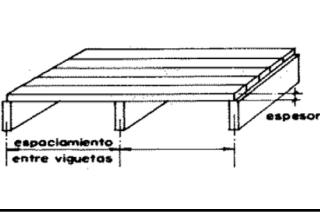
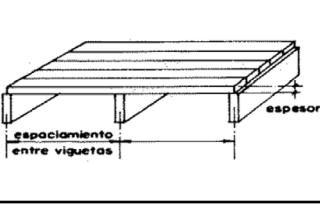
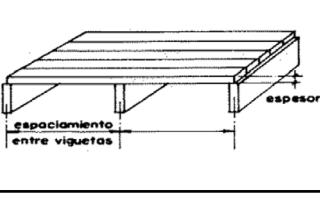
ANÁLISIS ESTRUCTURAL									
ENTREPISO (Esfuerzo sometido a deflexión)									
Numero de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen	Peso (Kg/m ³)	Deflexión admisible (kg/m ²)	Carga admisible por entablado (kg/m ²)	Fotografía de detalle
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)					
D81	Entramado con viguetas a 0,60	1	0,025	0,60	0,02	12,00	0,004	5346	
D82	Entramado con viguetas a 0,80	1	0,025	0,80	0,02	16,00	0,004	2443	
D83	Entramado con viguetas a 1,00	1	0,025	1,00	0,03	20,00	0,004	1251	
D84	Entramado con viguetas a 1,20	1	0,025	1,20	0,03	24,00	0,004	724	

Tabla 26. Metodología estructural aplicada a entrepisos
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

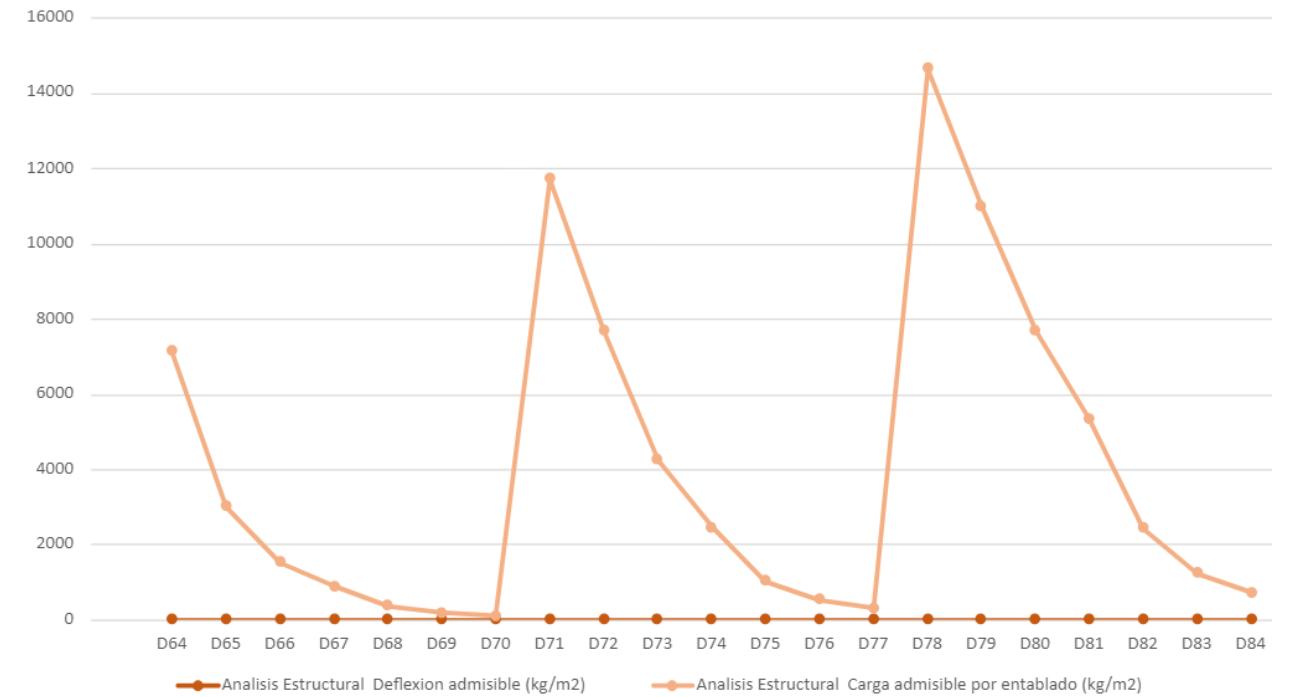


Figura 57. Esfuerzo sometido a deflexión
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

Para entre pisos podemos ver en la figura 57 parte de la resistencia de esta se ve directamente afectada por la distancia entre las viguetas que sostendrán el entablado, a la vez de acuerdo al espesor del entablado el crecimiento de esta será proporcional a la distancia de viguetas, no debemos de olvidar que en este tipo de análisis estructural, los elementos como clavos no son netamente de uso estructural para el elemento, sino mas bien un tema de fijación a la estructura para un mejor confort.

HUELLA ECOLÓGICA																
Número de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen (Kg)	Peso (Kg/m3)	Tipo de madera	Huella de carbono (kgCO2e)				Madera			Hormigón	
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)				Madera	Hormigón	Peso del material	Litros por Kg	HH Azul + Verde	Litros por Kg	HH Azul + Verde		
D64	Entramado con viguetas a 0,3	1,00	0,02	0,30	0,00	3,60	GL24	294,80	1061,28	0,00	0,00	3,60	4,55	16,38	0,00	0,00
D65	Entramado con viguetas a 0,4	1,00	0,02	0,40	0,01	4,80	GL24	294,80	1415,04	0,00	0,00	4,80	4,55	21,84	0,00	0,00
D66	Entramado con viguetas a 0,5	1,00	0,02	0,50	0,01	6,00	GL24	294,80	1768,8	0,00	0,00	6,00	4,55	27,30	0,00	0,00
D67	Entramado con viguetas a 0,6	1,00	0,02	0,60	0,01	7,20	GL24	294,80	2122,56	0,00	0,00	7,20	4,55	32,76	0,00	0,00
D68	Entramado con viguetas a 0,7	1,00	0,02	0,80	0,01	9,60	GL24	294,80	2830,08	0,00	0,00	9,60	4,55	43,68	0,00	0,00
D69	Entramado con viguetas a 0,8	1,00	0,02	1,00	0,02	12,00	GL24	294,80	3537,6	0,00	0,00	12,00	4,55	54,60	0,00	0,00
D70	Entramado con viguetas a 0,9	1,00	0,02	1,20	0,02	14,40	GL24	294,80	4245,12	0,00	0,00	14,40	4,55	65,52	0,00	0,00
D71	Entramado con viguetas a 0,10	1,00	0,02	0,30	0,01	4,80	GL24	294,80	1415,04	0,00	0,00	4,80	4,55	21,84	0,00	0,00
D72	Entramado con viguetas a 0,11	1	0,02	0,40	0,01	6,40	GL24	294,80	1886,72	0,00	0,00	6,40	5,55	35,52	0,00	0,00
D73	Entramado con viguetas a 0,12	1	0,02	0,50	0,01	8,00	GL24	294,80	2358,4	0,00	0,00	8,00	6,55	52,40	0,00	0,00
D74	Entramado con viguetas a 0,13	1	0,02	0,60	0,01	9,60	GL24	294,80	2830,08	0,00	0,00	9,60	7,55	72,48	0,00	0,00

HUELLA ECOLÓGICA																
Número de detalle	Detalle	Dimensiones			Volumen (Kg)	Peso (Kg/m3)	Tipo de madera	Huella de carbono (kgCO2e)				Madera			Hormigón	
		Largo (m)	Alto (m)	Ancho (m)				Madera	Hormigón	Peso del material	Litros por Kg	HH Azul + Verde	Litros por Kg	HH Azul + Verde		
D75	Entramado con viguetas a 0,14	1	0,02	0,80	0,02	12,80	GL24	294,80	3773,44	0,00	0,00	12,80	8,55	109,44	0,00	0,00
D76	Entramado con viguetas a 0,15	1	0,02	1,00	0,02	16,00	GL24	294,80	4716,8	0,00	0,00	16,00	9,55	152,80	0,00	0,00
D77	Entramado con viguetas a 0,16	1	0,02	1,20	0,02	19,20	GL24	294,80	5660,16	0,00	0,00	19,20	10,55	202,56	0,00	0,00
D78	Entramado con viguetas a 0,17	1	0,025	0,30	0,01	6,00	GL24	294,80	1768,8	0,00	0,00	6,00	11,55	69,30	0,00	0,00
D79	Entramado con viguetas a 0,18	1	0,025	0,40	0,01	8,00	GL24	294,80	2358,4	0,00	0,00	8,00	12,55	100,40	0,00	0,00
D80	Entramado con viguetas a 0,19	1	0,025	0,50	0,01	10,00	GL24	294,80	2948	0,00	0,00	10,00	13,55	135,50	0,00	0,00
D81	Entramado con viguetas a 0,20	1	0,025	0,60	0,02	12,00	GL24	294,80	3537,6	0,00	0,00	12,00	14,55	174,60	0,00	0,00
D82	Entramado con viguetas a 0,21	1	0,025	0,80	0,02	16,00	GL24	294,80	4716,8	0,00	0,00	16,00	15,55	248,80	0,00	0,00
D83	Entramado con viguetas a 0,22	1	0,025	1,00	0,03	20,00	GL24	294,80	5896	0,00	0,00	20,00	16,55	331,00	0,00	0,00
D84	Entramado con viguetas a 0,23	1	0,025	1,20	0,03	24,00	GL24	294,80	7075,2	0,00	0,00	24,00	17,55	421,20	0,00	0,00

Tabla 27. Metodología de huella ecológica aplicada a entresijos
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

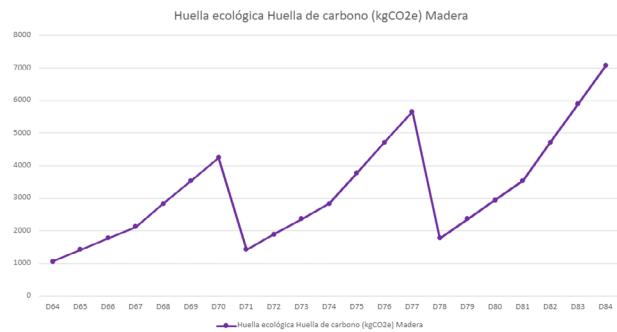


Figura 58. Huella de carbono
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).



Figura 59. Huella de Hídrica
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

Se observa el comportamiento de la recolección de huella de carbono y como esta varía de acuerdo al análisis estructural anteriormente aplicado, los entrepisos estarán compuestos únicamente de madera laminada es decir que van a variar de acuerdo a la cantidad a utilizar.

En la figura 58 se observa un cambio grande debido a que solo se calcula la huella verde y lo más influyente en esto será el calculo estructural anteriormente visto en la figura 57.

COMPILACIÓN DETALLES CONSTRUCTIVOS									
Detalle	Caso de estudio	Análisis estructural (kg)	Madera	Hormigón	Recolección de CO2 (kg/m3)	Madera	Hormigón	Recolección de HH (lt/m3)	Promedio A.E + R CO2 + R HH.
D1	Muro entramado con separación de 60	1000	122259,456	0,00	122259,46	495,33	0,00	495,33	41251,60
D2	Muro entramado con separación de 40	1000	88298,496	0,00	88298,50	636,85	0,00	636,85	29978,45
D3	Muro entramado con separación de 40 , con riostra de 60 Grados en V	1000	135843,84	0,00	135843,84	778,38	0,00	778,38	45874,07
D4	Muro entramado con separación de 60 , con riostra de 60 Grados en V	1000	135843,84	0,00	135843,84	636,85	0,00	636,85	45826,90
D5	Muro entramado con separación de 60 , con riostra de 45 grados	1000	135843,84	0,00	135843,84	566,09	0,00	566,09	45803,31
D6	Muro entramado con separación de 60 , con riostra de 45 grados	1000	135843,84	0,00	135843,84	566,09	0,00	566,09	45803,31
D7	Muro entramado con separación de 40 , con riostra de 45 grados	1000	135843,84	0,00	135843,84	707,62	0,00	707,62	45850,49
D8	Muro entramado con separación de 40 , con riostra de 45 grados	1000	135843,84	0,00	135843,84	707,62	0,00	707,62	45850,49

COMPILACIÓN DETALLES CONSTRUCTIVOS									
Detalle	Caso de estudio	Análisis estructural (kg)	Madera	Hormigón	Recolección de CO2 (kg/m3)	Madera	Hormigón	Recolección de HH (lt/m3)	Promedio A.E + R CO2 + R HH .
D9	Columna al piso o cimentación	856,56	11093,9136	17668,224	28762,14	171,23	59,08	230,31	9949,67
D10	Columna al piso o cimentación	917,74	11093,9136	17668,224	28762,14	171,23	59,08	230,31	9970,06
D11	Columna al piso o cimentación	1386,81	4584,7296	7301,664	11886,39	70,76	24,42	95,18	4456,13
D12	Columna al piso o cimentación	8014,97	11093,9136	17668,224	28762,14	171,23	59,08	230,31	12335,81
D13	Columna al piso o cimentación	8014,97	11093,9136	17668,224	28762,14	171,23	59,08	230,31	12335,81
D14	Columna al piso o cimentación	2386,14	11093,9136	17668,224	28762,14	171,23	59,08	230,31	10459,53
D15	Viga de piso y columna sobre pilastra	856,56	4584,7296	7301,664	11886,39	70,76	24,42	95,18	4279,38

COMPILACIÓN DETALLES CONSTRUCTIVOS									
Detalle	Caso de estudio	Análisis estructural (kg)	Madera	Hormigón	Recolección de CO2 (kg/m3)	Madera	Hormigón	Recolección de HH (lt/m3)	Promedio A.E + R CO2 + R HH .
D16	Vigas	1590,76	9169,4592	0	9169,46	141,52	0,00	141,52	3633,91
D17	Viga de piso y columna sobre cimiento corrido	275,32	15282,432	24338,88	39621,31	235,87	81,39	317,26	13404,63
D18	Viga de piso y columna sobre plinto de madera	3334,47	38300,416	60997,44	99297,86	591,14	0,00	591,14	34407,82
D19	Asentamiento de losa	2649,00	9233,136	0	9233,14	142,51	0,00	142,51	4008,21

COMPILACIÓN DETALLES CONSTRUCTIVOS									
Detalle	Caso de estudio	Análisis estructural (kg)	Madera	Hormigón	Recolección de CO2 (kg/m3)	Madera	Hormigón	Recolección de HH (lt/m3)	Promedio A.E + R CO2 + R HH.
D20	Anclaje fijo en losa de cimentación	2314,76	5094,144	8112,96	13207,10	78,62	27,13	105,75	5209,21
D21	Anclaje fijo en losa de cimentación	1245	5094,144	8112,96	13207,10	78,62	27,13	105,75	4852,62
D22	Anclaje fijo en losa de cimentación	967	5094,144	8112,96	13207,10	78,62	27,13	105,75	4759,95
D23	Anclaje pilote de madera	815,77	1910,304	3042,36	4952,66	29,48	10,17	39,66	1936,03
D24	Anclaje columnas	897,35	6273,344	9990,96	16264,30	96,82	33,41	130,23	5763,96
D25	Anclaje columnas	3028,56	6273,344	9990,96	16264,30	96,82	33,41	130,23	6474,37
D26	Anclaje columnas	9881,05	4622,464	7361,76	11984,22	71,34	24,62	95,96	7320,41

COMPILACIÓN DETALLES CONSTRUCTIVOS									
Detalle	Caso de estudio	Análisis estructural (kg)	Madera	Hormigón	Recolección de CO2 (kg/m3)	Madera	Hormigón	Recolección de HH (lt/m3)	Promedio A.E + R CO2 + R HH.
D27	Techo	2457,52	5041,08	0,00	5041,08	77,81	0,00	77,81	2525,47
D28	Hastiales	4078,86	5041,08	0,00	5041,08	77,81	0,00	77,81	3065,92
D29	Cubierta doble agua	4078,86	7841,68	0,00	7841,68	121,03	0,00	121,03	4013,86
D30	Vertiente en techos	2457,52	2240,48	0,00	2240,48	34,58	0,00	34,58	1577,53
D31	Cubierta de cerchas	1590,76	2830,08	0,00	2830,08	43,68	0,00	43,68	1488,17
D32	Tirante a cuerda	1529,57	7841,68	0,00	7841,68	121,03	0,00	121,03	3164,09
D33	Unión terminación de cubierta	1769,00	7841,68	0,00	7841,68	121,03	0,00	121,03	3243,90

COMPILACIÓN DETALLES CONSTRUCTIVOS									
Detalle	Caso de estudio	Análisis estructural (kg)	Madera	Hormigón	Recolección de CO2 (kg/m3)	Madera	Hormigón	Recolección de HH (lt/m3)	Promedio A.E + R CO2 + R HH .
D34	Arriostramiento vertical en sistema entramado	4078,86	849,024	0,00	849,02	13,10	0,00	13,10	1647,00
D35	Arriostramiento horizontal en sistema entramado	2457,52	849,024	0,00	849,02	13,10	0,00	13,10	1106,55
D36	Riostra	2457,52	1320,704	0,00	1320,70	20,38	0,00	20,38	1266,20
D37	Diagonal a cuerdas	2416,73	1320,704	0,00	1320,70	20,38	0,00	20,38	1252,61
D38	Riostra a viguetas	2457,52	613,184	0,00	613,18	9,46	0,00	9,46	1026,72
D39	Riostra de acero	2457,52	849,024	0,00	849,02	13,10	0,00	13,10	1106,55
D40	Riostra a viga con pletina	5455,48	849,024	0,00	849,02	13,10	0,00	13,10	2105,87
D41	Salida de riostra desde viga lateral	6363,03	1379,664	0,00	1379,66	21,29	0,00	21,29	2588,00
D42	Salida de riostra desde poste viga	856,56	1320,704	0,00	1320,70	20,38	0,00	20,38	732,55
D43	Salida de riostra apoyada sobre viga doble	856,56	1320,704	0,00	1320,70	20,38	0,00	20,38	732,55

COMPILACIÓN DETALLES CONSTRUCTIVOS									
Detalle	Caso de estudio	Análisis estructural (kg)	Madera	Hormigón	Recolección de CO2 (kg/m3)	Madera	Hormigón	Recolección de HH (lt/m3)	Promedio A.E + R CO2 + R HH .
D44	Anclaje de sistema de techo a muros	2457,52	1792,384	0,00	1792,38	27,66	0,00	27,66	1425,86
D45	Anclajes de tipo caja para elementos de techos simples y dobles	469,07	4032,864	0,00	4032,86	62,24	0,00	62,24	1521,39
D46	Anclajes tipo L para elementos simples de techo	887,15	1792,384	0,00	1792,38	27,66	0,00	27,66	902,40

