



“Facultad Regional Venado Tuerto”

*PROYECTO DE UNA VIVIENDA ESTANDARIZADA EN  
MADERA DE ÁLAMO*

TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL

JOANA VANESA DE LA MAZA

Director Técnico

Ing. Alfredo Guillaumet

Director Académico

Ing. Mauricio Revelant

Asesores Técnicos

Ing. M. Cecilia Filippetti

Ing. Roberto Manavella

Número de Proyecto Final: 79

Argentina 2021





## AGRADECIMIENTOS

Un día, en medio de lo absurdo y en estas reapariciones de emociones deseo desde un principio agradecerle a mi mamá por darme día a día la fortaleza de seguir adelante, un ejemplo de lucha que me guía desde otro lado. A mi papá por confiar en mí y apoyarme siempre en este largo viaje. A mis hermanos, en especial a Gisela que desde el momento cero de la carrera me acompaño, aconsejo y sin el apoyo de ella esto no podría ser posible.

A mi director de tesis Alfredo Guillaumet, a los co-directores Cecilia Filippetti y Roberto Manavella y al director académico Mauricio Revelant por guiarme en el desarrollo de este trabajo.

A mis amistades y a mi novio por alentarme en cada momento que lo necesite.

A todos GRACIAS...

Para el cálculo se tuvieron en cuenta las normas CIRSOC 101, 102, 601 y la guía para el proyecto de estructuras de madera con bajo compromiso estructural basada en los lineamientos del CIRSOC 601. También se desarrollaron las diferentes instalaciones que se requieren para una vivienda confortable, estas son instalación de agua, tanto fría como caliente, de gas, sanitaria y eléctrica.

Finalmente se comparo los precios de la vivienda que se tomó como modelo, la cual fue planeada por el Centro de Estudios de Construcciones Civiles y Desarrollo Urbano de la Facultad de Venado Tuerto, con la desarrollada en madera de Álamo. En la comparación se puede observar que existe una diferencia de un 11% en el precio a favor de la estructura de madera.



## RESUMEN

### INDICE

#### 1. INTRODUCCIÓN

Cuando decimos que vamos hacer un diseño sustentable, la mayoría de las veces pensamos en el ahorro energético y no tenemos en cuenta que gran parte del consumo de los recursos esta en los materiales que usamos y toda su industrialización. La madera es un material fácil de trabajar, con excelentes propiedades aislantes, de gran durabilidad, versatilidad en su uso, reutilizable, resistente, y además, al tratarse de un producto de origen natural y renovable requiere un bajo consumo energético y respeta a la naturaleza.

El objetivo principal de esta tesis es desarrollar el cálculo estructural de una vivienda en madera de álamo, para el cual se diseñó una casa estandarizada con tres habitaciones, un baño, una cocina y un estar – comedor, esta misma fue realizada con módulos portantes de entramado ligero para su perímetro y módulos no portantes (de separación) en su interior, la cercha se realizó de forma reticulada en toda su longitud y se dejaron aleros de 60 cm para prevenir la fatiga del agua sobre la madera . Además, se debió seleccionar aislaciones térmicas, acústica e hidrofugas para su protección tanto en las paredes como en la cubierta, protegiendo a esta misma del contacto con la humedad y generando ambientes con un mayor confort térmico y acústico, estas aislaciones hacen una vivienda superior a lo usado convencionalmente. Debido a que las proporciones del terreno son estándar llevo a que el diseño de esta casa se desarrolle sobre una medianera ejecutada en mampostería tradicional, según la reglamentación vigente, demorando así tiempos en la obra y aumentando costos.

Para el cálculo se tuvieron en cuenta las normas CIRSOC 101,102, 601 y la guía para el proyecto de estructuras de madera con bajo compromiso estructural basada en los lineamientos del CIRSOC 601. También se desarrollaron las diferentes instalaciones que se requieren para una vivienda confortable, estas son instalación de agua, tanto fría como caliente, de gas, sanitaria y eléctrica.

Finalmente se comparan los precios de la vivienda que se tomó como modelo, la cual fue planteada por el Centro de Estudio de Construcciones Civiles y Desarrollo Urbano de la facultad de Venado Tuerto, con la desarrollada en madera de Álamo. En la comparación se puede observar que existe una diferencia de un 11% en el precio a favor de la estructura de madera.

#### 2.1.3 Datos de la economía primario para la ejecución de la estructura



## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivos: .....	2
<i>Objetivo principal</i> .....	2
<i>Objetivos secundarios</i> .....	2
2. MARCO TEORICO .....	3
2.1. Vivienda de madera.....	3
2.1.1.Requisitos de la vivienda. ....	3
<i>Seguridad.</i> .....	4
<i>Funcionalidad.</i> .....	4
<i>Durabilidad.</i> .....	4
2.1.2.La vivienda y sus funciones.....	5
2.2. La madera en la construcción.....	6
2.2.1.La importancia de la madera en la construcción: .....	6
2.2.2.Razones para impulsar la madera como material estructural:.....	6
<i>Bajo consumo energético.</i> .....	7
<i>Ventajas resistentes.</i> .....	7
<i>Comportamiento ante el fuego.</i> .....	8
<i>Comportamiento acústico.</i> .....	8
<i>Durabilidad.</i> .....	8
<i>Ventajas constructivas.</i> .....	9
<i>Ventajas de confort.</i> .....	9
<i>La madera como material sostenible.</i> .....	10
2.2.3.Normativa para la construcción de estructuras de madera en Argentina. ....	10
2.3. Métodos de clasificación por resistencia:.....	11
2.3.1.Clasificación visual para usos estructural .....	11
<i>Medición de defectos según Norma IRAM 9662/4 (2015)</i> .....	13
2.3.2.Otros métodos no destructivos para calcular la resistencia de la madera. ....	16
<i>Medición de la frecuencia de resonancia de una vibración longitudinal.</i> .....	16
<i>Medición de la velocidad de propalación de ondas ultrasónicas.</i> .....	17
2.3.3.Datos de la especie propuesta para la ejecución de la estructura .....	17



2.4. Estructuras de madera .....	18
2.4.1. Tipo de estructuras .....	18
<i>Pequeñas escuadrías:</i> .....	18
<i>Grandes escuadrías:</i> .....	19
<i>Tableros contralaminados:</i> .....	19
2.4.2. Sistemas de entramados .....	19
<i>Sistema de entramado ligero.</i> .....	19
<i>Sistema de entramado pesado.</i> .....	20
<i>Sistema de vivienda con tableros contralaminados.</i> .....	21
<i>Sistema de vivienda con muros de troncos o de bloques de madera.</i> .....	22
2.5. Aislaciones térmicas, hidráulicas y acústicas.....	22
3. PROYECTO DE UNA VIVIENDA ESTANDARIZADA EN MADERA DE ÁLAMO .....	25
3.1. Diseño arquitectónico. ....	25
3.2. Diseño estructural. ....	28
3.2.1. Determinación de tipo y magnitud de las solicitaciones. ....	29
<i>Solicitaciones por acción del viento.</i> .....	29
<i>Carga permanente</i> .....	45
<i>Sobrecarga</i> .....	47
3.2.2. Componentes estructurales de la cubierta. ....	47
<i>Verificación de resistencias.</i> .....	48
<i>Estructura reticulada:</i> .....	51
<i>Clavador:</i> .....	53
<i>Uniones de la cabreada tipo clavija.</i> .....	55
<i>Diafragmas.</i> .....	69
3.2.3. Estructuración y definición de los elementos que resistirán las solicitaciones. ....	71
3.2.4. Función de cada muro .....	72
3.2.5. Clasificación según su función resistente. ....	76
3.2.6. Análisis estructural de un tabique portante. ....	76
3.2.7. Módulos necesarios para transmitir los esfuerzos. ....	77
<i>Fuerza horizontal que soporta cada panel simple:</i> .....	79
<i>Verificación a compresión de montante.</i> .....	83
<i>Verificación de pandeo del montante.</i> .....	83
<i>Verificación a tracción del montante.</i> .....	84



<i>Módulos especiales de aberturas:</i> .....	85
<i>Módulos no portantes de cerramiento:</i> .....	88
3.2.8.Fundación. ....	88
3.2.9.Análisis estructural con software. ....	89
3.3. Diseño de instalaciones.....	90
3.3.1.Instalación de agua: .....	90
3.3.2.Instalaciones sanitarias:.....	92
3.3.3.Instalaciones de gas: .....	92
3.3.4. Instalación eléctrica:.....	93
3.3.5.Cálculo de propiedades térmicas de los elementos constructivos. ....	93
<i>Cálculo de extracción de calor en verano:</i> .....	96
<i>Cálculo de incorporación de calor en invierno:</i> .....	99
4. COMPUTO Y PRESUPUESTO .....	102
5. CONCLUSIÓN.....	106
6. BIBLIOGRAFIA .....	108
7. ANEXO.....	110

En este proyecto se busca el diseño de una envolvente que represente una estrategia constructiva, la cual involucre la selección del sistema a emplearse (poco o liviano), y a su vez una elección de materiales, presentando superioridades energéticas que afirma la construcción de viviendas en madera, y ventajas en lo referente a los costos y al tiempo de construcción, dos aspectos no menores en lo pertinente a la vivienda. También se tuvieron en cuenta los reglamentos INTI-CIRSOC correspondientes, y requisitos relacionados con el comportamiento mecánico y durabilidad de las estructuras, incluyendo los aplicados en las uniones mecánicas, acompañado por aspectos tales como el aislamiento térmico y el acústico, entre otros.



## 1. INTRODUCCIÓN

Debido a sus cualidades, la madera ha venido siendo utilizada por el hombre como material estructural desde hace miles de años. Argentina posee escasa tradición en construcción con madera, y le asignó a este material un papel secundario dentro de la ejecución de obras. La protección del bosque nativo y los planes de forestación para especies de rápido crecimiento orientan al consumo de la madera para la construcción y en este caso el álamo es una madera de rápido crecimiento lo cual le permite su reforestación y una gran capacidad de absorber y fijar CO<sub>2</sub>, se tiene en cuenta que aproximadamente una hectárea de plantación de esta especie retiene cerca de 25.000Kg de CO<sub>2</sub>.

El objetivo de esta investigación consiste en desarrollar viviendas en madera de álamo, que potencialmente puedan generar alternativas eficientes en la ejecución de viviendas (eficientes tanto desde el punto de vista energético como económico), en comparaciones con los métodos más convencionales de construcción de viviendas en nuestro país (sistemas pesados de hormigón y mampostería). Se busca así aportar el conocimiento adecuado para realizar una correcta utilización del material cumpliendo altos estándares de calidad y bienestar a precios convenientes en el mercado, una alternativa que puede ser más utilizada en nuestro país.

En este proyecto se busca el diseño de una envolvente que represente una estrategia constructiva, la cual involucra la selección del sistema a emplearse (pesado o liviano), y a su vez una elección de materiales, presentando superioridades energéticas que afirma la construcción de viviendas en madera, y ventajas en lo referente a los costos y al tiempo de construcción, dos aspectos no menores en lo pertinente a la temática. También se tuvieron en cuenta los reglamentos INTI-CIRSOC correspondientes, y requisitos relacionados con el comportamiento mecánico y durabilidad de las estructuras, incluyendo los empleados en las uniones mecánicas, acompañado por aspectos tales como el aislamiento térmico y el acústico, entre otros.



## 1.1. Objetivos:

### *Objetivo principal*

Definir el diseño de la vivienda de una planta, la cual será proyectada como base en un modelo trazado para casos de viviendas estandarizadas. Se desarrollará el proyecto de arquitectura, detalles constructivos y estructurales utilizando la madera como material principal de construcción, para la resolución de la estructura se seguirán los requisitos del Reglamento CIRSOC 601 (2016) y el apéndice de lineamientos de ESTRUCTURAS DE MADERA CON BAJO COMPROMISO ESTRUCTURAL (2018).

### *Objetivos secundarios*

Aplicar los estudios realizados por el GIDEC (Grupo de Investigación De Estructuras Civiles) en la determinación de la solución estructural con madera de álamo proveniente del delta del Río Paraná.

Seleccionar aislaciones térmicas y acústica que nos permite conseguir un ahorro energético en las instalaciones de calefacción y de climatización y ofrece una resistencia al paso de los ruidos.

Realizar un análisis de costos para una vivienda realizada en madera y compararlo con el costo de una vivienda tradicional.