COMPILACIÓN DETALLES CONSTRUCTIVOS									
Detalle	Caso de estudio	Análisis estructural (kg)	Madera	Hormigón	Recolección de CO2 (kg/m3)	Madera	Hormigón	Recolección de HH (lt/m3)	Promedio A.E + R CO2 + R HH .
D47	Union poste viga cimentacion	4078,86	1320,704	0,00	1320,70	20,38	0,00	20,38	1806,65
D48	Unión poste viga entrepiso	2457,52	849,024	0,00	849,02	13,10	0,00	13,10	1106,55
D49	Unión poste viga entrepiso	2457,52	2971,584	0,00	2971,58	45,86	0,00	45,86	1824,99
D50	Unión poste viga entrepiso	4547,93	2971,584	0,00	2971,58	45,86	0,00	45,86	2521,79
D51	Viga solida y columna compuesta	505,00	1792,384	0,00	1792,38	27,66	0,00	27,66	775,02
D52	Viga y columna compuesta	505,00	1792,384	0,00	1792,38	27,66	0,00	27,66	775,02
D53	Viga laminada y columna solida	1769,00	6273,344	0,00	6273,34	96,82	0,00	96,82	2713,06
D54	Viga y columna laminada	1814,00	5094,144	0,00	5094,14	78,62	0,00	78,62	2328,92

COMPILACIÓN DETALLES CONSTRUCTIVOS									
Detalle	Caso de estudio	Análisis estructural (kg)	Madera	Hormigón	Recolección de CO2 (kg/m3)	Madera	Hormigón	Recolección de HH (lt/m3)	Promedio A.E + R CO2 + R HH .
D55	Pasador entre vigas	4140,05	356,59008	0,00	356,59	5,50	0,00	5,50	1500,71
D56	Solera de amarre	2457,52	215,08608	0,00	215,09	3,32	0,00	3,32	891,98
D57	Pie. Derecho a solera inf.	2457,52	215,08608	0,00	215,09	3,32	0,00	3,32	891,98
D58	Solera a pie derecho	2457,52	215,08608	0,00	215,09	3,32	0,00	3,32	891,98
D59	Solera a pie derecho	1193,07	483,94368	0,00	483,94	7,47	5,65	13,12	563,38
D60	Union poste viga con destaje	1529,57	752,80128	0,00	752,80	11,62	7,54	19,15	767,18
D61	Union poste viga con pletina de acero	4547,93	6273,344	0,00	6273,34	96,82	9,42	106,24	3642,51
D62	Union poste viga tipo pletina	4547,93	2971,584	0,00	2971,58	45,86	11,30	57,17	2525,56
D63	Union poste viga tipo destaje	2457,52	2688,576	0,00	2688,58	41,50	15,07	56,57	1734,22

COMPILACIÓN DETALLES CONSTRUCTIVOS									
Detalle	Caso de estudio	Análisis estructural (kg)	Madera	Hormigón	Recolección de CO2 (kg/m3)	Madera	Hormigón	Recolección de HH (lt/m3)	Promedio A.E + R CO2 + R HH.
D64	Entramado con viguetas a 0,3	7150	1061,28	1690,2	2751,48	16,38	5,65	22,03	3307,84
D65	Entramado con viguetas a 0,4	3016	1415,04	2253,6	3668,64	21,84	7,54	29,38	2238,01
D66	Entramado con viguetas a 0,5	1544	1768,8	2817	4585,80	27,30	9,42	36,72	2055,51
D67	Entramado con viguetas a 0,6	893	2122,56	3380,4	5502,96	32,76	11,30	44,06	2146,67
D68	Entramado con viguetas a 0,7	377	2830,08	4507,2	7337,28	43,68	15,07	58,75	2591,01
D69	Entramado con viguetas a 0,8	193	3537,6	5634	9171,60	54,60	18,84	73,44	3146,01
D70	Entramado con viguetas a 0,9	112	4245,12	6760,8	11005,92	65,52	22,61	88,13	3735,35
D71	Entramado con viguetas a 0,10	11733	1415,04	2253,6	3668,64	21,84	7,54	29,38	5143,67

COMPILACIÓN DETALLES CONSTRUCTIVOS									
Detalle	Caso de estudio	Análisis estructural (kg)	Madera	Hormigón	Recolección de CO2 (kg/m3)	Madera	Hormigón	Recolección de HH (lt/m3)	Promedio A.E + R CO2 + R HH.
D72	Entramado con viguetas a 0,11	7698	1886,72	3011,2	4897,92	35,52	16,45	51,97	4215,96
D73	Entramado con viguetas a 0,12	4270	2358,4	3772	6130,40	52,40	28,56	80,96	3493,79
D74	Entramado con viguetas a 0,13	2471	2830,08	4536	7366,08	72,48	43,87	116,35	3317,81
D75	Entramado con viguetas a 0,14	1042	3773,44	6060,8	9834,24	109,44	71,30	180,74	3685,66
D76	Entramado con viguetas a 0,15	534	4716,8	7592	12308,80	152,80	105,12	257,92	4366,91
D77	Entramado con viguetas a 0,16	309	5660,16	9129,6	14789,76	202,56	145,34	347,90	5148,89
D78	Entramado con viguetas a 0,17	14666	1768,8	2859	4627,80	69,30	51,42	120,72	6471,51
D79	Entramado con viguetas a 0,18	11000	2358,4	3820	6178,40	100,40	76,56	176,96	5785,12
D80	Entramado con viguetas a 0,19	7698	2948	4785	7733,00	135,50	105,70	241,20	5224,07

COMPILACIÓN DETALLES CONSTRUCTIVOS									
Detalle	Caso de estudio	Análisis estructural (kg)	Madera	Hormigón	Recolección de CO2 (kg/m3)	Madera	Hormigón	Recolección de HH (lt/m3)	Promedio A.E + R CO2 + R HH .
D81	Entramado con viguetas a 0,20	5346	3537,6	5754	9291,60	174,60	138,84	313,44	4983,68
D82	Entramado con viguetas a 0,21	2443	4716,8	7688	12404,80	248,80	201,12	449,92	5099,24
D83	Entramado con viguetas a 0,22	1251	5896	9630	15526,00	331,00	271,40	602,40	5793,13
D84	Entramado con viguetas a 0,23	724	7075,2	11580	18655,20	421,20	349,68	770,88	6716,69

Tabla 28. Compilación de detalles constructivos con metodologías
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)

Analizando los resultados se establece que para cada categoría existirá un rango que nos indica cuales son los detalles cuyos valores sean favorables, para ello se establece una gama de colores entre rojo y verde en donde se establece que mientras más tendencia tiene hacia el rojo menos apto es el detalle para calificar y mientras más tendencia tiene hacia el verde, los valores son más favorables para la investigación.

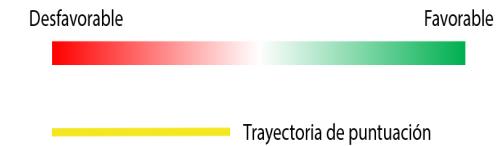


Figura 60. Rangos
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

Para la valoración de estos tres indicadores se establecieron parámetros mínimos basándose en los requerimientos del constructor en el caso de análisis estructural, mientras que en el caso de huella ecológica se establecerán valores que demuestran ser favorables para el impacto ambiental.

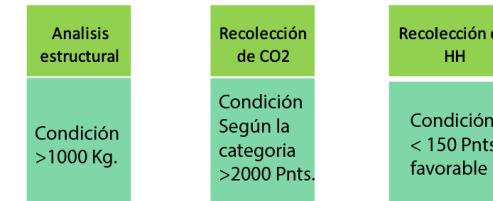


Figura 61. Valoración
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

A su vez tomando en cuenta la bibliografía previamente analizada se establecerá que los valores que tengan una

mayor importancia para la aprobación de los detalles serán los de análisis estructural, siendo este un 60 % de su calificación en un promedio en el que se analizan los tres indicadores establecidos mientras que la calificación entre recolección de CO2 y huella hídrica se dividirán siendo un 20 % cada una de estas.

5. FASE 2

FILTRADO DETALLES CONSTRUCTIVOS									
Detalle	Caso de estudio	Análisis estructural (kg)	Madera	Hormigón	Recolección de CO2 (kg/m3)	Madera	Hormigón	Recolección de HH (lt/m3)	Promedio A.E + R CO2 + R HH .
D4	Muro entramado con separación de 60 , con riostra de 60 Grados en V	1000	135843,84	0,00	135843,84	636,85	0,00	636,85	45826,90
D5	Muro entramado con separación de 60 , con riostra de 45 grados	1000	135843,84	0,00	135843,84	566,09	0,00	566,09	45803,31
D6	Muro entramado con separación de 60 , con riostra de 45 grados	1000	135843,84	0,00	135843,84	566,09	0,00	566,09	45803,31
D7	Muro entramado con separación de 40 , con riostra de 45 grados	1000	135843,84	0,00	135843,84	707,62	0,00	707,62	45850,49
D8	Muro entramado con separación de 40 , con riostra de 45 grados	1000	135843,84	0,00	135843,84	707,62	0,00	707,62	45850,49
D9	Columna al piso o cimentacion	856,56	11093,9136	17668,224	28762,14	171,23	59,08	230,31	9949,67
D10	Columna al piso o cimentacion	917,74	11093,9136	17668,224	28762,14	171,23	59,08	230,31	9970,06

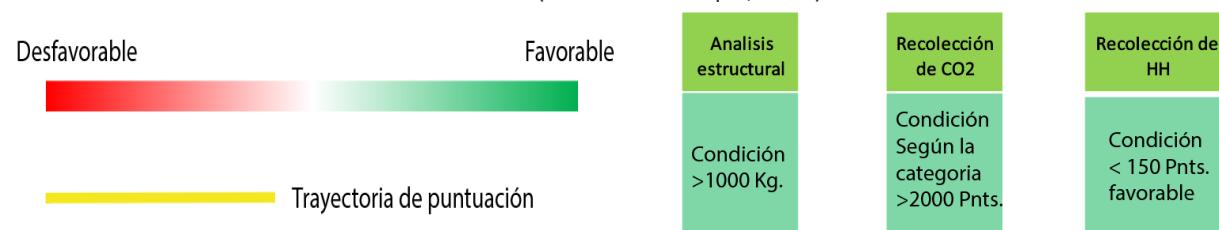
FILTRADO DETALLES CONSTRUCTIVOS									
Detalle	Caso de estudio	Análisis estructural (kg)	Madera	Hormigón	Recolección de CO2 (kg/m3)	Madera	Hormigón	Recolección de HH (lt/m3)	Promedio A.E + R CO2 + R HH .
D12	Columna al piso o cimentacion	8014,97	11093,9136	17668,224	28762,14	171,23	59,08	230,31	12335,81
D13	Columna al piso o cimentacion	8014,97	11093,9136	17668,224	28762,14	171,23	59,08	230,31	12335,81
D14	Columna al piso o cimentacion	2386,14	11093,9136	17668,224	28762,14	171,23	59,08	230,31	10459,53
D18	Viga de piso y columna sobre plinto de madera	3334,47	38300,416	60997,44	99297,86	591,14	0,00	591,14	34407,82
D19	Asentamiento de losa	2649,00	9233,136	0	9233,14	142,51	0,00	142,51	4008,21
D20	Anclaje fijo en losa de cimentacion	2314,76	5094,144	8112,96	13207,10	78,62	27,13	105,75	5209,21
D21	Anclaje fijo en losa de cimentacion	1245	5094,144	8112,96	13207,10	78,62	27,13	105,75	4852,62
D25	Anclaje columnas	3028,56	6273,344	9990,96	16264,30	96,82	33,41	130,23	6474,37
D26	Anclaje columnas	9881,05	4622,464	7361,76	11984,22	71,34	24,62	95,96	7320,41

FILTRADO DETALLES CONSTRUCTIVOS									
Detalle	Caso de estudio	Análisis estructural (kg)	Madera	Hormigón	Recolección de CO2 (kg/m3)	Madera	Hormigón	Recolección de HH (lt/m3)	Promedio A.E + R CO2 + R HH .
D27	Techo	2457,52	5041,08	0,00	5041,08	77,81	0,00	77,81	2525,47
D28	Hastiales	4078,86	5041,08	0,00	5041,08	77,81	0,00	77,81	3065,92
D29	Cubierta doble agua	4078,86	7841,68	0,00	7841,68	121,03	0,00	121,03	4013,86
D32	Tirante a cuerda	1529,57	7841,68	0,00	7841,68	121,03	0,00	121,03	3164,09
D33	Unión terminación de cubierta	1769,00	7841,68	0,00	7841,68	121,03	0,00	121,03	3243,90
D36	Riostra	2457,52	1320,704	0,00	1320,70	20,38	0,00	20,38	1266,20
D37	Diagonal a cuerdas	2416,73	1320,704	0,00	1320,70	20,38	0,00	20,38	1252,61
D41	Salida de riostra desde viga lateral	6363,03	1379,664	0,00	1379,66	21,29	0,00	21,29	2588,00
D42	Salida de riostra desde poste viga	856,56	1320,704	0,00	1320,70	20,38	0,00	20,38	732,55

FILTRADO DETALLES CONSTRUCTIVOS									
Detalle	Caso de estudio	Análisis estructural (kg)	Madera	Hormigón	Recolección de CO2 (kg/m3)	Madera	Hormigón	Recolección de HH (lt/m3)	Promedio A.E + R CO2 + R HH .
D43	Salida de riostra apoyada sobre viga doble	856,56	1320,704	0,00	1320,70	20,38	0,00	20,38	732,55
D49	Unión poste viga entrepiso	2457,52	2971,584	0,00	2971,58	45,86	0,00	45,86	1824,99
D50	Unión poste viga entrepiso	4547,93	2971,584	0,00	2971,58	45,86	0,00	45,86	2521,79
D53	Viga laminada y columna solida	1769,00	6273,344	0,00	6273,34	96,82	0,00	96,82	2713,06
D54	Viga y columna laminada	1814,00	5094,144	0,00	5094,14	78,62	0,00	78,62	2328,92
D60	Union poste viga con destaje	1529,57	752,80128	0,00	752,80	11,62	7,54	19,15	767,18
D61	Union poste viga con pletina de acero	4547,93	6273,344	0,00	6273,34	96,82	9,42	106,24	3642,51
D62	Union poste viga tipo pletina	4547,93	2971,584	0,00	2971,58	45,86	11,30	57,17	2525,56
D63	Union poste viga tipo destaje	2457,52	2688,576	0,00	2688,58	41,50	15,07	56,57	1734,22

FILTRADO DETALLES CONSTRUCTIVOS									
Detalle	Caso de estudio	Análisis estructural (kg)	Madera	Hormigón	Recolección de CO2 (kg/m3)	Madera	Hormigón	Recolección de HH (lt/m3)	Promedio A.E + R CO2 + R HH .
D74	Entramado con viguetas a 0,13	2471	2830,08	4536	7366,08	72,48	43,87	116,35	3317,81
D75	Entramado con viguetas a 0,14	1042	3773,44	6060,8	9834,24	109,44	71,30	180,74	3685,66
D79	Entramado con viguetas a 0,18	11000	2358,4	3820	6178,40	100,40	76,56	176,96	5785,12
D80	Entramado con viguetas a 0,19	7698	2948	4785	7733,00	135,50	105,70	241,20	5224,07
D81	Entramado con viguetas a 0,20	5346	3537,6	5754	9291,60	174,60	138,84	313,44	4983,68
D82	Entramado con viguetas a 0,21	2443	4716,8	7688	12404,80	248,80	201,12	449,92	5099,24

Tabla 29. Filtrado detalles constructivos con metodologías
Fuente: (Elaboración Propia, 2023)



Como se observa en los resultados se selecciona los detalles favorables de acuerdo a la gama de colores establecida y a partir de la trayectoria que esta tiene en la categoría de muros se ve evidenciado que el detalle D1, D2 se descartan ya que aunque tienen un buen comportamiento estructural este tiene un comportamiento desfavorable en impacto ambiental lo cual no es lo que se busca para el proceso de filtrado.



Figura 62. Rangos
Fuente: (Barragán - Saavedra, 2023).

El D9 podemos ver que la diferencia entre la resistencia del anclaje y de la sección, es considerable, teniendo la sección una resistencia de 7955,59 Kg y el anclaje 856,56 Kg; esto pese a que en detalles posteriores se usa sistemas de anclaje similares, sin embargo pese a que la sección nos garantiza que el detalle es optimo para ser usado en construcciones, la manera en la que este llega a ser fijado a la cimentación de hormigón no nos dará la misma seguridad, con lo cual se puede optar por otro sistema de anclaje o que este detalle tenga un uso adecuado a la carga para la que está diseñado. Por otro lado, en cuanto a su comportamiento en huella ecológica, vemos que al tener una cimentación de hormigón, la huella hídrica de este llega a tener un impacto mas notable referente a detalles de otras categorías.

Para el D10 tenemos un caso similar al anterior esto se debe a que la sección usada es una de las mas comer-

ciales y mas habituales de encontrar en proyectos, de igual forma vemos que sus dimensiones son moderadas y su resistencia estructural es notablemente alta para ser usado en edificios de mediana altura, sin embargo el sistema de anclaje que se usa para este detalle no llega a ser lo suficientemente elevado para estar a la par con la sección que se va a usar o para el que está diseñado. Si analizamos la huella ecológica del detalle, vemos que no existe una diferencia notable con respecto al anterior, esto debido a que los volúmenes usados para la cimentación suelen ser repetitivos entre proyectos, o el volumen que se considera para el análisis es muy parejo entre detalles; no obstante, debemos recordar que al llevar hormigón y su anclaje depender netamente de este su huella hídrica se ve en niveles no favorables para el estudio.

En el D11 de esta categoría, la sección a analizar cambia con respecto a las anteriores, sin embargo el sistema de anclaje usado en este caso llega a reducir la diferencia de cargas a tolerar entre la sección y el método de anclaje, se debe de tomar en cuenta que la sección se vera afectada dependiendo del sistema de anclaje a usar, esto debido a que en el mercado no existen dimensiones para todas las secciones y muchas veces se deberá de cambiar esta. Este detalle llega a ser mas optimo para ser usado en un proyecto convencional. En cuanto a su huella ecológica, sus valores al verse dependientes de las dimensiones de la sección, se puede observar que en huella de carbono no llegan a ser tan negativos como podría esperarse si lo analizamos a manera de proporción, con respecto a los detalles anteriores este presenta una recolección de co2 positiva, y su huella hídrica tambien tiene valores bajos, que en la investigación es lo que se necesita para poder saber cuales son los detalles potenciales para ser usados.

Al ser detalles cuyo volumen de madera es muy bajo la

resistencia estructural por sección se vera reducida, pese a que aquí la diferencia de resistencia entre la sección y el sistema de anclaje llega a ser mínima, existe un detalle que destaca de entre toda la categoría, esto por tener dimensiones de sección comerciales y habituales de ver en proyectos, a su vez el medio de anclaje de este no es diferente a sistemas antes vistos; estructuralmente se deduce que el detalle 18 es el que mejor comportamiento tiene. De los detalles presentados en la categoría vemos que en todos, exceptuando uno, hay una ausencia de hormigón en su medio de anclaje, esto es favorable para poder tener una huella ecológica más optimista al resultado esperado, ya que se comprueba que no en todos los casos es necesario de presentar un aislamiento de hormigón, en el detalle 18 vemos que el volumen de madera estudiado de acuerdo al que se usa en sistema estructural de este, es favorable tanto para recolección de CO₂ como para huella hídrica, con lo cual sus valores llegan a ser los más altos de la tabla.

Se ve en algunos detalles como la huella hídrica influye de manera importante ya que algunos de estos tienen un sistema mixto, con el fin de buscar la reducción de recursos, se puede ver evidenciado que en los detalles D20 Y D21 además de tener un buen comportamiento estructural existe una alta recolección de CO₂ cumpliendo con el > 2000pnts establecido y siendo < 150 pnts de agua aplicada teniendo un aporte al impacto ambiental.

A partir de los parámetros establecidos se ve como este tiene un comportamiento favorable en la mayoría de detalles, esto se puede ver desde el D27 al D63 de la tabla final de filtrado ya que están por encima de los datos que se buscan, es decir estos tienen un mayor aporte y se puede deducir que al implementarlos a un proyecto completo tendrán un mayor beneficio en lo ambiental y en cuanto a estructural se garantiza la seguridad.

Al analizar las cubiertas, vemos que parte de la resistencia de estas será debido al tipo de entramado que esta lleve, si bien las dimensiones de la sección a usar también tienen un papel importante, la resistencia en estas será más bien una cuestión de resistencia y rigidez, es por esto que los valores entre la sección y el tipo de anclaje llegan a ser tan diferentes porque en este caso se necesita que el anclaje mantenga junto cada elemento en el detalle, no obstante se debe recordar que las cargas a las que estos van a estar sometidos será diferentes a las cargas de pisos inferiores ya que parte de estas serán únicamente cargas provenientes de factores climáticos, dicho esto los detalles que presentan un comportamiento más desfavorable a rigidez son en 20 y 31 esto debido a la sección con la que estos están planteados, ya que el tipo de anclaje que se propone usar es funcional para el trabajo con lo cual si el detalle falla no será en estos elementos sino más bien en las secciones que se extienden desde estos. En cuanto a la huella de carbono que estos dos detalles nos dan, vemos que su aporte a la recolección de huella de carbono, no es la más óptima para ayudar al impacto ambiental, como ya se mencionó la recolección de CO₂ esta ligada al volumen de madera que se emplea en cada detalle estructural y estos dos al tener secciones menores, no pueden tener una captación de CO₂ considerable en comparación con los demás detalles de la categoría, los cuales tienen valores positivos.

En la unión de una riostra, dependerá netamente del tipo de anclaje que esta tenga, es por esto que los detalles que llegan a descartarse fácilmente, serán aquellos cuyo anclaje tenga mayor simplicidad, en este caso los detalles con un mejor comportamiento son aquellos en los que se usan pletinas, esto debido a la resistencia que estos pueden llegar a presentar ante la tracción y la forma en la que estos se diseñan, de igual manera existen 2 detalles que tienen un comportamiento ventajoso pese a no llevar

unión con pletinas, sino más bien son empotrados entre madera, debemos recordar que el comportamiento de la riostra será dependiendo el tipo de carga que a esta se le de, sin embargo el del sistema de anclaje o fijación de este será el mismo en todos los casos de esta categoría. Por otro lado son estos mismos detalles los que presentan una trayectoria constante en huella ecológica debido al volumen que se emplea en cada uno de estos y en cuanto a la huella hídrica, todos son favorables ya que no se usa concreto en este tipo de detalles por ende su impacto en este indicador llega a ser nulo.

Al ser otro tipo de carga al que este será sometido, la cantidad de opciones para trabajarla se extienden, es por eso que se nota que los detalles que mejor califican en esta categoría, son aquellos cuyo rango de diferencia es mínimo entre la resistencia del anclaje y la de la sección. Por otro lado debido a que en esta categoría existen detalles cuya sección es la misma en gran parte de los casos, los valores de huella ecológica se verán similares, por lo que los que mejor calificación tienen en este indicador son los que menos se alejen del promedio de todos; si hablamos de la huella hídrica los números en todos los detalles son ventajosos, por ende este indicador no llega a ser el más eficaz al momento de filtrar y descartar los detalles desfavorables, esto debido a la ausencia de hormigón en la estructura y el bajo impacto que estos tienen en este campo.

Analizando la diferencia de cargas en los detalles de entre piso, podemos observar que estos dependen de la distancia que existe entre viguetas, y el espesor que presentan en el entablado, por ende se registra que existen tres espesores de entablados a usar y los que presentan un mejor comportamiento estructural son los que poseen un distanciamiento de entablado más reducido, esto aumenta el volumen de la madera a usar y a la vez

afectará directamente a la huella hídrica, es por eso que se deduce que la mejor manera de elegir cuáles son los detalles más destacados, es la huella ecológica, escogiendo los que presenten una menor diferencia de valores tomando en cuenta un promedio entre todos estos, esto debido a que estructuralmente no se encuentra un detalle que no registre un buen comportamiento en los esfuerzos presentados en el entablado.

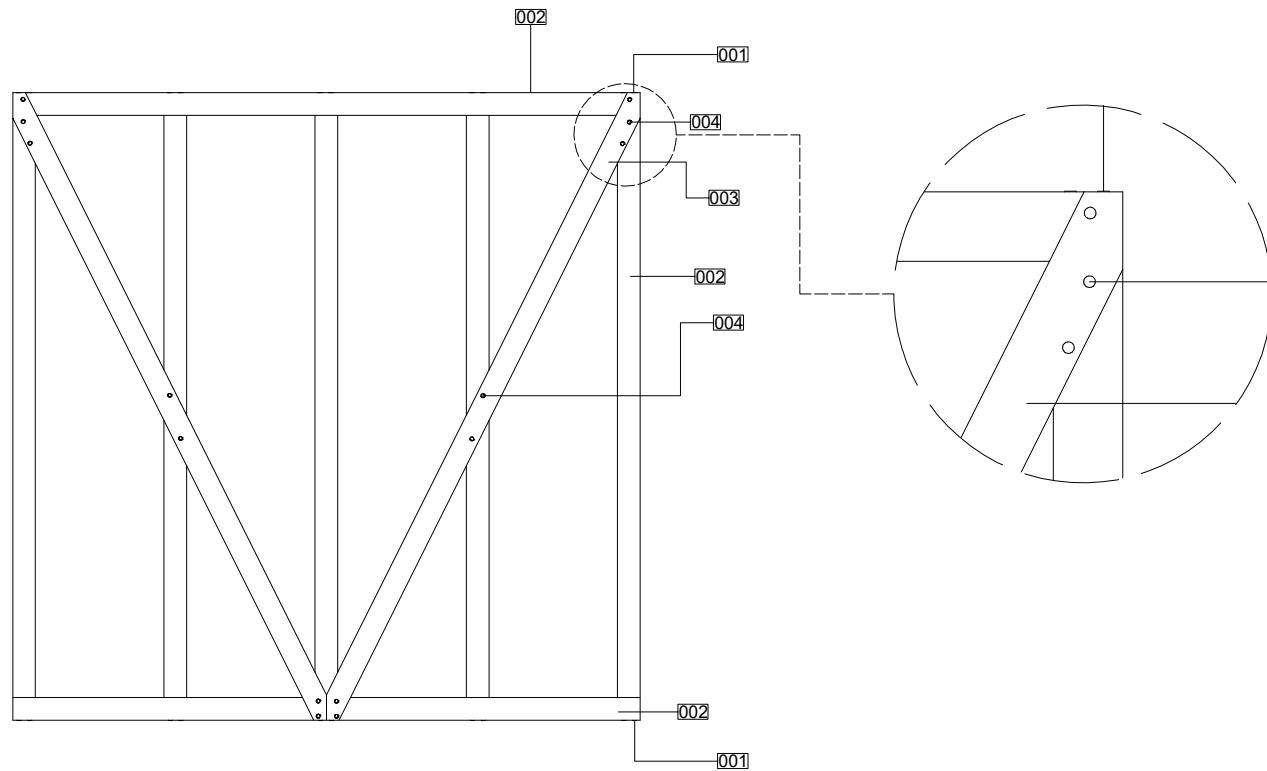
Los detalles filtrados garantizan la seguridad y el aporte al ambiente ya que se evidenció mediante papers, como influye el comportamiento estructural y es lo principal para asegurar al diseño y gracias a esto se puede observar cuanto se va a recolectar de CO₂ que es algo que se busca implementar en futuros diseños para tener un impacto ambiental más grande.



CATALOGACIÓN Y ANÁLISIS DE DETALLES CONSTRUCTIVOS DE MADERA LAMINADA EN EDIFICIOS DE MEDIA ALTURA.

GERMAIN BARRAGÁN - VALERIE SAAVEDRA

MUROS . COLUMNAS . VIGAS . ANCLAJES . CUBIERTAS . POSTE
VIGA . ENTREPISO . ESCALERAS



001 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana.
COD. FIRKG5.1X150-180.

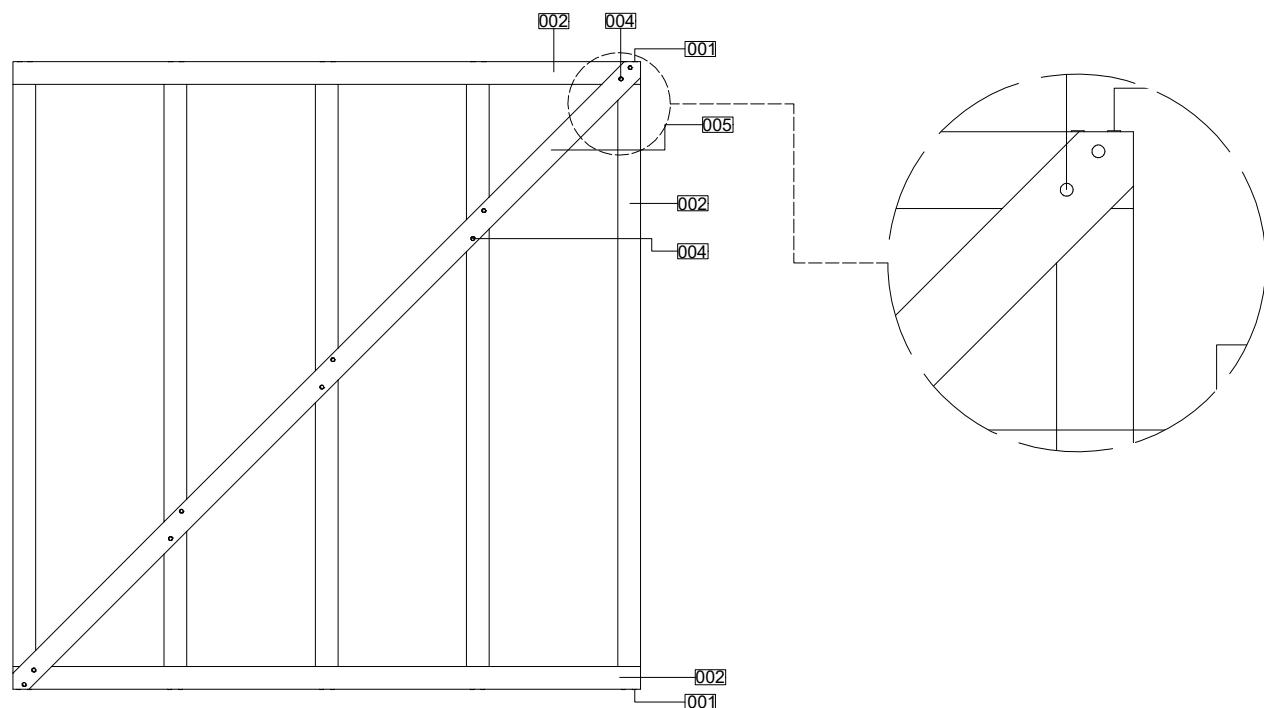
004 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana.
COD. FIRKG3.1X75-920.

002 Poste de madera laminada 90mm x 90 x 2210-2400mm.

003 Riostra de madera 60°, espesor 20mm.

Descripción:	Escala:	N°.
Muro entramado, con separación de 60cm, con riostra de 60° en V.	1_30	01





001 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana.
COD. FIRKG5.1X150-180.

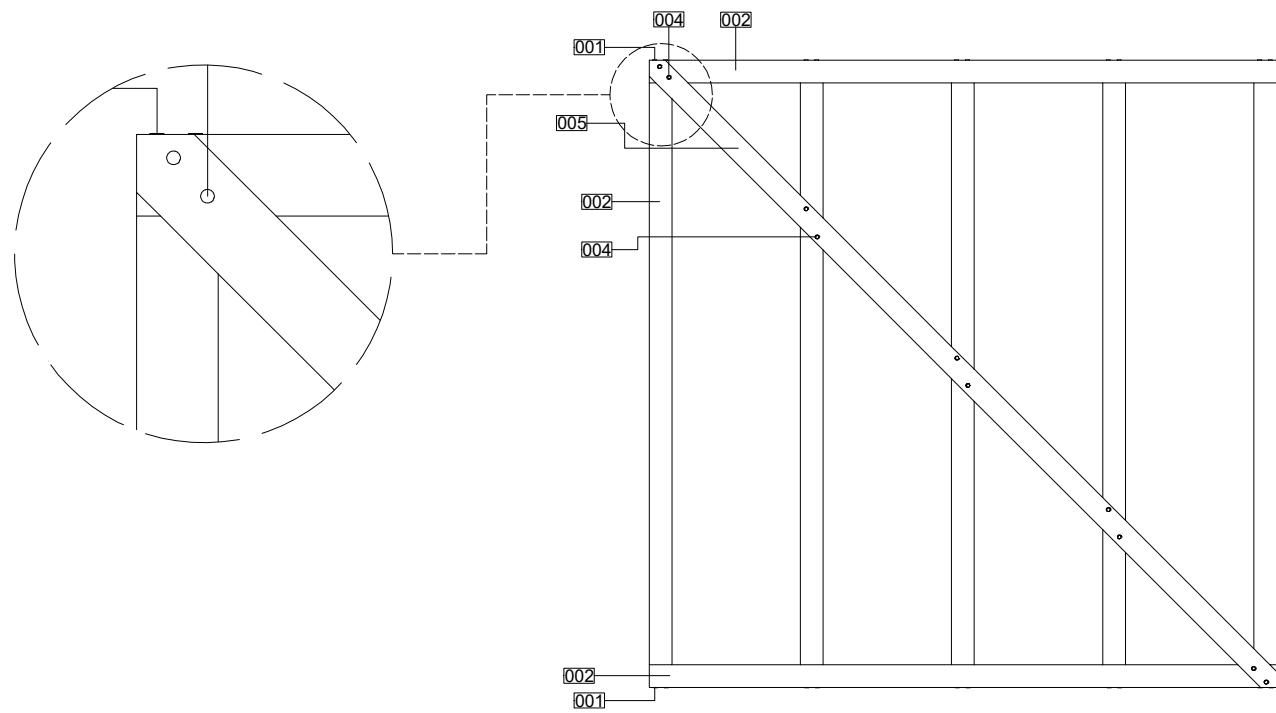
004 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana.
COD. FIRKG3.1X75-920.

002 Poste de madera laminada 90mm x 90 x 2210-2400mm.

005 Riostra de madera 45°, espesor 20mm.

Descripción:	Escala:	N°.
Muro entramado, con separación de 60cm, con riostra de 45°.	1_30	02





001 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana.
COD. FIRKG5.1X150-180.

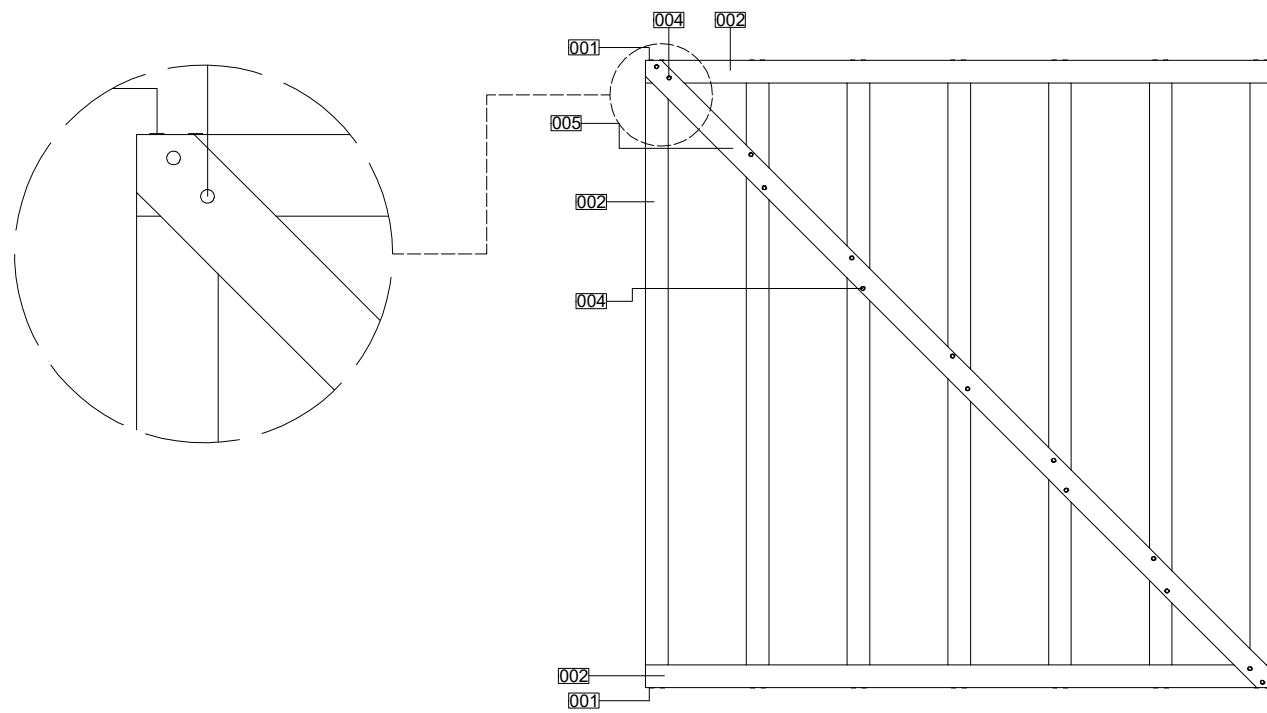
004 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana.
COD. FIRKG3.1X75-920.

002 Poste de madera laminada 90mm x 90 x 2210-2400mm.

005 Riostra de madera 45°, espesor 20mm.

Descripción:	Escala:	N°.
Muro entramado, con separación de 60cm, con riostra de 45°.	1_30	03





001 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana.
COD. FIRKG5.1X150-180.