Los principales aspectos que deben prevalecer en todo diseño son:

- Seguridad
- Funcionalidad
- Durabilidad

### *Seguridad*

La estructura de la vivienda debe ser capaz de resistir fenómenos de la naturaleza como sismos, vientos, lluvias y nieve, así como también sollicitaciones mecánicas y a sus instalaciones



## 2. MARCO TEORICO

### 2.1. Vivienda de madera

La madera es uno de los materiales más antiguos utilizado por el hombre para construir su refugio o viviendas, siendo un elemento natural de fácil acceso y manipulación. La madera como elemento constructivo tiene muchísimas ventajas: agrega valor estético, puede presentarse en diversos tonos y acabados, es un recurso natural renovable, aporta calidez a los espacios y se adapta a la perfección a cualquier tipo de diseño estructural.

La madera permite crear prácticamente cualquier diseño estructural gracias a su flexibilidad y su capacidad para cortarse y tallarse en diversas formas. Las construcciones de madera se levantan rápidamente ya que todos los elementos que la componen ya están listos para armar y son relativamente ligeros. Puedes crear módulos para repetirlos y diseñar cualquier estructura sin importar sus ángulos o forma lo que trae muchas ventajas para los arquitectos y diseñadores.

#### 2.1.1. Requisitos de la vivienda.

La vivienda constituye en sí misma una de las necesidades fundamentales del hombre.

Debe satisfacer una gran cantidad de requisitos del usuario, que le permitan el desarrollo normal de su vida. En general, son requisitos que se encuentran directamente relacionados con el costo de la vivienda que pueda solventar el mandante.

Los principales aspectos que deben prevalecer en todo diseño son:

- Seguridad
- Funcionalidad
- Durabilidad

#### **Seguridad.**

La estructura de la vivienda debe ser capaz de resistir fenómenos de la naturaleza como sismos, vientos, lluvias y nieve, así como también solicitaciones mecánicas y a sus instalaciones



(sanitarias, gas, electricidad entre otras), y la acción del fuego. Es decir, la seguridad se relaciona con aquellos mecanismos que aseguren el buen funcionamiento de un proceso, producto o servicio, previniendo que falle o colapse, y disminuyendo situaciones de riesgo para las personas y/o bienes materiales.

Todos estos aspectos permiten garantizar la seguridad tanto de los usuarios de la vivienda como de los bienes que en ella se encuentran.

### **Funcionalidad.**

La funcionalidad de una vivienda está definida por los hábitos y costumbres de los habitantes que cobija, pero también se debe situar dentro del medio ambiente en que se encuentra, con condiciones estables y adecuadas con respecto a la temperatura, humedad, acústica, iluminación, ventilación y calidad de aire.

Como se desprende, la funcionalidad se encuentra asociada a la habitabilidad y estética de los distintos espacios y elementos que componen la vivienda, o sea, debe contar con espacios de tamaño suficiente, accesibles y dispuestos de manera funcional, que permitan el desarrollo armónico de las actividades normales de la familia.

### **Durabilidad.**

Es la capacidad de los materiales de mantener sus propiedades o características frente a exigencias o solicitudes para las cuales fueron diseñados durante un tiempo determinado, el cual se conoce como el período de vida útil del elemento en cuestión.

En una vivienda se debe analizar la durabilidad de todos los materiales que la componen. Con ello, se podrán tomar las medidas de control y aseguramiento más apropiadas para cada material, lo que permitirá una reducción de costos por concepto de mantención, mejoramientos y reposición de las partidas afectadas.

Esto es posible a través del adecuado diseño de los elementos, la correcta elección de los materiales y de una puesta en obra que asegure la máxima durabilidad de lo construido.



### 2.1.2. La vivienda y sus funciones.

Son 3 las funciones básicas que debe tener una vivienda, en cuanto a su abrigo:

- Protección del sol y la lluvia
- Protección de la humedad del suelo.
- Protección del viento.

Los problemas de mantenimiento de la casa, como filtraciones de agua, insectos, calor o frío excesivo ocurren en primer lugar en las juntas de conexión de las partes: techo, pisos y paredes. Igualmente, las fallas de construcción, a través de los efectos de viento, lluvia empiezan a ser notorios en estos puntos. Frecuentemente las influencias del medio ambiente nos son medio desconocidas y las aprovechamos mal. En estas ocasiones no solo la protección que presta resulta incompleta, sino que además raramente sabemos transformar las influencias negativas en positivas.

La cubierta, forjados y cerramientos, deben aprovechar o evitar las condiciones favorables o desfavorables del ambiente natural. A continuación, se describen algunas buenas formas de construir para aprovechar las condiciones ambientales a nuestro favor.

- Evitar que los rayos se reflejan, a través de grandes ventanas o agua cercana.
- La mejor protección en el exterior son las plantas y árboles que ni reflejan ni guardan calor.
- Se deben ventilar bien los espacios para que el calor circule y no se quede estacionado, posicionando adecuadamente las ventanas y puertas.
- Las aberturas en el techo son una buena manera de dejar que el aire caliente salga, ya que este siempre sube.
- La iluminación natural es una manera de dar claridad en las habitaciones durante el día usando la luz solar. Se deben ubicar las ventanas para una buena ventilación y brisa agradable en el edificio además de mantener la suficiente luz en el cuarto.
- La luz es salud, ya que en la oscuridad los virus y bacterias crecen, los rayos deben entrar y sanear la casa.

Antes de elegir los materiales para la construcción hay que pensar en:

c) Su comportamiento ante el fuego es predecible.



- Como responde el material ante el frío o el calor, debiendo ayudar a mantener la casa confortable.
- Si hay en la comunidad bastante mano de obra para utilizar tal tipo de material.
- Cuál es el tiempo de duración de los materiales y si son apropiados para el clima de la región. Algunos materiales se desgastan muy rápidos en un clima y duran más en otro.

## 2.2. La madera en la construcción

### 2.2.1. La importancia de la madera en la construcción:

En un sentido global, la industria de la madera abarca la transformación de la madera en productos de consumo. En la actualidad el sector de la madera ha emprendido el camino de convertir los retos en oportunidades, mejorando día a día su competitividad, apostando por la tecnología y la sostenibilidad.

En este sentido, si tratamos de buscar un material versátil, sostenible, renovable, ligero, resistente y reciclable, que no contamine y sea efectivo contra el cambio climático, sólo podemos estar hablando de la madera. Apostar por la madera es apostar por la ecología.