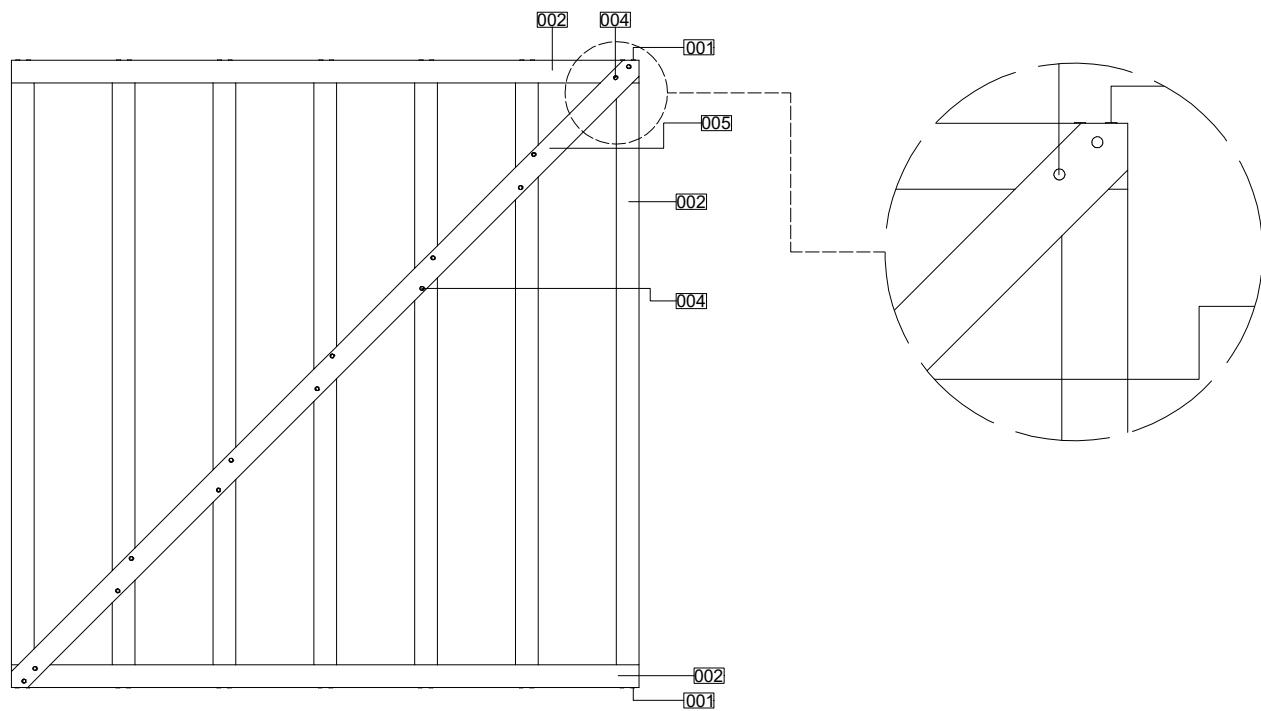
004 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana.
COD. FIRKG3.1X75-920.

002 Poste de madera laminada 90mm x 90 x 2210-2400mm.

005 Riostra de madera 45°, espesor 20mm.

Descripción:	Escala:	N°.
Muro entramado, con separación de 40cm, con riostra de 45°.	1_30	04





001 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana.
COD. FIRKG5.1X150-180.

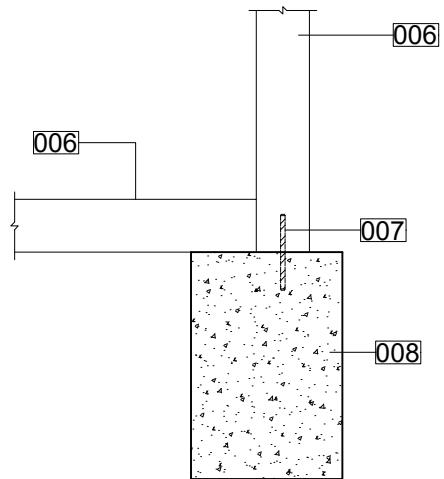
004 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana.
COD. FIRKG3.1X75-920.

002 Poste de madera laminada 90mm x 90 x 2210-2400mm.

005 Riostra de madera 45°, espesor 20mm.

Descripción:	Escala:	N°.
Muro entramado, con separación de 40cm, con riostra de 45°.	1_30	05



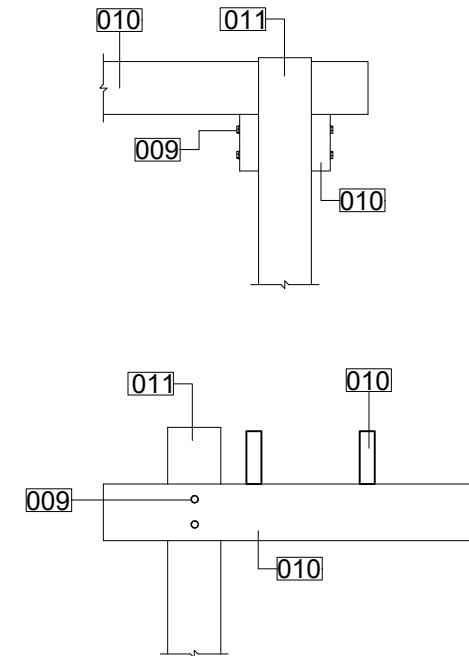
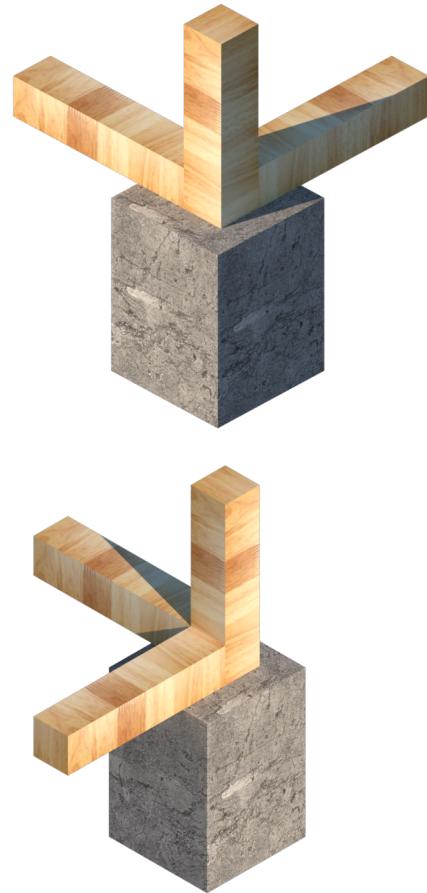


006 Poste de madera laminada sección 140mm x 140mm.

007 Clavija metálica para conectores con alma interior.
COD. STD12X200-B.

008 Cimentación de hormigón ciclópeo.

Descripción:	Escala:	N°.
Columna al piso o cimentación con clavija corrugada oculta.	1_20	06

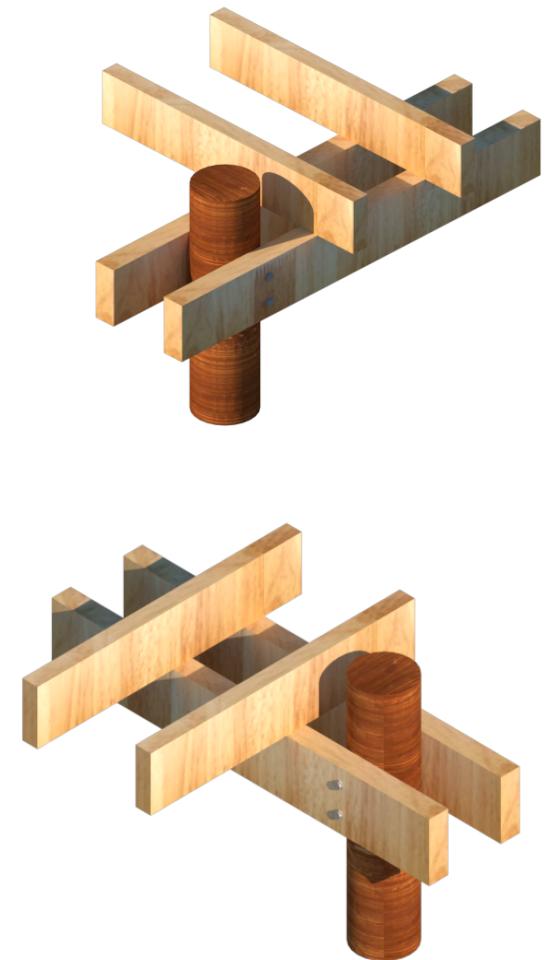


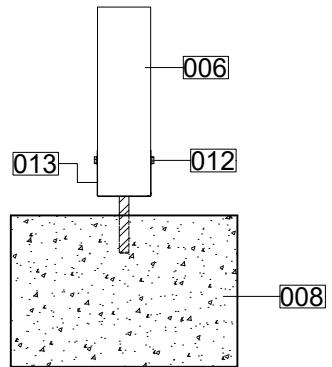
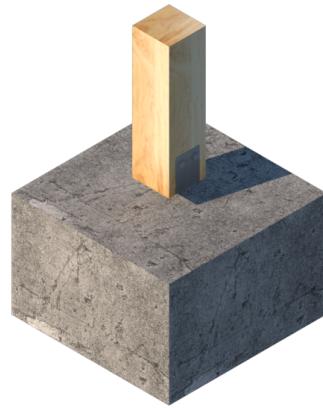
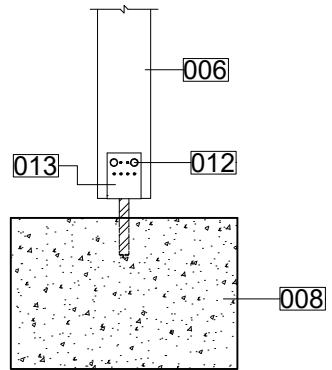
009 Tirafondo.
COD. LAG10080.

010 Viga de madera laminada, sección 140mm x 65mm.

011 Poste de cimentación de madera Ø140mm.

Descripción:	Escala:	N°.
Cimentación a poste aislante con vigas.	1_20	07





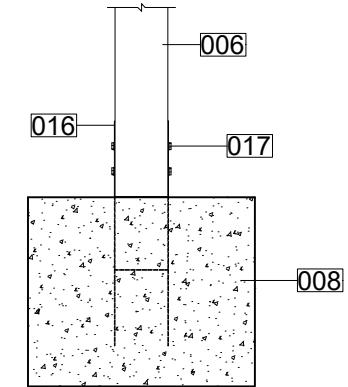
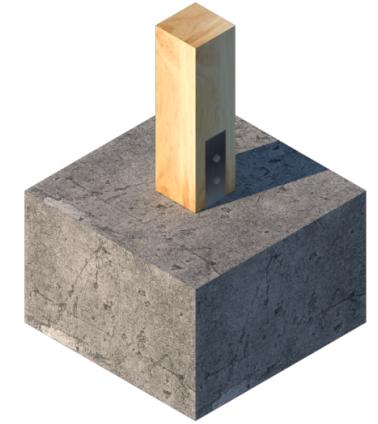
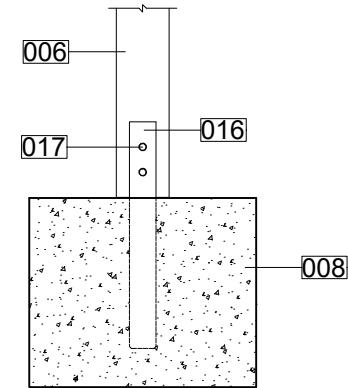
006 Poste de madera laminada sección 140mm x 140mm.

013 Pies de pilar en "U" para anclar COD. PPD140/90

008 Cimentación de hormigón ciclópeo.

012 Tirafondo.
COD. LAG08050RP.

Descripción:	Escala:	N°.
Columna al piso o cimentación con anclaje en U.	1_20	08



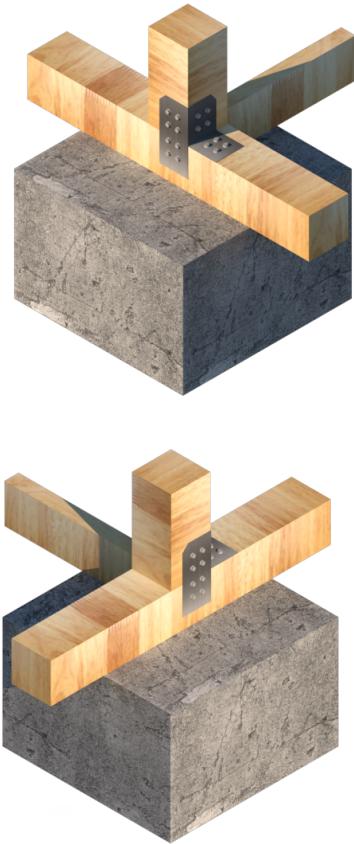
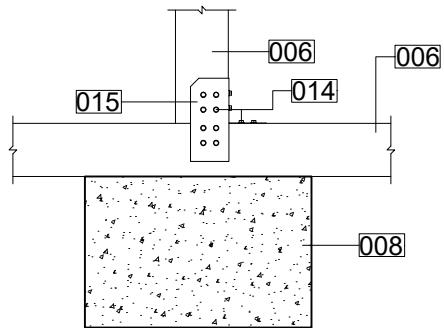
006 Poste de madera laminada sección 140mm x 140mm.

017 Tirafondo.
COD. LAG08050

008 Cimentación de hormigón ciclópeo.

016 Pies de pilar en H.
COD. PP49007.

Descripción:	Escala:	N°.
Columna al piso o cimentación con anclaje en H.	1_20	09



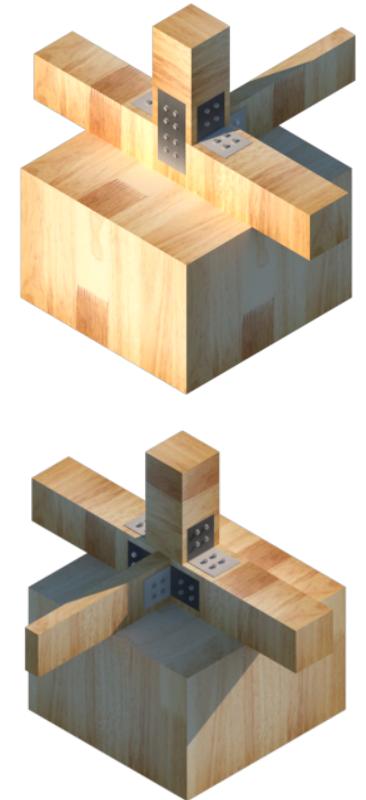
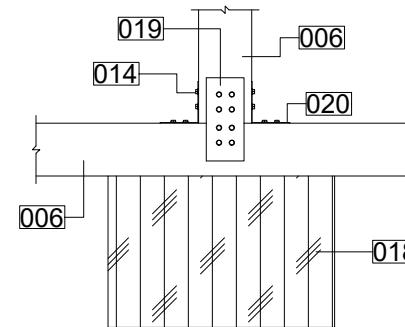
006 Poste de madera laminada sección 140mm x 140mm.

015 Pletina metálica a doble sentido.

008 Cimentación de hormigón ciclópeo.

014 Tornillo conector.
COD. SSH8.0X40PB.

Descripción:	Escala:	N°.
Unión poste viga en cimentación, con pletina a doble sentido.	1_20	10



006 Poste de madera laminada sección 140mm x 140mm.

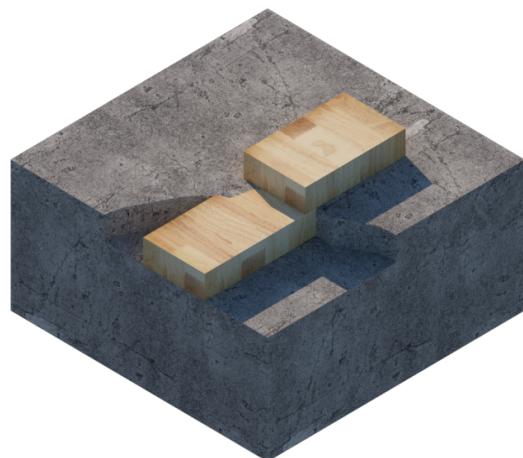
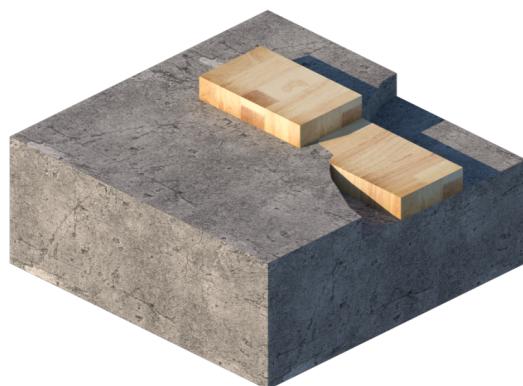
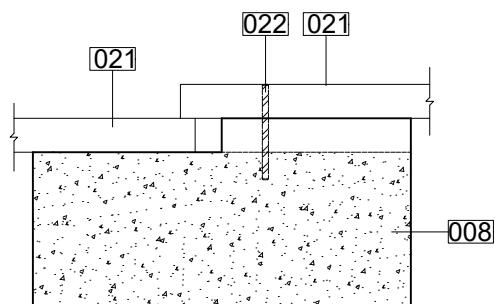
019 Placa perforada.
COD. NP20/100/200.

014 Tornillo conector.
COD. SSH8.0X40PB.

020 Escuadra estructural.
COD. AB105.

018 Cimentación de madera laminada.

Descripción:	Escala:	N°.
Viga de piso y columna sobre plinto de madera.	1_20	11

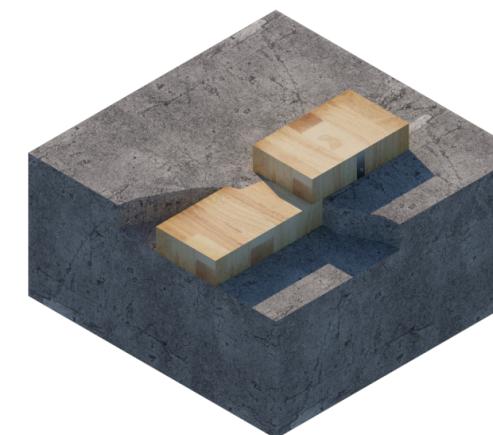
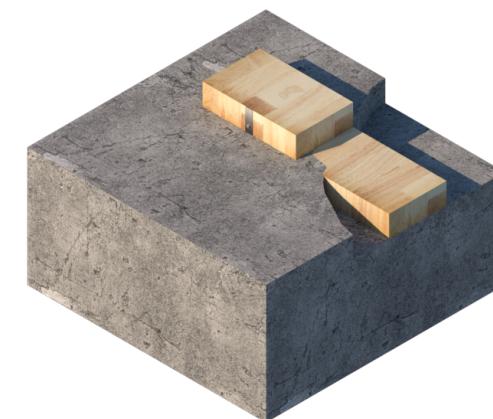
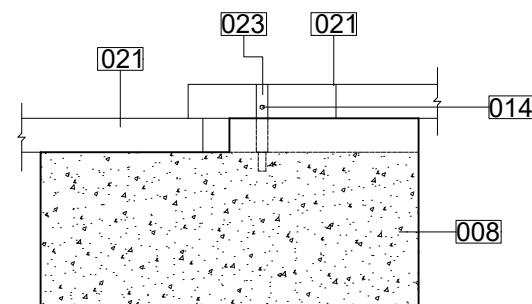


008 Cimentación de hormigón ciclópeo.

021 Solera inferior de madera laminada. 90mm x 240mm.

022 Clavija metálica para conectores con alma interior
COD. STD16X250-B

Descripción:	Escala:	N°.
Anclaje fijo en losa de cimentación	1_20	12

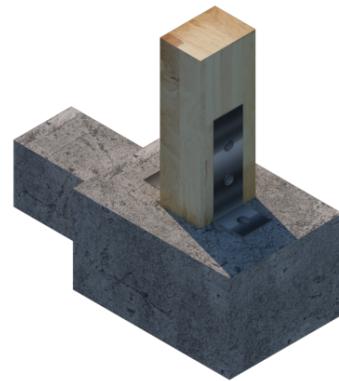
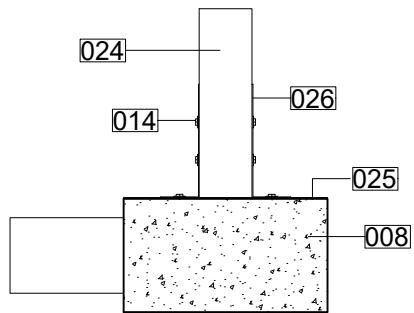
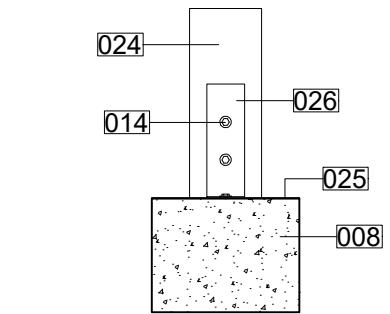


008 Cimentación de hormigón ciclópeo.

014 Tornillo conector.
COD. SSH8.0X40PB

021 Solera inferior de madera laminada. 90mm x 240mm.

Descripción:	Escala:	N°.
Anclaje fijo en losa de cimentación con anclaje en U.	1_20	13



008 Cimentación de hormigón ciclópeo.

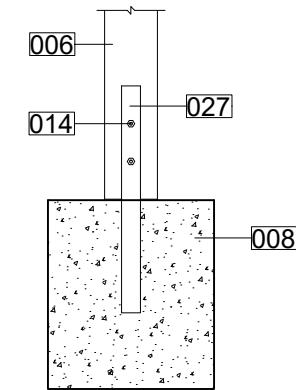
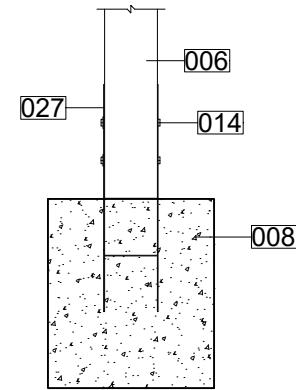
025 Pletina de fijación a cimentación.

014 Tornillo conector.
COD. SSH8.0X40PB

026 Escuadra reforzada.
COD. AG40312.

024 Poste de madera laminada, sección 140mm x 190mm.

Descripción:	Escala:	N°.
Anclaje fijo en cimentación, con escuadra reforzada.	1_20	14



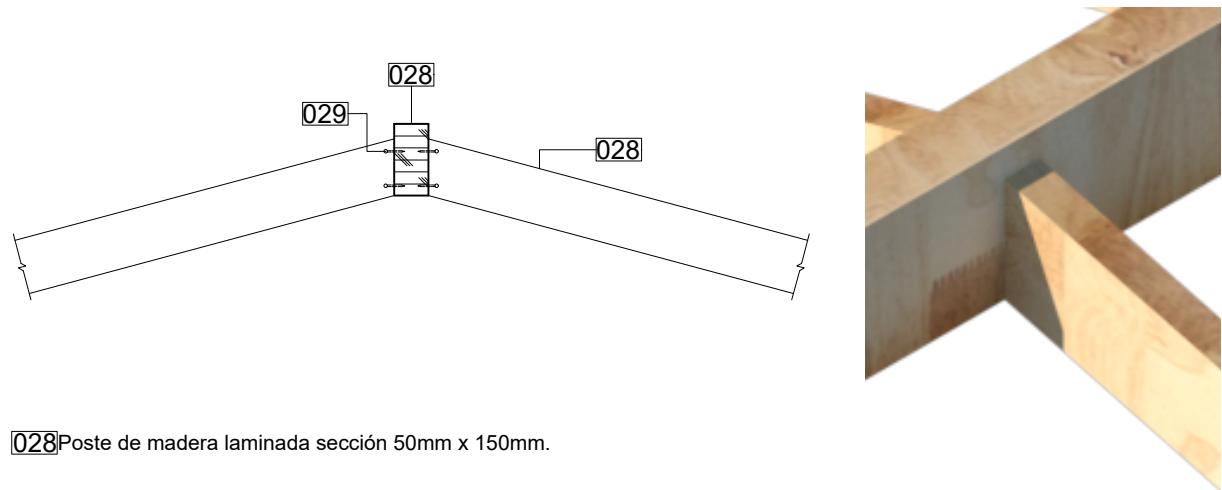
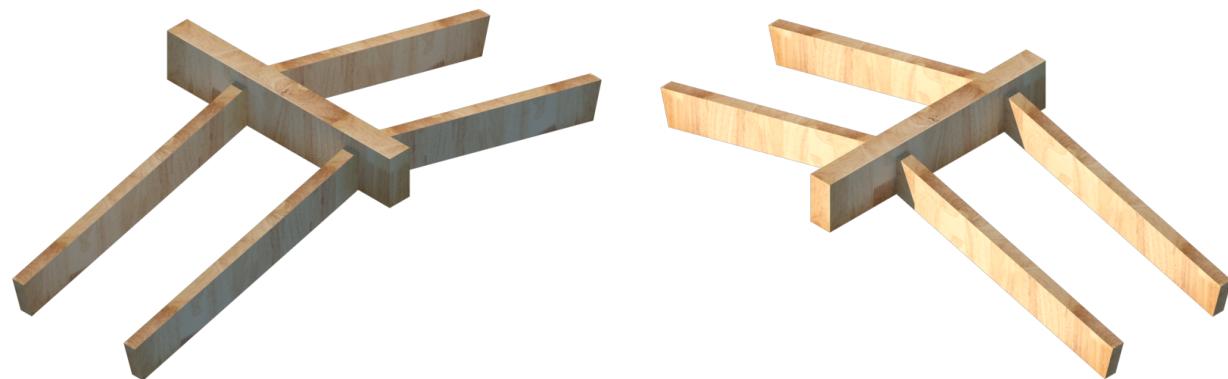
006 Poste de madera laminada sección 140mm x 140mm

027 Pie de pilar en H.
COD. PP49012.

008 Cimentación de hormigón ciclópeo.

014 Tornillo conector.
COD. SSH8.0X40PB

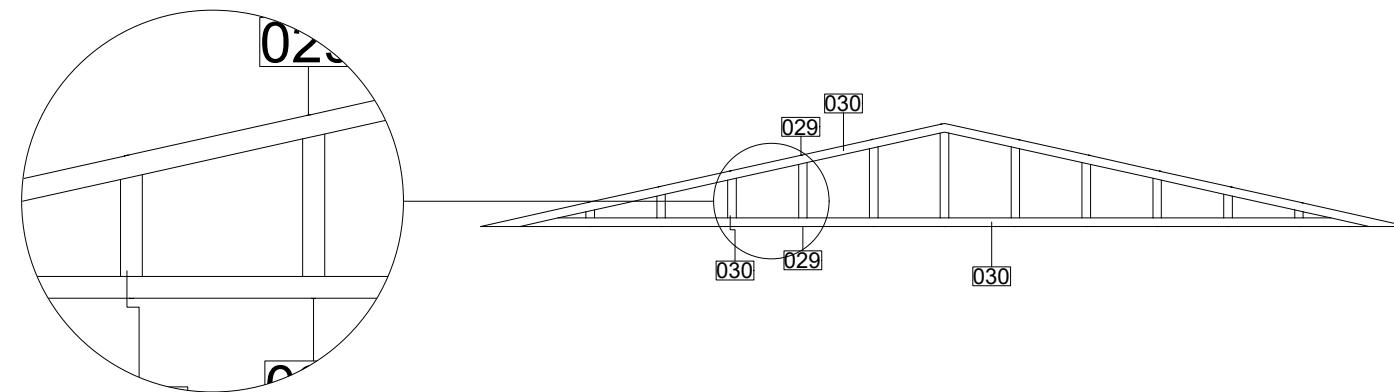
Descripción:	Escala:	N°.
Anclaje fijo en cimentación, con pie de pilar en H.	1_20	15



028 Poste de madera laminada sección 50mm x 150mm.

029 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana COD. FIRKG3.7X100-490.

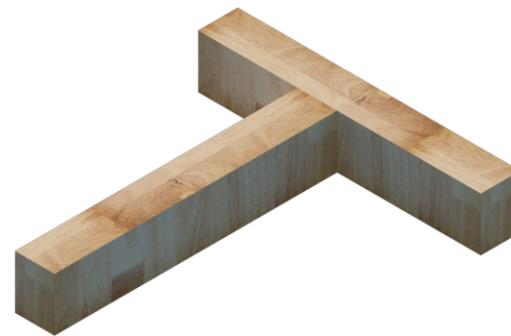
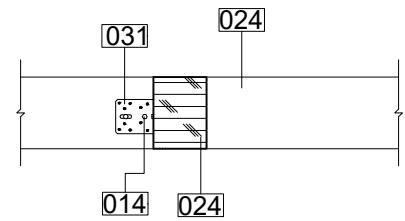
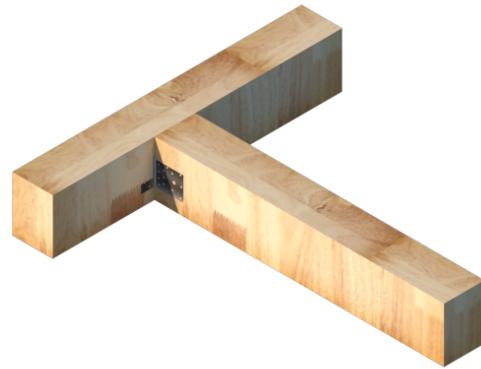
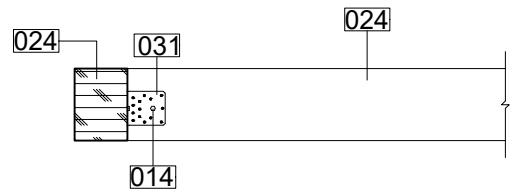
Descripción:	Escala:	N°.
Cubierta a dos aguas en viga clavada.	1_20	16



029 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana COD. FIRKG3.7X100-490.

030 Poste de madera laminada sección 65mm x 65mm.

Descripción:	Escala:	N°.
Cubierta a dos aguas en con entramado.	1_80	17

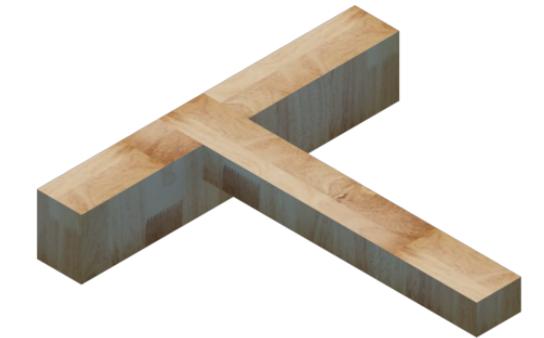
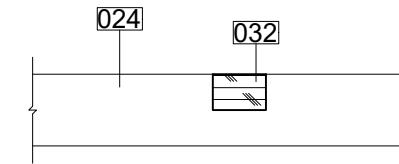
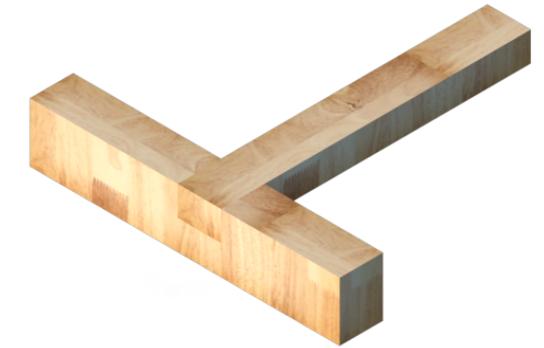
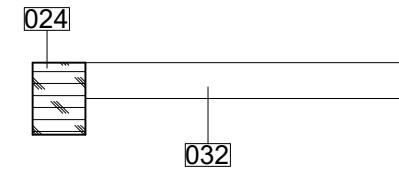


014 Tornillo conector.
COD. SSH8.0X40PB.

024 Poste de madera laminada, sección 140mm x 190mm.

031 Escuadras para estructuras - Inox A4 (100S).
COD. ABR100S.

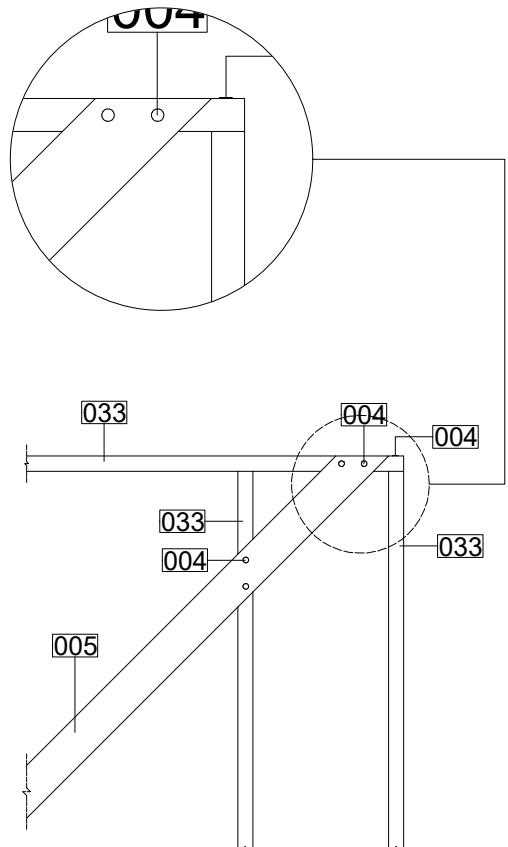
Descripción:	Escala:	N°.
Unión vigas de cubierta, con escuadra.	1_20	18



024 Poste de madera laminada, sección 140mm x 190mm.

032 Poste de madera laminada, sección 140mm x 95mm.

Descripción:	Escala:	N°.
Unión vigas de cubierta, con traslape horizontal.	1_20	19



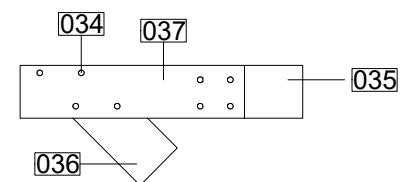
005 Riostra de madera 45°, espesor 20mm.

004 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana. COD. FIRKG3.1X75-920

033 Poste de madera laminada, sección 40mm x 40mm.



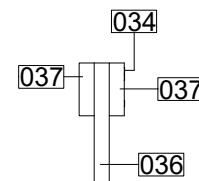
Descripción:	Escala:	N°.
Unión riostra poste viga en muro de interior con sección de 40mm.	1_20	20



034 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana. COD. FIRKU2.5X65.

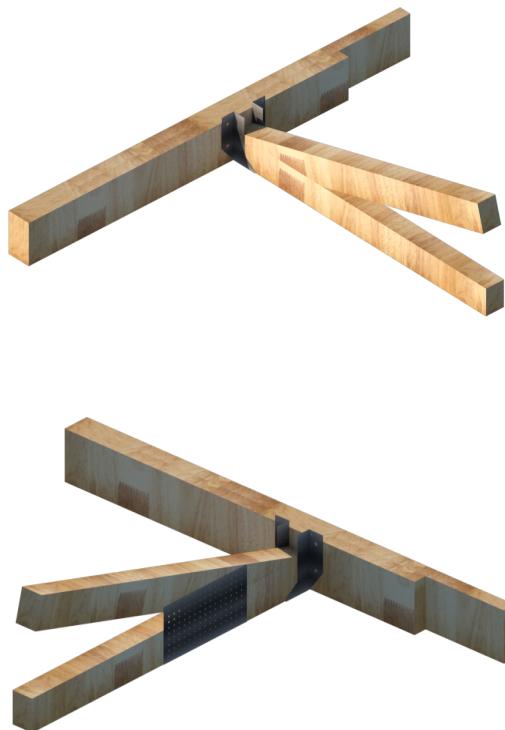
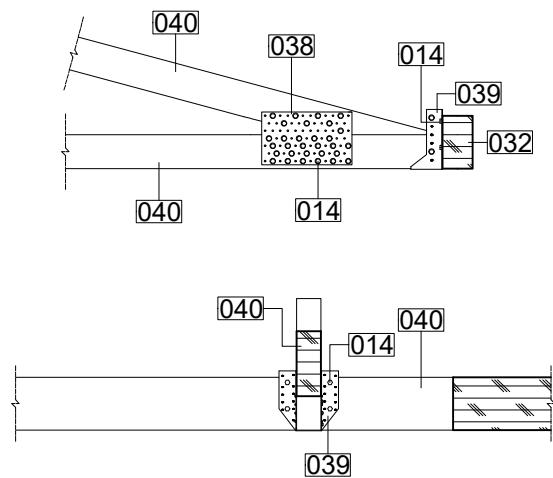
035 Viga de madera laminada sección, 40mm x 140mm.

036 Riostra de madera laminada espesor de 40mm.



037 Sección de madera para unión entre riostra y viga. Espesor 40mm x 140mm.

Descripción:	Escala:	N°.
Unión riostra poste viga en muro de interior con segmentos clavados de 40mm x 140mm.	1_20	21



014 Tornillo conector.
COD. SSH8.0X40PB.

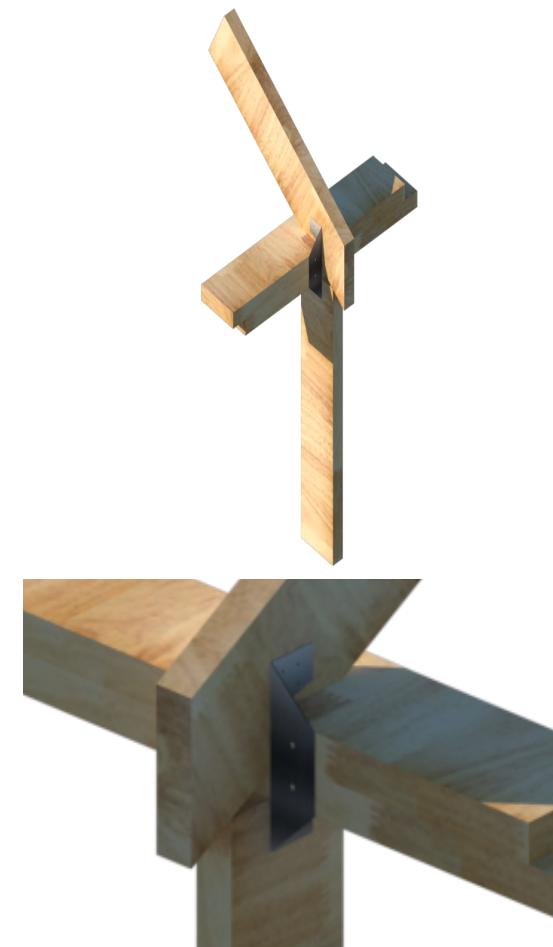
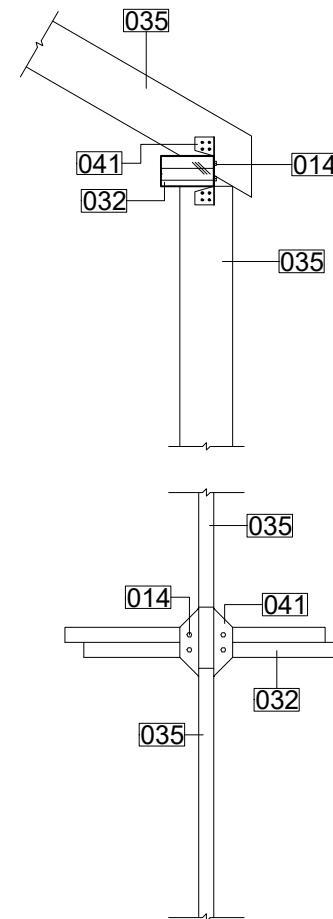
032 Poste de madera laminada, sección 140mm x 95mm.