A nivel constructivo, la madera ofrece muchas ventajas. Por su ligereza y fácil ajuste en obra, las estructuras de madera permiten aminorar los tiempos de montaje con respecto a otros materiales. La resistencia, la calidad, la seguridad, el calor y el color que proporciona la madera quedan patentes en todas y cada una de las construcciones que utilizan este noble material, cuyos resultados son, además, visualmente insuperables.

### 2.2.2. Razones para impulsar la madera como material estructural:

Las principales razones para impulsar la madera como material estructural en la construcción son las siguientes:

- a) Requiere poco gasto energético para su fabricación, transporte y puesta en obra.
- b) Es ligera y con una buena relación resistencia/peso.
- c) Su comportamiento ante el fuego es predecible.



- d) Con el diseño y ejecución adecuados las soluciones constructivas con madera son muy durables, incluso en ambientes con altas concentraciones de productos ácidos y soluciones de sales de ácidos.
- e) Es fácilmente manejable y mecanizable.
- f) Permite realizar montajes de forma rápida, limpia en ausencia de agua.
- g) La madera como sumidero de carbono.

A continuación, se pasa a desarrollar cada uno de estos puntos.

#### ***Bajo consumo energético.***

En su proceso de "fabricación" el árbol utiliza una energía no fósil e infinitamente renovable, como es la solar. Pero, debido a su estructura y baja densidad, el consumo de energía en los procesos de transformación, transporte y puesta en obra es bajo, por lo tanto, podemos señalar que la madera es un aliado perfecto en materia de eficiencia energética, también son bajas las emisiones CO<sub>2</sub> y del resto de los gases que provocan el efecto invernadero. El contenido energético de las estructuras de madera en servicio es, como media y a igualdad de masa, diecisiete veces inferior al de las estructuras de acero. Por otra parte, después del periodo de vida útil de un elemento o producto derivado de madera (ciclo de vida), éste puede ser reutilizado en otras construcciones, reciclado como materia prima para fabricar tableros o vigas reconstituidas o valorizado energéticamente, evitando con ello el consumo de energías fósiles altamente emisoras de CO. En el caso más desfavorable, que este material fuera desechado sin valorización energética final, la madera es un material biodegradable y no contaminante, susceptible de ser incorporado al humus.

#### ***Ventajas resistentes.***

La madera es un material ligero con una relación elevada entre resistencia y peso. Esta relación, en tracción y compresión paralela a las fibras, es similar a la del acero, pero superior en el caso de tracción a la del hormigón.



En cambio, comparada con estos dos materiales, el módulo de elasticidad es bajo aunque no así la rigidez específica (relación entre elasticidad y densidad), que vuelve a ser muy similar en los dos materiales antes citados.

### **Comportamiento ante el fuego.**

Aunque la madera es un material combustible e inflamable tiene la virtud de poseer un comportamiento predecible a lo largo del desarrollo del incendio, ya que la pérdida de sección se puede considerar constante en el tiempo. Cuando la madera o cualquier material derivado de ella se encuentran sometidos a un incendio generalizado, la superficie expuesta al mismo se inflama creando rápidamente una capa carbonizada aislante que incrementa su protección natural (el carbón vegetal es un gran aislante térmico). Al ser la madera un mal conductor del calor, la transmisión hacia el interior de las altas temperaturas es muy baja, por lo que se puede considerar que la madera que no ha sido carbonizada mantiene sus características resistentes en condiciones normales, pese a la actuación de incendio.

### **Comportamiento acústico.**

La madera es un material que presenta un bajo aislamiento al ruido aéreo pero que, en cambio, su porosidad asegura una buena absorción de las ondas acústicas, disminuyendo el tiempo de reverberación. Normalmente, debido a la densidad, materiales que presentan unas características de buenos absorbentes tienen un mal aislamiento al ruido aéreo. Por este motivo, se desaconseja para la construcción con madera la utilización de elementos constructivos homogéneos (de una sola capa) salvo en los sistemas de entramado pesado en donde materiales de gran densidad queden intercalados entre los elementos estructurales de madera. En la construcción con madera se suele emplear elementos constructivos mixtos (de dos o más capas).

El aislamiento acústico de los elementos constructivos mixtos depende de las propiedades de cada una de las capas que lo componen, de la unión entre ellas y de la atenuación debida al espacio vacío entre cada una de las capas.

### **Durabilidad.**

Con un diseño y puesta en obra correctos, las soluciones constructivas con madera pueden llegar a ser muy durables. Este hecho es fácilmente constatable a través de la observación de las



numerosas obras que con cientos de años de antigüedad a sus espaldas han llegado hasta nuestros días en perfecto estado de conservación.

Por otra parte, la madera es un material resistente a la acción de un gran número de compuestos químicos, presentando un mejor comportamiento que el hierro y los aceros normales a la acción de los ácidos y de las soluciones de sales de ácidos. Existen procesos de tratamiento en base a distintos compuestos que permiten alcanzar una durabilidad conferida superior a la durabilidad natural de cada especie.

#### ***Ventajas constructivas.***

- ✓ ***Adaptabilidad.*** La madera se adapta a prácticamente cualquier estilo, permitiendo y fomentando la originalidad de los diseños. Este material permite salvar grandes luces, apertura de grandes huecos, adaptación al entorno y una enorme variedad de texturas, formas y colores. La posibilidad de elegir, como acabado exterior, entre diversos tipos de tableros y maderas tratadas multiplica las posibilidades.
- ✓ ***Tiempo de montaje.*** Por su ligereza y fácil ajuste en obra, las estructuras de madera permiten aminorar los tiempos de montaje con respecto a otros materiales. El empleo de elementos estructurales normalizados y la prefabricación en taller permiten disminuir drásticamente los tiempos de ejecución de una obra. Además, el uso de sistemas constructivos con madera propicia la construcción en seco, lo que reduce los problemas asociados a la presencia de agua y en obra durante la ejecución.

#### ***Ventajas de confort.***

Las casas de madera proporcionan una agradable sensación de confort a sus habitantes. Esto es debido a que:

- ✓ La madera mantiene un equilibrio higroscópico con el medio, tomando o cediendo humedad hasta alcanzar el equilibrio. Por dicho motivo, la presencia de madera en una vivienda regulariza la humedad del medio interior.
- ✓ La madera es un material que presenta una buena absorción de las ondas acústicas, lo que se traduce en una reducción de la reverberación de las ondas sonoras y en una mejora del confort acústico interno de los edificios.