038 Placas perforadas.
COD. NP20/140/240

039 Estribo con alas exteriores - Inox A4.
COD. SAEX380/64/1,5.

040 Sección de madera laminada, espesor 140mm x 65mm.

Descripción:	Escala:	N°.
Unión riostra viga con placa y estribo con alas exteriores.	1_20	22



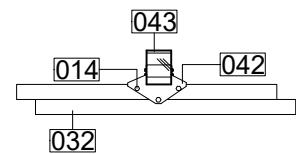
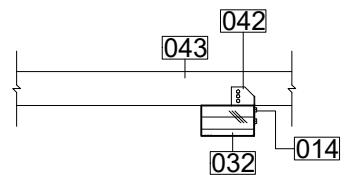
014 Tornillo conector.
COD. SSH8.0X40PB.

032 Poste de madera laminada, sección 140mm x 95mm.

035 Poste de madera laminada, sección 140mm x 40mm.

041 Pletina metálica dos ángulos.
COD. Ref. H2.5A.

Descripción:	Escala:	N°.
Unión riostra viga con pletina a dos ángulos.	1_20	23



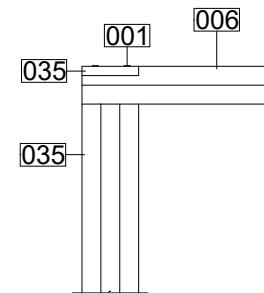
014 Tornillo conector.
COD. SSH8.0X40PB.

032 Poste de madera laminada, sección 140mm x 95mm.

042 Estribo con alas exteriores y anclaje inferior.
COD. Ref. SAEX380/64/1,5.

043 Sección de madera laminada, 90mm x 65mm.

Descripción:	Escala:	N°.
Unión riostra viga con estribo con alas exteriores y anclaje inferior.	1_20	24

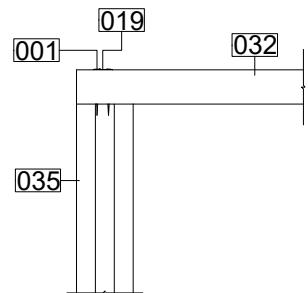


001 Tornillo conector.
COD. SSH8.0X40PB.

006 Poste de madera laminada, sección 140mm x 95mm.

035 Estribo con alas exteriores y anclaje inferior.
COD. Ref. SAEX380/64/1,5.

Descripción:	Escala:	N°.
Unión poste viga con traslape y clavado.	1_20	25



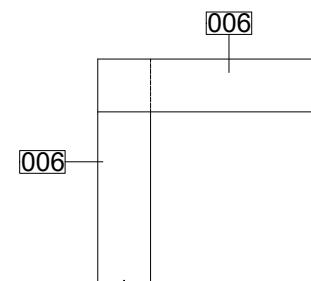
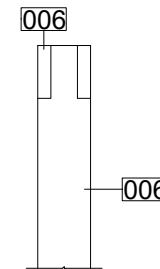
001 Tornillo conector.
COD. SSH8.0X40PB.

019 Placa perforada.
COD. NP20/100/200.

032 Poste de madera laminada, sección 140mm x 95mm.

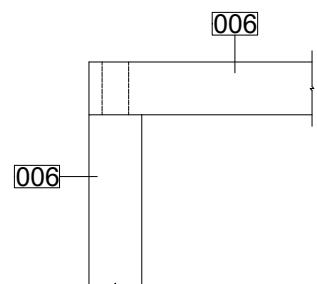
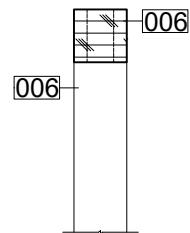
035 Poste de madera laminada, sección 140mm x 40mm.

Descripción:	Escala:	N°.
Unión poste viga clavado con pletina.	1_20	26



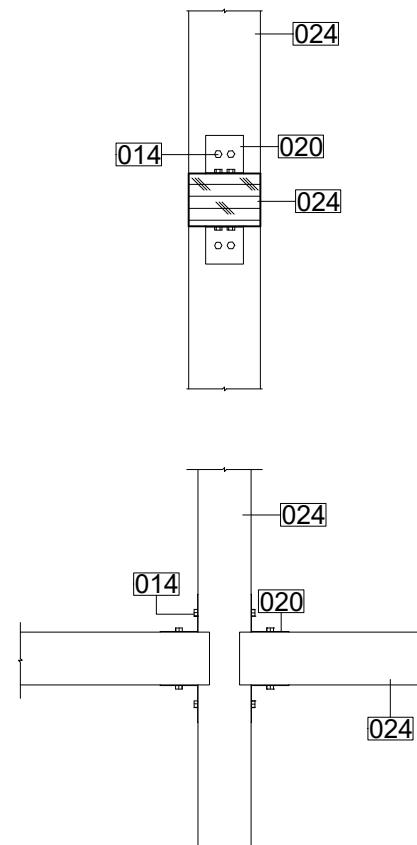
006 Poste de madera laminada sección 140mm x 140mm.

Descripción:	Escala:	N°.
Unión poste viga con traslape.	1_20	27



006 Poste de madera laminada sección 140mm x 140mm.

Descripción:	Escala:	N°.
Unión poste viga con traslape central.	1_20	28

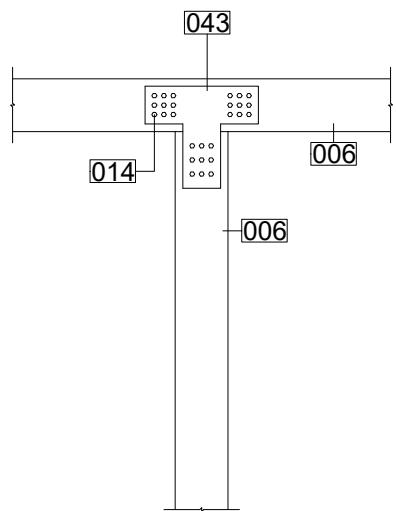


014 Tornillo conector.
COD. SSH8.0X40PB.

020 Escuadra estructural.
COD. AB105.

024 Poste de madera laminada, sección 140mm x 190mm.

Descripción:	Escala:	N°.
Unión poste viga con pletina estructural y traslape.	1_20	29

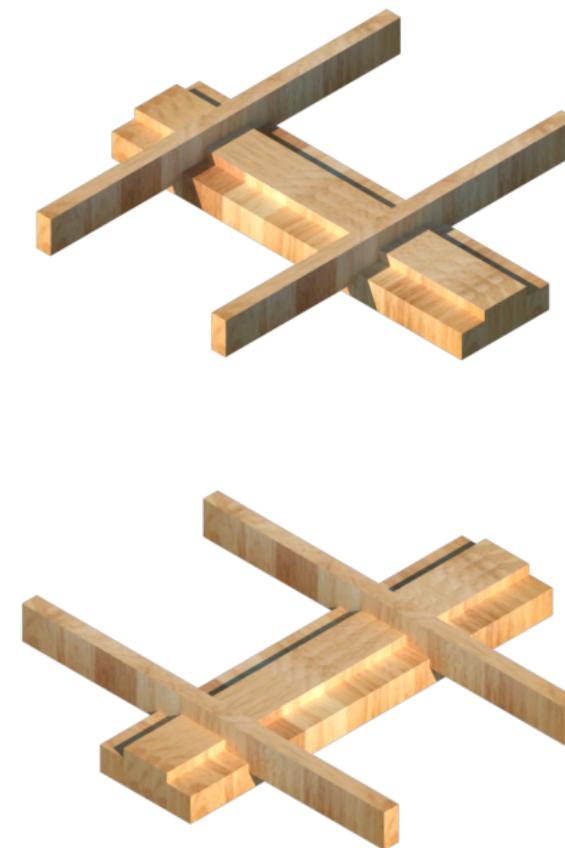
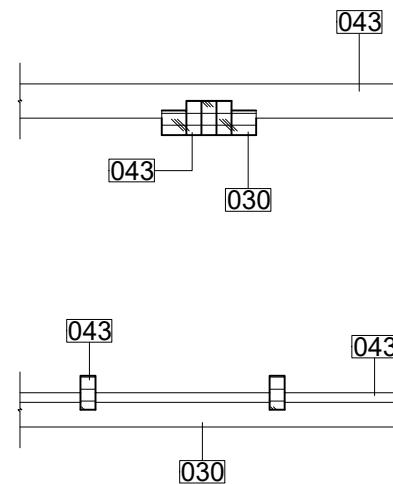


006 Poste de madera laminada sección 140mm x 140mm

014 Tornillo conector.
COD. SSH8.0X40PB.

043 Herraje en T.
COD. Ref. 66T.

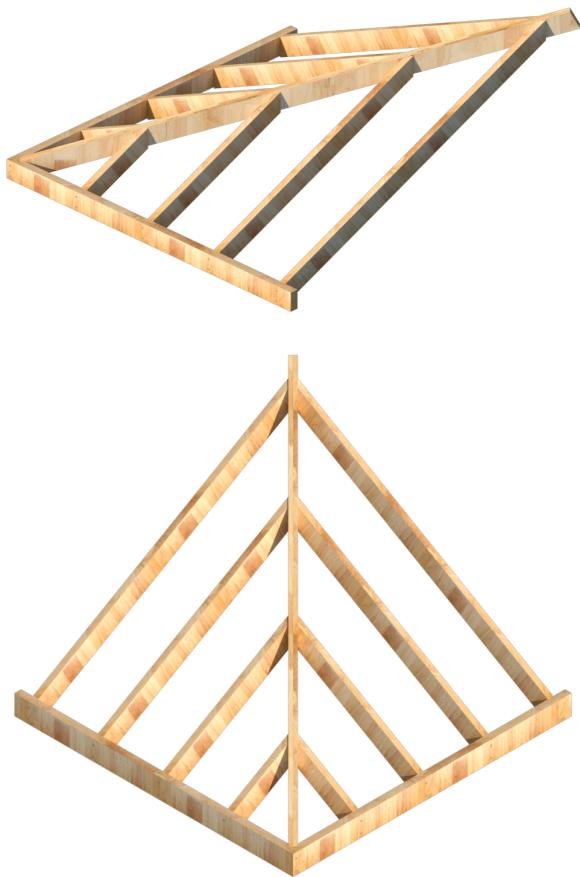
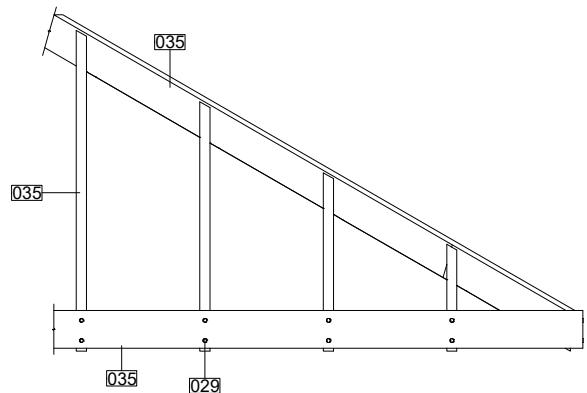
Descripción:	Escala:	N°.
Unión poste viga con herraje en T.	1_20	30



030 Poste de madera laminada sección 65mm x 65mm.

043 Poste de madera laminada, sección 40mm x 95mm.

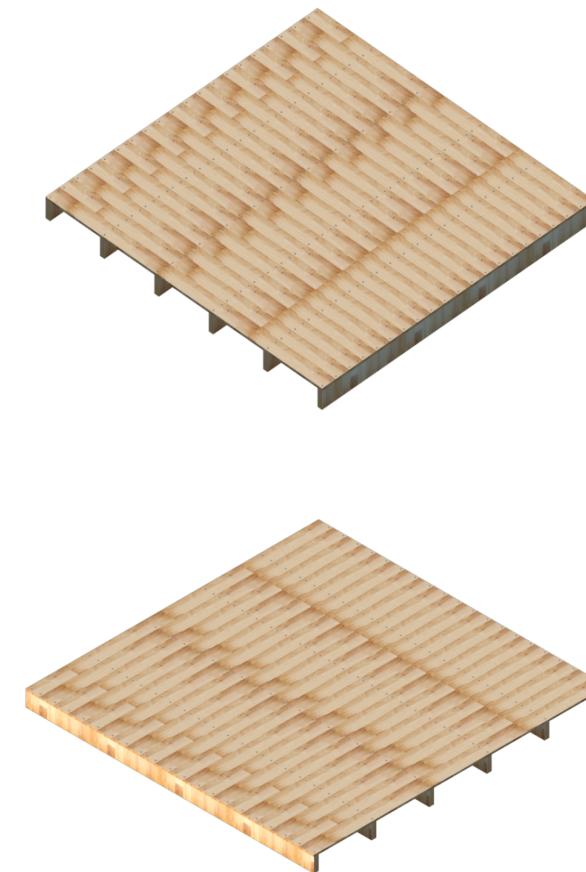
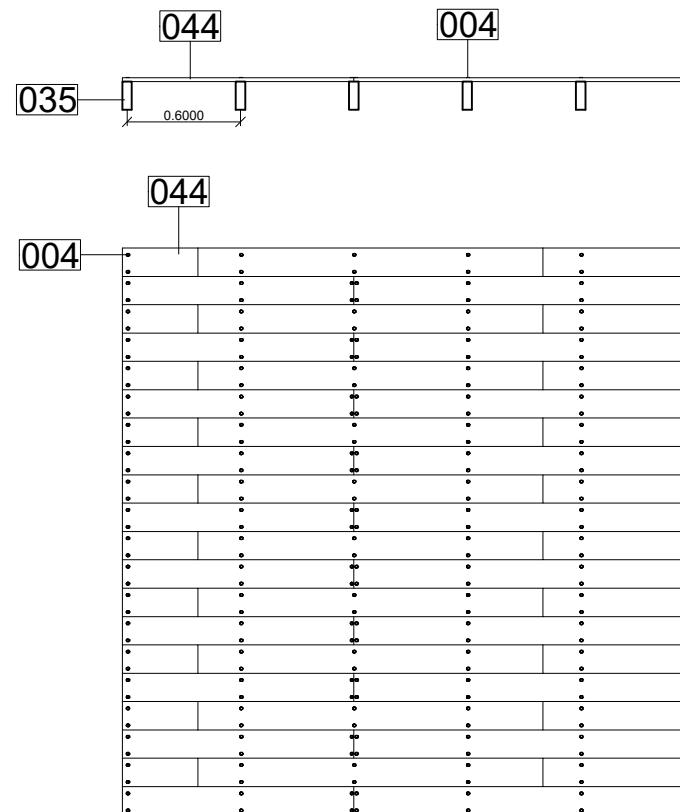
Descripción:	Escala:	N°.
Cimentación vigas, con entramado de madera.	1_20	33



029 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana.
COD. FIRKG3.7X100-490.

035 Viga de madera laminada sección, 40mm x 140mm.

Descripción:	Escala:	N°.
Cubierta con vigas entramado y clavado.	1_30	34

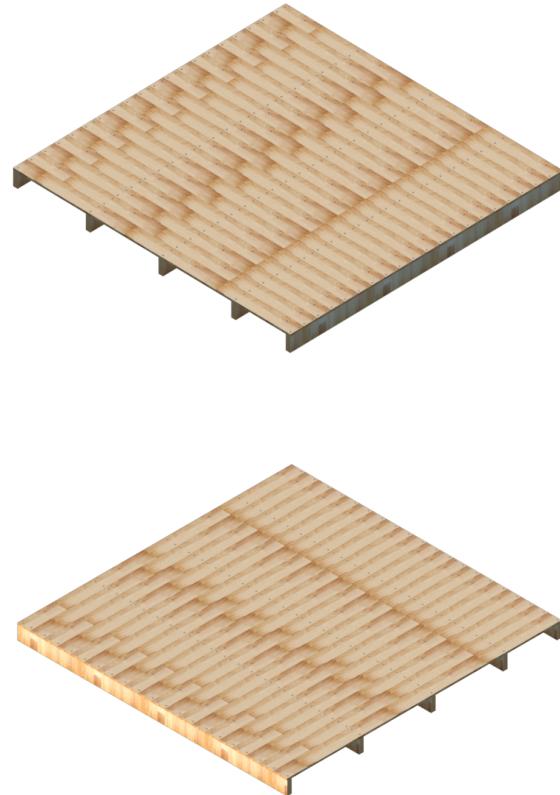
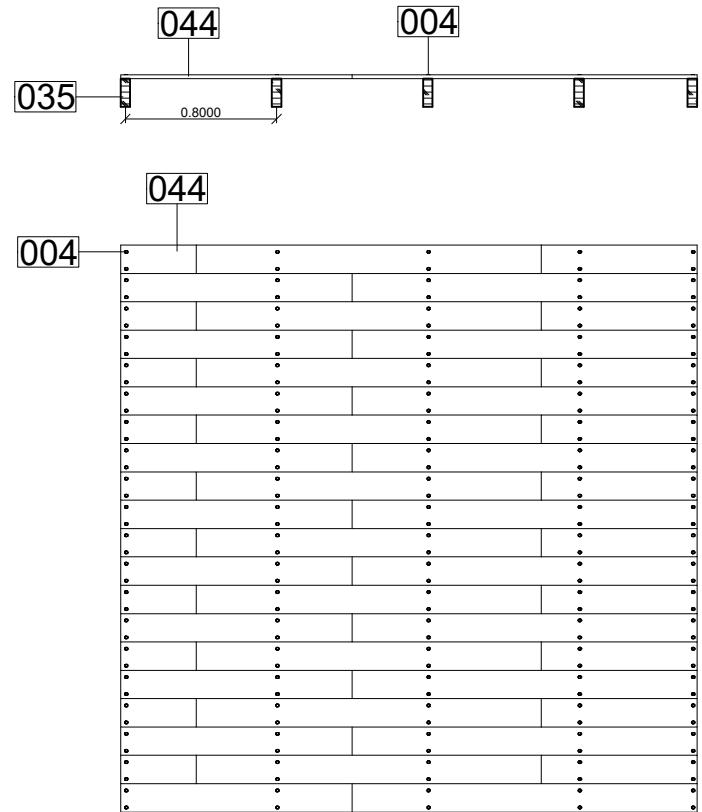


004 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana.
COD. FIRKG3.1X75-920.

035 Viga de madera laminada sección, 40mm x 140mm.

044 Tablones para piso, 20mm de espesor.

Descripción:	Escala:	N°.
Entrepiso entramado, con viguetas a 60 cm y tablones de 20mm.	1_40	35

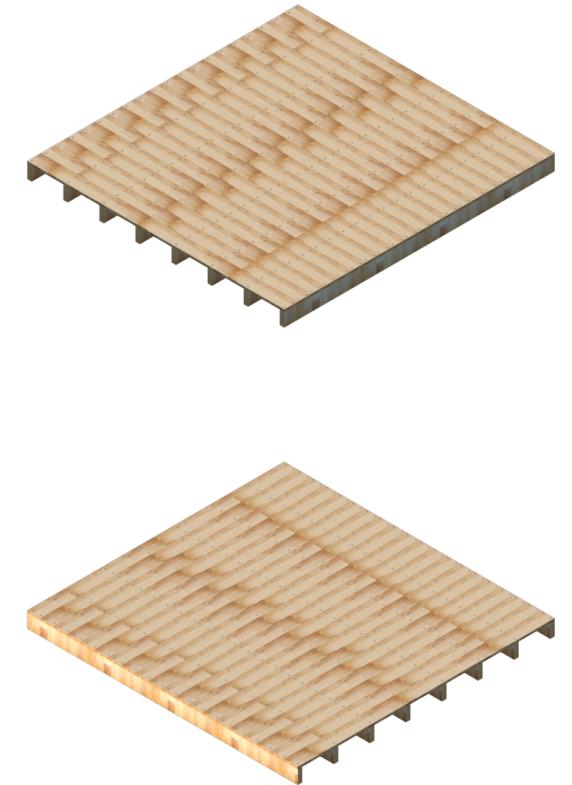
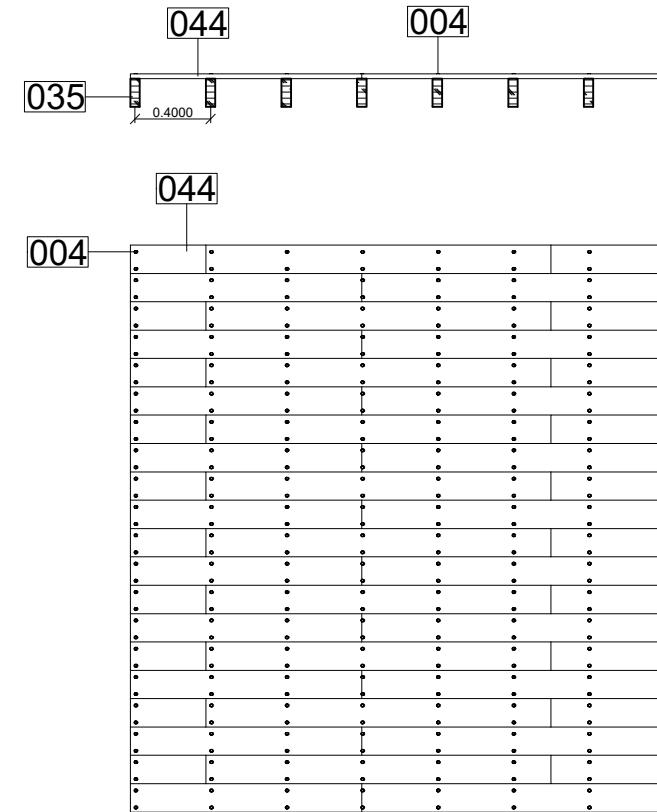


004 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana.
COD. FIRKG3.1X75-920.

035 Viga de madera laminada sección, 40mm x 140mm.

044 Tablones para piso, 20mm de espesor.

Descripción:	Escala:	N°.
Entrepiso entramado, con viguetas a 80 cm y tablones de 20mm.	1_40	36

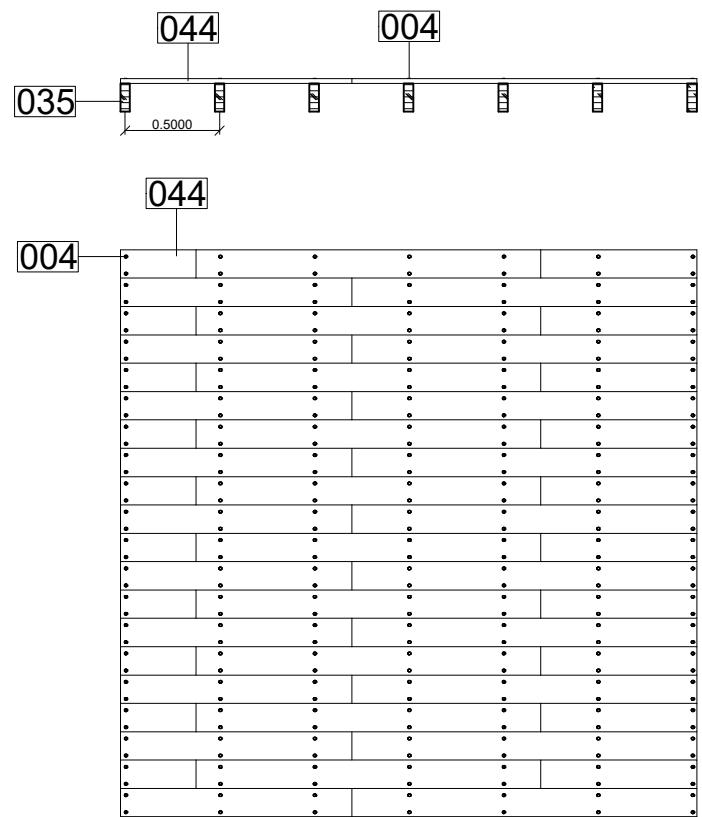


004 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana.
COD. FIRKG3.1X75-920.

035 Viga de madera laminada sección, 40mm x 140mm.

044 Tablones para piso, 25mm de espesor.

Descripción:	Escala:	N°.
Entrepiso entramado, con viguetas a 40 cm y tablones de 25mm.	1_40	37

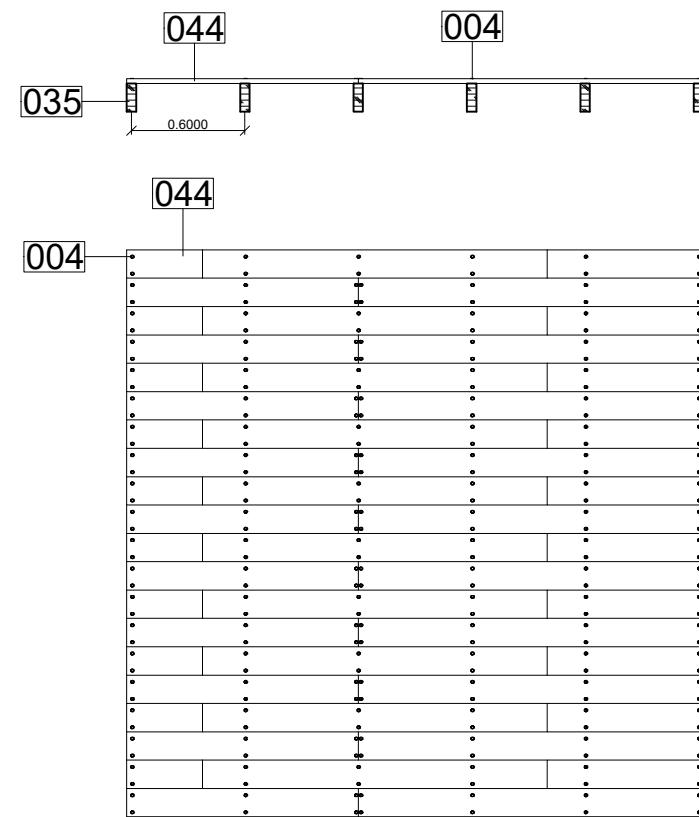


004 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana.
COD. FIRKG3.1X75-920.

035 Viga de madera laminada sección, 40mm x 140mm.

044 Tablones para piso, 25mm de espesor.

Descripción:	Escala:	N°.
Entrepiso entramado, con viguetas a 50 cm y tablones de 25mm.	1_40	38

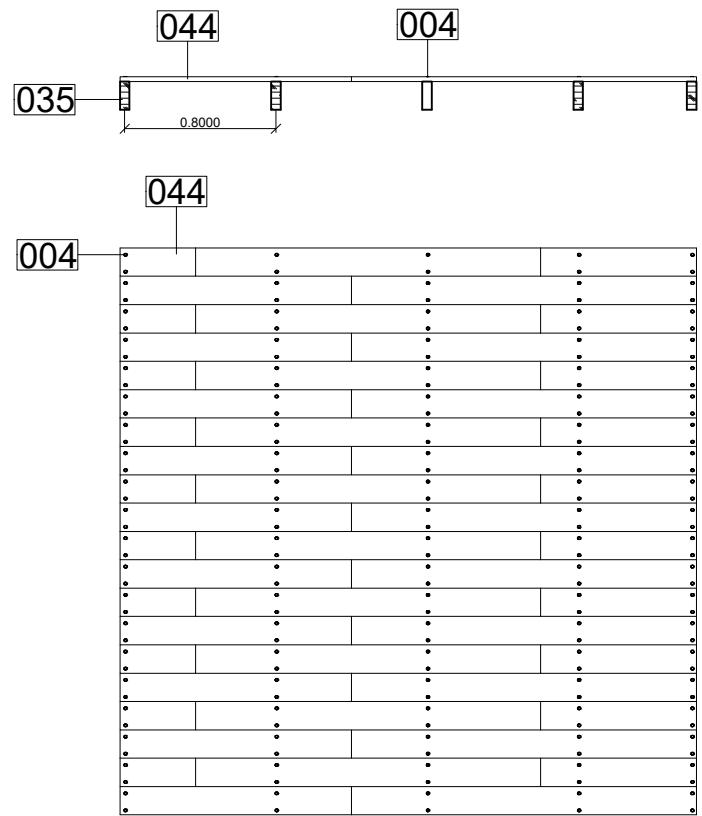


004 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana.
COD. FIRKG3.1X75-920.

035 Viga de madera laminada sección, 40mm x 140mm.

044 Tablones para piso, 25mm de espesor.

Descripción:	Escala:	N°.
Entrepiso entramado, con viguetas a 60 cm y tablones de 25mm.	1_40	39



004 Punta acanalada galvanizada en caliente con cabeza plana.
COD. FIRKG3.1X75-920.

035 Viga de madera laminada sección, 40mm x 140mm.

044 Tablones para piso, 25mm de espesor.

Descripción:	Escala:	N°.
Entrepiso entramado, con viguetas a 80 cm y tablones de 25mm.	1_40	40



CONCLUSIONES

La madera laminada logra demostrar que pese a las contradicciones que existen respecto a esta llega a ser un material competitivo frente a sistemas constructivos habituales, además de tener una libertad de diseño en elementos de grandes luces y una mayor libertad de formas en acabados con lo que se puede ahorrar tiempo y una considerable reducción de recursos ya sea por transporte, mantenimiento a largo plazo, instalación y la emisión de sustancias contaminantes en su producción es considerablemente inferior sobre otros materiales, con lo cual llegó a tener un aporte importante en el impacto ambiental.

Tomando en cuenta los datos previamente obtenidos, se observa que la resistencia estructural de un detalle de madera laminada no depende únicamente de su sección, sino que también está influenciada por el sistema de anclaje al cual se adhiere. Por lo tanto, al comparar ambas resistencias, es necesario encontrar un punto medio entre ellas para que el detalle pueda calificarse como óptimo para su uso en campo, de acuerdo con las bases de cálculo del grupo andino.

Para esto gran parte de los datos obtenidos después de aplicar las bases de cálculo se registra que en los detalles que llegan a ser más potenciales para el estudio, no abarcan valores inferiores a una tonelada y en el caso de cimentación existen detalles que llegan a marcar las 8 toneladas por sección.

Por otro lado al momento en el que se mide el impacto ambiental mediante la recolección de CO2 y huella hídrica se observa que existirán dos elementos a analizar; por un lado está la madera laminada que será un elemento

principal y por otro, el hormigón, cuya presencia no es recurrente en todos los detalles evaluados, por lo que el comportamiento de CO2 y huella hídrica varía bastante de acuerdo a la categoría a analizar. Es importante destacar que, en detalles como la cimentación, el hormigón se presenta de manera más constante como parte del sistema de anclaje, lo que influye en la evaluación del impacto ambiental de los diferentes elementos estructurales.

Después de estudiar los datos en cuanto huella ecológica se puede denotar que existe una influencia mutua entre CO2 y HH, esto se observa debido a que a mayor volumen de madera laminada usada se registra una mayor recolección de CO2 y a su vez incrementa el impacto en huella hídrica verde por lo que al momento de valorar los detalles se buscó volúmenes de madera apropiados con los que exista un punto medio entre el CO2 que estos captan y el volumen de HH que procesa.

Sobre esto, son 40 los que demuestran un cumplimiento en las tres áreas evaluadas pese a que el número de detalles inicial estudiados es limitado, el número final de detalles obtenidos aún sigue siendo favorable para el estudio y para tener un amplio margen de opciones para el constructor. Esto nos dice que, en proporción de los detalles estudiados, si se amplía este margen de estudio, 1 de cada 3 detalles estructurales con madera laminada son viables tanto en valores estructurales como impacto ambiental, dejando en claro que las opciones para construir con madera laminada son favorables si se investiga las diferentes opciones. Es para esto que el catálogo llega a ser una opción favorable para los constructores en cuanto a dar opciones para estos al momento de decidir construir con madera laminada.

RECOMENDACIONES

Revisar la normativa vigente en tu país o región sobre el diseño y construcción con madera laminada, especialmente en lo que respecta a la resistencia al fuego, la durabilidad y el comportamiento sísmico.

Estudia los diferentes tipos de uniones y conectores que se pueden emplear para ensamblar los elementos de madera laminada, tales como clavos, tornillos, pernos, placas metálicas, adhesivos, etc.

Los detalles presentados nos dejan en claro que existen opciones para poder construir con madera laminada, con lo cual el indagar sobre más detalles para dar una amplia gama de soluciones a nivel estructural según lo que el diseñador requiera. Esto implica el indagar que otras soluciones se están dando a nivel internacional y en diferentes condiciones tanto factores climáticos, como materia prima.

Si bien la recolección de detalles se limitó a cerca de 100 detalles nada quita que existan muchas más soluciones estructurales que puedan ser aún más ventajosas o si bien te toman los detalles aquí recopilados, se pueden aplicar aun más indicadores que puedan ayudar a demostrar aun más su efectividad el momento de llevarlos a obra, esto siempre y cuando se cuente con la bibliografía verificada sobre la misma.

Dar a conocer de la existencia de esta opción constructiva a constructores y comerciantes del material los resultados del presente estudio para así potenciar su uso en proyectos futuros, con esto se busca aumentar la demanda del material y poder hacer más fácil su comercialización y acceso al público general.

Si bien los resultados presentados en esta investigación pueden ayudar a dar una noción al diseñador sobre el comportamiento del detalle estructural, no se debe dejar de lado el cálculo correspondiente a las necesidades del proyecto a aplicar para así garantizar aun más la resistencia de este.

No se debe dejar de lado el trabajo de ingeniería en todo proyecto, pero el presentar las opciones a tomar en cuenta ayuda a agilizar el trabajo de este. Depende del tipo de anclaje con lo que se busca tener un equilibrio, ya que no sirve colocar un anclaje metálico con cualidades estructurales óptimas, frente a una sección que no posee una gran resistencia estructural.

Analiza sus ventajas y desventajas, así como su influencia en la rigidez y la capacidad portante de la estructura al igual de cuál sería su disponibilidad en el mercado local. A la vez esto sería útil al momento con los proveedores de madera laminada, el conocer sobre el tipo de madera que manejan y la manera en la que está a sido certificada ayudará a tener una mejor seguridad al proyecto a nivel estructural.

Explora las posibilidades estéticas y funcionales que ofrece la madera laminada, como la variedad de formas, colores, texturas, acabados, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, D., (2009). Arquitectura y construcción sostenibles: CONCEPTOS, PROBLEMAS Y ESTRATEGIAS. Dearq, (4), 14-23.

Agencias. (2022, April 13). ¿Qué es el análisis estructural y cómo puede ayudarte? Merca2.Es. <https://www.merca2.es/2022/04/13/que-es-el-analisis-estructural-y-como-puede-ayudarte-940202/>

Alter, L. (2018). Most apartment buildings have really terrible air quality. Treehugger. <https://www.treehugger.com/most-apartment-buildings-have-really-terrible-air-quality-4857475>

Amaya, S. (1976). Construcción con madera. CIID informa, v. 5, no. 4.

Arriaga, F. (1995). Eficacia estructural y energética de la madera como material de construcción https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_2649_10095.pdf

Barrera, Jorge A. La madera laminada: una alternativa estructural y ambiental. Revista M&M Edición 70.

Brears, R. C. (2023, March). Water Neutral Buildings: Achieving Zero Water Footprint through Innovative Design and Technology. Medium; Mark and Focus. <https://medium.com/mark-and-focus/water-neutral-buildings-achieving-zero-water-footprint-through-innovative-design-and-technology-e7b438fa415c>

Chavarría-Solera, F., Gamboa-Venegas, R., Rodríguez-Flores, J., Chinchilla-González, D., Herrera-Araya, A., & Herrera-Solís, A.C. (2020). Medición de la huella hídrica azul de la Universidad Nacional en Costa Rica, del 2012 al 2016. *Uniciencia*, 34, 189-203.

Carigliano, S. (2015, April 22). ¿Qué es el análisis estructural? | SkyCiv Engineering. Software de Análisis Estructural En La Nube SkyCiv | Calculadoras Y Software de Análisis Estructural En La Nube. <https://skyciv.com/es/education/what-is-structural-analysis/>

Catalán L., J., Reyes Riquelme, C., González, I. (2021). Manual de diseño. Edificaciones en madera de 1 a 3 pisos. INFOR. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/31334>

(2022). La huella ecológica, indicador de sostenibilidad ambiental y social. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*.

Construcción industrializada en madera y sus beneficios en edificios de mediana altura. (2019). E2E. Recuperado de [\[https://e2e.cl/construccion-industrializada-en-madera-y-sus-beneficios-en-edificios-de-mediana-altura/\]](https://e2e.cl/construccion-industrializada-en-madera-y-sus-beneficios-en-edificios-de-mediana-altura/)

Dalston Lane: El edificio de madera laminada más grande del mundo - ECVerde. (2022, July 5). *Economía Circular Verde*. <https://economicircularverde.com/dalston-lane-el-mayor-edificio-de-madera-laminada-cruzada-del-mundo/>

De, N., & Construcción, L. (n.d.). ESTRUCTURAS DE MADERA. <https://online.portoviejo.gob.ec/docs/nec8.pdf>

Diseña Madera (disenamadera.cl)

Diez Farhat, S., Vargas Valdiviezo, MA, & Acosta Ramírez, N. (2021). Análisis estructural de los factores que inciden en el emprendimiento. *Revista Venezolana de Gerencia* .