- ✓ La madera es un buen aislante térmico, lo que reduce el consumo de energía en el uso de los edificios.

**La madera como material sostenible.**

La madera es el material sostenible por excelencia ya que se obtiene de los árboles que logran su crecimiento mediante el proceso fotosintético. El árbol secuestra y fija en sí mismo el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) atmosférico y libera oxígeno (O<sub>2</sub>). Como resultado por cada m<sup>3</sup> de madera, se captura una tonelada de CO<sub>2</sub> y se emiten 0,7 toneladas de O<sub>2</sub> a la atmósfera. Este CO<sub>2</sub> capturado balancea el emitido en el proceso de aprovechamiento e industrialización de la madera, por esta razón, la definimos como un material CARBONO NEUTRAL.

Al final de su vida útil la madera devolverá el CO<sub>2</sub> capturado si es quemada, o aportará materia orgánica al suelo si es biodegradada. Cuando se la utiliza para la construcción de viviendas, edificios o espacios habitables, el ciclo de vida se extiende de manera importante reteniendo el CO<sub>2</sub> por más tiempo razón por la cual podemos considerar la construcción con madera como SUMIDERO DE CARBONO.

**2.2.3. Normativa para la construcción de estructuras de madera en Argentina.**

En argentina la ejecución de viviendas y edificios en su totalidad de madera son escasos. Gracias a grupos como INTA y demás, se pudo determinar un sistema para la construcción de viviendas de madera, logrando incorporar a este material en planes de vivienda con financiamiento estatal.

A comienzos del siglo XXI surgieron los primeros cambios en la normativa sobre la madera de uso estructural, la primera norma fue la IRAM 9670 (2002) la cual presenta un método de clasificación visual para los *Pinus taeda/elliotti*. Próximamente en el año 2006 surgieron las normas IRAM 9660-1; 9660-2 y 9661 para madera laminada encolada estructural, clases de resistencia y requisitos de fabricación y unión en finger, siguiente a esto, en el mismo año, aparecieron las normas IRAM 9662- 1/2/3 proponiendo un método de clasificación visual por resistencia para tablas de *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus grandis* y *Pinus taeda / elliottii* respectivamente.



El año 2013 se logra un paso muy importante en las estructuras de madera en Argentina, se culmina la redacción del primer Reglamento Argentino de Estructuras de Madera (INTI CIRSOC 601 2016).

En el año 2015 las normas 9660, 9661 y 9662 fueron actualizadas, combinando con la aparición de la norma IRAM 9662-4 para tablas aserradas de *Populus deltoides* del delta del río Paraná (clones 'Australiano 129/60' y 'Stoneville 67')

En el año 2016 la Secretaría de Obras Públicas de la Nación aprueba el reglamento Argentino de Estructuras de Madera como reglamento de cumplimiento para el proyecto y construcción de obras públicas nacionales. A continuación, en el año 2018, basado en el reglamento argentino de estructuras de madera (CIRSOC 601-2016), nace la guía para proyectos de madera con bajo compromiso estructural focalizado en viviendas proporcionando soluciones simples para casos relativamente estandarizados.

### 2.3. Métodos de clasificación por resistencia:

Se entiende por método de ensayos no destructivos (NDT) a cualquier tipo de prueba que se le aplique a un material y no provoque alteraciones permanentes en sus propiedades mecánicas, físicas o químicas. Estos métodos aplicados a la madera de uso estructural, permiten una evaluación del material y estimar sus propiedades mecánicas (resistencia y módulo de elasticidad) o físicas (densidad). Pueden clasificarse en métodos visuales, mecánicos, electromagnéticos y acústicos.

#### 2.3.1. Clasificación visual para usos estructural

La clasificación visual es la más antigua y tuvo su inicio en la experiencia de carpinteros que predecían las propiedades en función de las singularidades que apreciaban a simple vista. La necesidad de establecer parámetros comunes, favoreciendo el comercio y aumentando la seguridad en su uso, condujo a la redacción de distintas normas con métodos de clasificación para dividir las distintas combinaciones especie / procedencia en grados resistentes.

Se consideran características reductoras de la resistencia a: los nudos, la desviación de la fibra, la densidad, el coeficiente de crecimiento, las fisuras, las gemas, las deformaciones (curvatura de cara, de canto y el alabeo); y la afectación por hongos e insectos, se referencian además otras características como la presencia de médula, madera de reacción, bolsas de resina, etc. En Argentina



la clasificación visual para la madera de álamo está establecida por la norma IRAM 9662-4 y en los suplementos del CIRSOC 601 (2016)

La capacitación del operario que clasifica la madera es imprescindible, como lo debe ser su criterio a la hora de asignar una clase a la pieza

Las tablas se clasifican en dos clases de resistencia que se denominan Clase 1 y Clase 2, identificando a la madera de mayor resistencia con la Clase 1.

La norma IRAM 9662/4 (2015) presenta un método de clasificación visual para tablas de *Populus deltoides* cultivados en el delta del río Paraná, clones Australiano 129/60 y Stoneville 67. La misma clasificación fue propuesta por Guillaumet (2019) para vigas de la misma especie y procedencia. En la *tabla 1* se indican los límites para los defectos correspondientes a cada clase resistente. Para efectuar la clasificación se analizan los parámetros de cada pieza, y la asignación a una clase está determinada por la situación más desfavorable.