El edificio más alto de madera de España. La Borda Cooperativa. Barcelona. (2017, June 17). Egoín Andalucía; Egoín Andalucía. <https://egoín-andalucía.com/2017/06/17/el-edificio-mas-alto-de-madera-de-espana-la-borda-cooperativa-barcelona/#:~:text=En%20cinco%20semanas%20de%20trabajo%20de%20montaje%20y,28%20viviendas%20en%20derecho%20de%20cesión%20de%20uso>

Forest Service, U., & Products Laboratory, F. (2010). *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material*. <https://www.kopperspc.com/pdfs/wood-handbook.pdf>

Gerhard Rehm. (2019, January 23). Combinación de cargas en estructuras de madera para las normas de madera de Europa y América. Dlubal; Dlubal Software. <https://www.dlubal.com/es/soporte-y-formacion/soporte/ba-se-de-conocimientos/001555>

Gómez, J. (2003). La madera laminada conquista el mercado. Fondef. <https://www.conicyt.cl/fondef/2003/08/14/la-madera-laminada-conquista-el-mercado/>

Grupo IOE (2019). Problemas que provoca el efecto invernadero. <https://www.grupoioe.es/que-provo-ca-el-efecto-invernadero/>

Guía práctica para el diseño de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. (n.d.). <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/GUIA-4-MADERA.pdf>

Hansen, H.J., 1961. *Diseño Moderno de Estructuras de Madera*. CECSA; México.

Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., & Me-konnen, M. (2010). *Manual de Evaluación de la huella hídrica*.

Instituto Forestal de Chile lanza manual de diseño para edificaciones en madera de uno a tres pisos. (2017). *Plataforma Arquitectura*. Recuperado de [\[https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/883998/instituto-forestal-de-chile-lanza-manual-de-diseno-para-edificaciones-en-madera-de-uno-a-tres-pisos\]](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/883998/instituto-forestal-de-chile-lanza-manual-de-diseno-para-edificaciones-en-madera-de-uno-a-tres-pisos)

IPCC. (2013). Bases físicas. Organización Mundial de Meteorológica. Obtenido de [https://www.ipccdata.org/guidelines/pages/glossary/glossary_fg.html#:~:text=Greenhouse%20Gas%20\(GHG\),atmosphere%20itself%2C%20and%20by%20clouds](https://www.ipccdata.org/guidelines/pages/glossary/glossary_fg.html#:~:text=Greenhouse%20Gas%20(GHG),atmosphere%20itself%2C%20and%20by%20clouds)

Jimenez, F; Vignote, S, “Tecnología de la madera” 2º Edición, Ministerio de Agricultura, PESCA Y ALIMENTACIÓN. Secretaría General técnica. Centro de Publicaciones, Madrid. https://issuu.com/profesionalsanitario/docs/manual_de_construccion_en_madera/44

Jorge Augusto Barrera. (2023). La Madera Laminada: Una Alternativa Estructural y Ambiental – Revista El Mueble y la Madera. *Revista-Mm.com*. <http://revista-mm.com/tableros-madera-y-subproductos/la-madera-laminada-una-alternativa-estructural-y-ambiental/>

José, J., & Claudia Sotolongo Pérez. (2018). Columnas a flexo compresión biaxial. Martínez-Rodríguez, MC, Marcelino-Aranda, M., Cervantes-Nájera, AL, & Castillo Noquera, G. (2022). Indicadores de Carbono en la Industria Farmacéutica: Huella de Carbono vs Huella Ecológica. *Fronteiras: Revista de Ciencias Sociales, Tecnológicas y Ambientales*.

Métodos simplificados y ayudas de cálculo. *Revista Digital Del Cedex*, 189, 77–77. <https://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/view/1367#sec-2>

Jorge Iván Campos. (2023, January 13). La madera en la construcción - Block Software. Block Software. <https://slyg-block.com/articulo/la-madera-en-la-construccion/>

Lopes, MV y Silva, VM (2016). Aplicación de la metodología cuantitativa a la investigación en lenguajes enfermeros estandarizados.

Luis, P., & Veiga, S. (n.d.). LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: HISTORIA y DEFINICION. https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/5130/ETSA_5-6.pdf?sequence=1

Madera para arquitectura: el mejor material sostenible | Garnica. (2021). Garnica.one. <https://www.garnica.one/blog/madera-arquitectura-material-sostenible.html>

NORMA TÉCNICA E.010 MADERA DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. (n.d.). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2079964/NORMA%20T%C3%89CNICA%20E.010%20MADERA%20DEL%20REGLAMENTO%20NACIONAL%20DE%20EDIFICACIONES.pdf>

Patiño Villarraga, A., Cortés Enríque, D.M., & Peña Rendón, I.Z. (2022). Estimación de la huella hídrica en el Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano, sede Yamboró. *Revista de Investigaciones Agroempresariales*.

Padt-Refort/ Junac, 1982. “Tablas de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de 20 Especies de Bolivia, 24 de Colombia, 20 del Ecuador, Perú y Venezuela, Junta del Acuerdo de Cartagena, Lima, Perú.

ProEcuador. (01 de 06 de 2012). MADERA. Recuperado el 14 de 01 de 2015, de <http://www.proEcuador.gob.ec>

Ramírez, P.F., & Figueroa, F.S. (2015). Análisis de las características estructurales en la obra del gabinete de arquitectura y propuesta arquitectónica.

REGLAMENTO ARGENTINO DE ESTRUCTURAS DE MADERA Disposiciones generales y requisitos para el diseño y la construcción de estructuras de madera en edificaciones. (n.d.). Retrieved October 5, 2023, from <https://www.inti.gob.ar/assets/uploads/files/cirsoc/aprobados%20en%202016/CIRSOC601-completo.pdf>

Revista de Protección de la Madera. Nº 45. febrero – marzo 2010. Páginas 32 a 33. Ediciones Esinal. España. esinal@esinal.es – www.esinal.es

Revista AOA. (2018). ¿Cuáles son los desafíos de la construcción con madera en altura? Recuperado de [<https://www.revistaaoa.cl/cuales-son-los-desafios-de-la-construccion-con-madera-en-altura/>]

Rodríguez, AV (2019). La metodología cuantitativa holís-

tica de componentes sustitutivos (Chocos) en la valoración paisajística. Caso de aplicación.

Stadhaus N1: El Edificio de Madera, Más Alto del Mundo – Revista El Mueble y la Madera. *Revista-Mm.com*. <http://revista-mm.com/arquitectura/stadhaus-n1-el-edificio-de-madera-mas-alto-del-mundo/>

Oriol, N. (2004). METODOLOGÍA CUANTITATIVA Y CUALITATIVA EN LA INVESTIGACIÓN SOBRE LA FORMACIÓN INICIAL DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN MUSICAL PARA PRIMARIA. APLICACIÓN A LA FORMACIÓN INSTRUMENTAL.

Tratoppen, Stockholm. (s.f.). Designing Buildings. https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Tratoppen,_Stockholm

Tapia Faggioni, S., & Muñoz del Campo, LD (2022). Propuesta de Compensación Ambiental para la Huella Ecológica del Campus Rodelillo, Universidad Viña del Mar. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica*.

TIMOSHENKO, S.P., GERE, J., 1961. Theory of Elastic Stability, 2nd. Edition, Mc-Graw Hill, Kogakusha. New York.

Vences Macedo, L., Chávez Dagostino, R., Díaz Llamas, JL, & Bravo Olivas, ML (2023). La huella ecológica aplicada al análisis del ciclo de vida, corporaciones y ciudades: una revisión sistemática. *Innovar*.

Virginia McLeod. “El detalle en la arquitectura contemporánea en madera”. Blume.2010

¿Qué es un apartamento de mediana altura? Philly

Apartment Rentals. <https://www.phillyapartmentrentals.com/es/blog/what-is-a-mid-rise-apartment/>

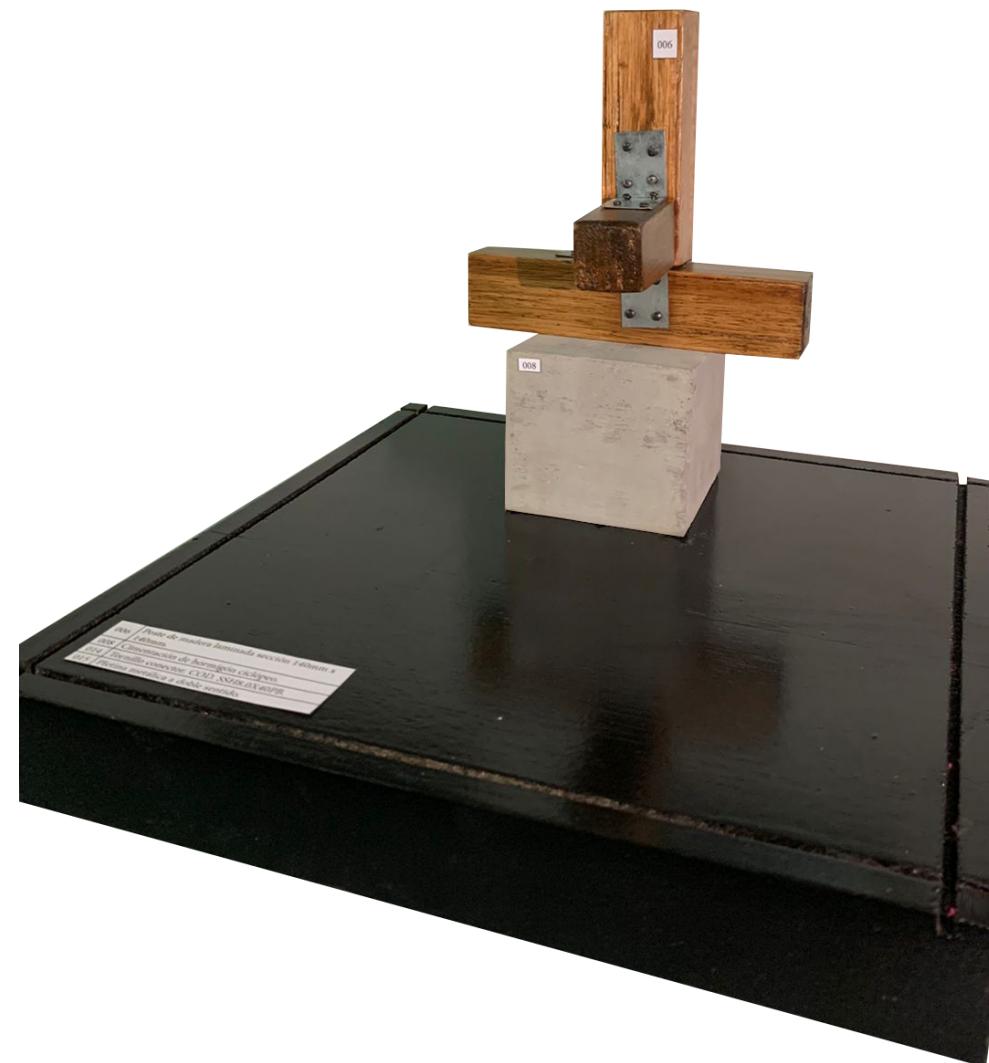
WOOD, L.W., Recommended Building Code Requirements for Wood and Wood Base Materials.

Barrera M, M. F. (2008). Modelos Epistémicos en Investigación y Educación. Caracas: Ediciones Quirón, 115 pp. Bernal, C. (2010).

Metodología de la Investigación (3ra. Edición ed.). Pearson Educación de Colombia, Bogotá Hernández Sampieri, Fernández y Baptista (2014). Metodología de la Investigación, 6ta. ed. McGraw-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. México.



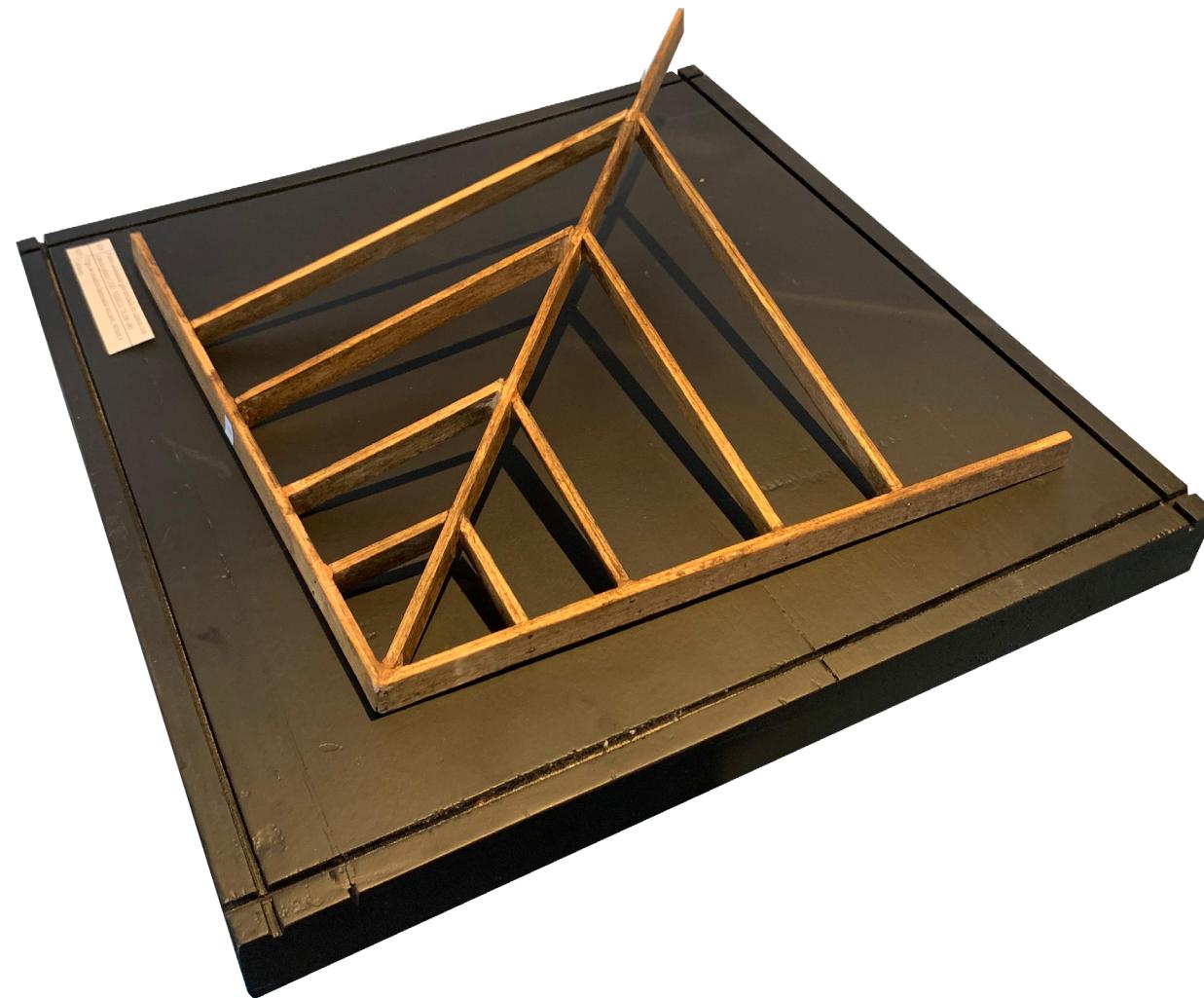
Anexo 1. Maqueta muros ESC: 1:10
Fuente: Barragán, G y Saavedra, V.



Anexo 2. Maqueta cimentación - columna ESC: 1:05
Fuente: Barragán, G y Saavedra, V.



Anexo 3. Maqueta entrepiso ESC: 1:10
Fuente: Barragán, G y Saavedra, V.



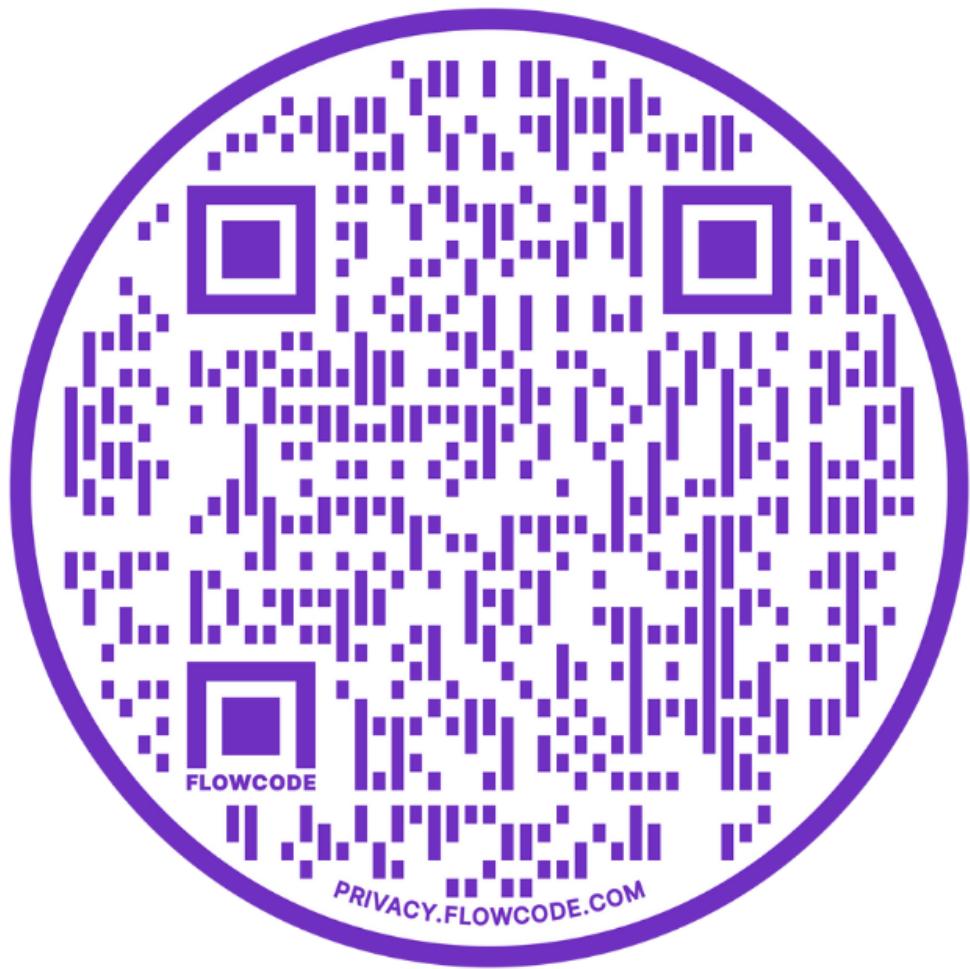
Anexo 4. Maqueta cubiertas ESC: 1:10
Fuente: Barragán, G y Saavedra, V.



Anexo 5. Maqueta cimentación - viga ESC: 1:05
Fuente: Barragán, G y Saavedra, V.



Anexo 6. Maqueta poste - viga ESC_ 1:05
Fuente: Barragán, G y Saavedra, V.



Anexo 9. Repositorio de proyectos realizados y fichas técnicas
Fuente: Cenamad, 2023



Universidad
Indoamérica

Arquitectura
2024