Defecto		Unidad	Clase 1	Clase 2	Determinación
Médula		-	No se admite	Se admite	5.1
Nudosidad		mm/mm	Menor o igual a 1/3	Menor o igual a 2/3	5.2
Dirección de las fibras		mm/mm	Desviación menor que 1:9		5.3
Densidad		kg/m <sup>3</sup>	No se aceptan piezas con densidad excepcionalmente baja (ver valor característico en el anexo B).		5.4
Fisuras	No pasantes	m	El largo de las fisuras no pasantes no debe ser mayor que 1,0 m ni que 1/4 del largo de la pieza.	El largo de las fisuras no pasantes no debe ser mayor que 1,50 m ni que 1/2 del largo de la pieza.	5.5
	Pasantes	m	Las fisuras pasantes sólo se permiten en los extremos y su largo no debe ser mayor que el ancho de la tabla.	El largo de las fisuras pasantes no debe ser mayor que 1,0 m ni que 1/4 del largo de la pieza. En los extremos, su largo no debe ser mayor que 2 veces el ancho de la tabla.	
Combado y encorvado		mm	Menor que 8	Menor que 12	5.6.1
Revirado		mm/mm	Menor que 1 mm por cada 25 mm de ancho.	Menor que 2 mm por cada 25 mm de ancho.	5.6.2
Abarquillado		-	Sin restricciones para el abarquillado.		5.6.3
Arista faltante		mm/mm	Transversalmente menor que 1/4 de la cara o canto donde aparece. Sin restricciones para el largo.	Transversalmente menor que 1/3 de la cara o canto donde aparece. Sin restricciones para el largo.	5.7
Ataques biológicos		-	No se admiten zonas atacadas por hongos causantes de pudrición. Se admiten zonas atacadas por hongos cromógenos. No se admiten orificios causados por insectos.		5.8
Madera de reacción		mm/mm	Menor o igual que 1/5	Menor o igual que 2/5	5.9
Otros		-	Daños mecánicos y otros defectos se limitan por analogía con alguna característica similar.		5.10

Tabla 1  
Criterios para asignar las tablas a las clases resistentes



**Medición de defectos según Norma IRAM 9662/4 (2015)**

**Medula:** La presencia de médula se registra tanto en el interior de la pieza como en sus superficies. Su existencia o su ausencia se expresan en forma cualitativa.

**Nudosidad:** En los nudos individuales, se calcula la nudosidad como el cociente entre la medida del nudo mayor y el ancho de la superficie en la cual se manifiesta. La medida del nudo se expresa como la distancia entre las tangentes a él que sean paralelas al eje de la pieza (figura 1).

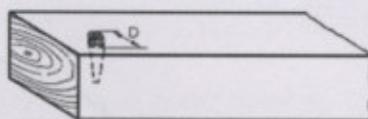


Figura 1  
Medición de un nudo

Si un mismo nudo se manifiesta en distintas superficies de la pieza, la nudosidad se calcula en forma independiente en cada una de ellas. En los nudos de arista, la nudosidad se expresa como el menor valor de los correspondientes a las dos superficies donde se manifiesta (figura 2).

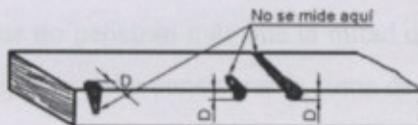


Figura 2  
Medición de un nudo de arista

**Dirección de las fibras (inclinación del grano):** La dirección de las fibras se mide con relación al eje longitudinal de la pieza. Su desviación se expresa como el cociente entre la longitud (CB) que se aparta del eje y la longitud (x) respecto a la cual se efectúa la medida.

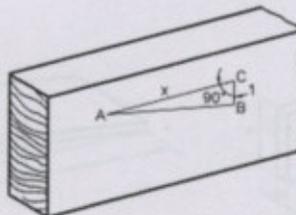


Figura 3  
Inclinación del grano



Se considera solamente la dirección general de las fibras. Desviaciones locales, como las que ocurren alrededor de los nudos, no se tienen en cuenta.

**Densidad:** La densidad aparente se determina con referencia al contenido de humedad de la pieza, de acuerdo con la IRAM 9544.

**Fisuras:** Se registra el largo de las fisuras en la dirección del eje longitudinal de la pieza. Se debe distinguir entre fisuras pasantes (rajaduras) (figura 4), o sea que se manifiestan sobre dos superficies opuestas de la pieza, y las no pasantes (grietas) (figura 5).

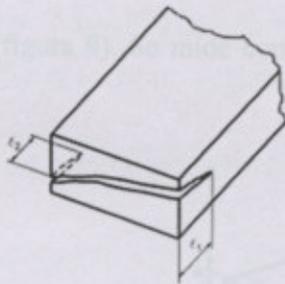


Figura 4  
Rajaduras (fisura pasante)

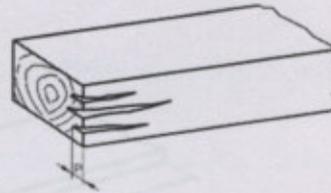


Figura 5  
Grieta (fisura no pasante)

Las fisuras no pasantes que no penetran más que la mitad del espesor pueden ser ignoradas. En el caso de fisuras del mismo tipo, se debe considerar la suma de sus largos.

**Alabeos:** En todos los casos los alabeos se expresan en milímetros. Se distinguen los alabeos siguientes.

- ✓ **Combado y encorvado:** Para las flechas de cara y de canto (figuras 6 y 7) se registra la deformación mayor ( $d$ ) que exista en un largo ( $L$ ) de 2,0 m con respecto al eje longitudinal. Para piezas con largo menor que 2,0 m se registra la deformación existente en todo el largo de ellas.

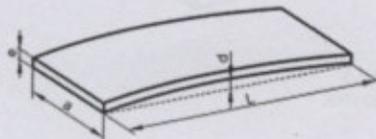


Figura 6  
Combado

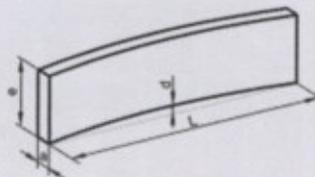


Figura 7  
Encorvado



- ✓ **Revirado:** (figura 8). Se mide como la deformación máxima ( $d$ ) de la superficie, sobre un largo ( $L$ ) de 2,0 m de la pieza.

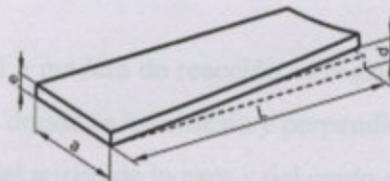


Figura 8  
Revirado

- ✓ **Abarquillado:** (figura 9). Se mide como la deformación máxima ( $d$ ) sobre el ancho ( $a$ ) de la pieza.

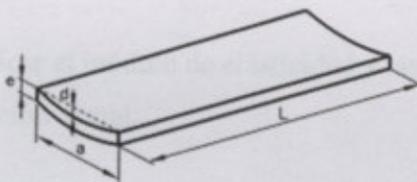


Figura 9  
Abarquillado

**Arista faltante:** Se registra el mayor ancho de arista faltante (figura 10) transversal y perpendicularmente al eje de la pieza. Se expresa como una fracción decimal del ancho de la cara y el canto donde aparece.

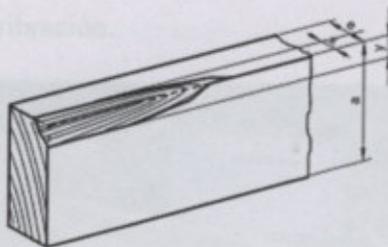


Figura 10  
Arista faltante



**Ataques biológicos:** Se registra cualitativamente la presencia de zonas atacadas por hongos destructores de la madera, causantes de pudrición, y por hongos cromógenos, causantes de azulado y enmohecimiento.

**Madera de reacción (IRAM 9560):** La madera de reacción se registra en su zona de mayor medida transversal sobre las caras de la pieza donde se manifiesta y perpendicularmente al eje de la pieza. Se expresa como una fracción decimal del ancho de la cara y del canto donde aparece.

**Otros:** Los daños mecánicos y otros defectos no contemplados anteriormente, se registran y definen por el debilitamiento que originan sobre la sección transversal. Se los asimila a alguna característica de las previamente definidas, que provoque similar efecto sobre las propiedades mecánicas.

### 2.3.2. Otros métodos no destructivos para calcular la resistencia de la madera.

Estos métodos permiten verificar el módulo de elasticidad y las diferentes calidades de la madera determinadas por la clasificación visual.

#### *Medición de la frecuencia de resonancia de una vibración longitudinal.*

La determinación se realiza sobre la probeta simplemente apoyada. La excitación se provoca con un golpe de martillo sobre una de las testas y en la otra se ubica el micrófono. La frecuencia de vibración se determina con el software FFT Analyzer. La Figura 11 muestra una viga en proceso de determinación de la frecuencia de vibración.



Figura 11  
Frecuencia de resonancia de una vibración longitudinal.



**Medición de la velocidad de propalación de ondas ultrasónicas.**

Estos métodos son realmente interesantes en el campo de la madera estructural, porque el objetivo principal es conocer la resistencia de una pieza con seguridad, pero sin dañar la estructura, de manera que pueda impedir su uso en un servicio posterior.

Como se ha apuntado, el concepto teórico en el cual se basa el equipo Fakopp Microsecond Timer, consiste en la medición de la velocidad de propagación de ondas ultrasónicas, a través de la madera. Para ello dispone de dos sondas, una actúa de emisor y la otra de receptor, y de una estación que registra el tiempo que tarda la onda en recorrer la distancia entre los dos puntos donde se sitúan las sondas.



*Figura 12*  
*Velocidad de propalación de ondas ultrasónicas.*

Las ventajas que aporta este método son imaginables en cuanto se detecta la posibilidad de su uso en estructuras en servicio. En ellas se podría conocer cuál es la capacidad resistente que tienen tras el paso del tiempo en uso, o en caso de piezas atacadas, cuál sería la disminución de resistencia que han sufrido por dicho ataque. Además, se suma la facilidad de uso del equipo y la ligereza para su transporte al lugar donde se requiera utilizar.

**2.3.3. Datos de la especie propuesta para la ejecución de la estructura**

El álamo constituye el tercer cultivo forestal en importancia de Argentina, siendo precedido por el de pinos y eucaliptos (Achinelli et al. 2004). Se destacan en la actualidad, por su progresiva escala, los clones *Populus deltoides* ‘Australiano 129/60’ y ‘Stoneville 67’. Se llevaron a cabo, en los últimos años, investigaciones para conocer el comportamiento físico-mecánico de este material y para probar su rendimiento técnico y económico.



Los álamos para un buen desarrollo necesitan un suelo con condiciones de arenoso o franco arenoso, aproximadamente con dos metros de profundidad. No poseen un olor característico, se textura es suave y homogénea, no es sencillo distinguir a simple vista entre la albura (blanca) y duramen (amarillento). En una madera muy trabajable y no ofrece dificultades para el aserrado o el debobinado.

La densidad del álamo se estabiliza entre los 10 y 11 años de edad y la cual aumenta desde la medula hacia la corteza los valores determinados varían entre  $336 \text{ kg/m}^3$  y  $441 \text{ kg/m}^3$  (densidad básica). La longitud de las fibras aumenta desde la médula hacia la corteza, estabilizándose a partir de los 14 años. Para el uso estructural de álamo cultivado en la provincia de Mendoza-Argentina, se obtuvo, para un grado superior valores de resistencia a la flexión superiores a  $27 \text{ N/mm}^2$ , con un módulo de elasticidad del orden de  $9.000 \text{ N/mm}^2$ .

Para tablas de los clones 'Australiano 129/60' y 'Stoneville 67', cultivados en el noroeste de la provincia de Buenos Aires, obtuvieron valores, para un grado superior, de  $29,8 \text{ N/mm}^2$  para la resistencia a flexión y  $11.327 \text{ N/mm}^2$  para el módulo de elasticidad; para el grado inferior los valores informados fueron:  $23,7 \text{ N/mm}^2$  y  $10.394 \text{ N/mm}^2$  respectivamente.

Para tablas de los clones 'Australiano 129/60' y 'Stoneville 67' cultivados en el delta del río Paraná, reportaron para el grado superior valores de  $25,9 \text{ N/mm}^2$  y  $10.326 \text{ N/mm}^2$  para la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad respectivamente, para el grado inferior los valores informados fueron  $16,9 \text{ N/mm}^2$  y  $9.976 \text{ N/mm}^2$ .

## 2.4. Estructuras de madera

### 2.4.1. Tipo de estructuras

En el caso de la madera, se puede realizar una primera diferenciación de los sistemas constructivos atendiendo a las escuadrías y tipos de elementos estructurales empleados. Esta primera clasificación considera tres sistemas constructivos distintos:

#### **Pequeñas escuadrías:**

Sistemas formados por elementos estructurales de pequeño espesor (36-70mm) colocados a distancias reducidas (inferior a un metro) y arriostrados entre sí. La capacidad portante en situaciones



de incendio de este sistema estructural suele ser muy pequeña, por lo que normalmente requiere el empleo de elementos de protección adicionales (aislantes, tableros, etc.). Con este sistema se pueden salvar luces máximas de, aproximadamente, 12 metros.

**Grandes escuadrías:**

Sistemas formados por elementos estructurales de gran espesor (superior a 80 mm), normalmente colocados con distancias mayores a un metro entre ellos. Es usual que en este sistema estructural se presenten elementos estructurales primarios y secundarios (pudiendo ser, estos últimos, de pequeña escuadría). La madera puede estar vista, y por tanto, en estos casos este elemento debe asegurar su capacidad portante en situaciones de incendio durante el tiempo exigido por la normativa. Con elementos estructurales de gran escuadría se pueden salvar grandes luces (pudiendo llegar a más de 100 metros).

**Tableros contralaminados:**

Sistemas formados por tableros contralaminados como elementos estructurales trabajando como placa. Los espesores de estos tableros suelen estar en intervalos de 70 a 500 mm.

Además de la clasificación anterior, en el caso particular de construcción de viviendas unifamiliares se pueden diferenciar cuatro tipos de edificación, en los que los tres primeros presentan similitudes con las mencionadas anteriormente.

**2.4.2. Sistemas de entramados**

**Sistema de entramado ligero.**

Este sistema se emplea para muros, forjados y cubiertas. Consiste en una trama de elementos lineales de madera de pequeña escuadría (de 36 a 70 mm de espesor) colocados a pequeña distancia unos de otros (inferior a un metro) y arriostrados, normalmente, mediante tableros estructurales. El sistema funciona como una estructura espacial formada por la unión de las estructuras de muro, forjado y cubierta. Las uniones suelen ser sencillas, empleando, mayoritariamente elementos de tipo clavija.

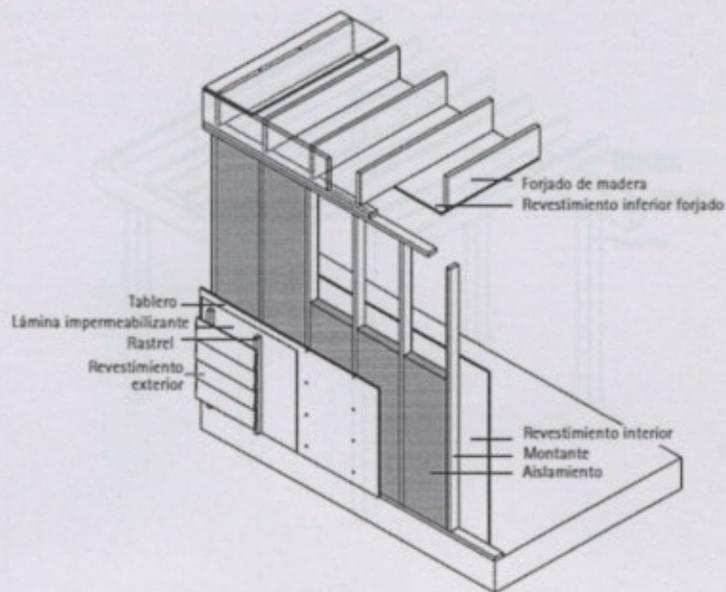


FIGURA 13

Guía de construir con madera - Conceptos básicos de la construcción con madera

### **Sistema de entramado pesado.**

Este sistema se emplea para muros, forjados y cubiertas. Consiste en una trama de elementos lineales de madera (aserrada o laminada) de gran escuadría (aproximadamente a partir de 80-100 mm de espesor) unidos entre sí hasta formar un conjunto indeformable. La estabilidad de la estructura se basa en dos principios: los ensambles en las uniones y/o la triangulación para arriostramiento de sus miembros. El sistema de entramado pesado, a diferencia del sistema de entramado ligero, está formando solo la estructura, por lo que el cerramiento debe completarse con materiales diversos: ladrillo, mampostería, paneles, vidrio, etc. En el caso de cerramientos verticales y bovedillas, entablados, paneles, etc en el de forjados y cubiertas. Una característica de este sistema constructivo suele ser que los elementos estructurales suelen ir vistos.

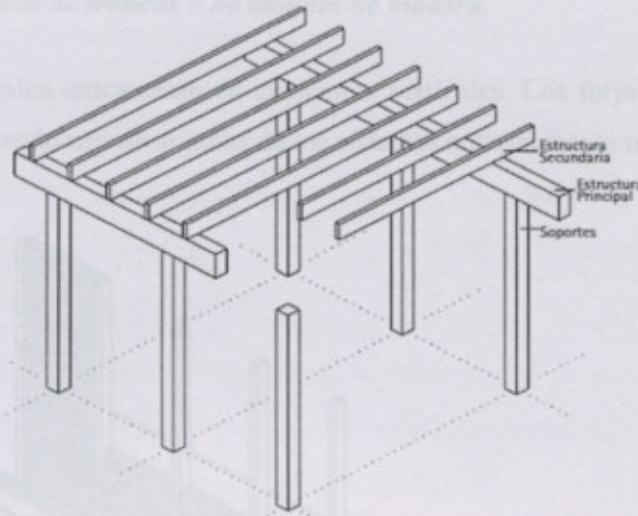


FIGURA 14

Guía de construir con madera - Conceptos básicos de la construcción con madera

**Sistema de vivienda con tableros contralaminados.**

Este sistema se emplea tanto para fachadas como para particiones, forjados y cubiertas. Consiste en una losa formada por un tablero contralaminado (de 70 a 500 mm de espesor), acompañado por aislante y, según requerimiento de fuego o estético, por tableros protectores.

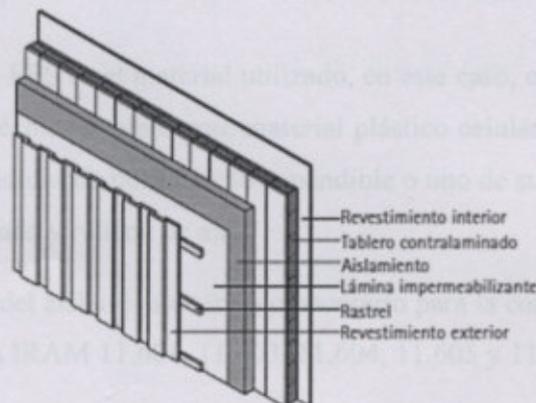


FIGURA 15

Guía de construir con madera - Conceptos básicos de la construcción con madera



**Sistema de vivienda con muros de troncos o de bloques de madera.**

Este sistema se emplea únicamente en elementos verticales. Los forjados y cubiertas son habitualmente resueltos haciendo uso de algunos de los sistemas anteriormente mencionados.

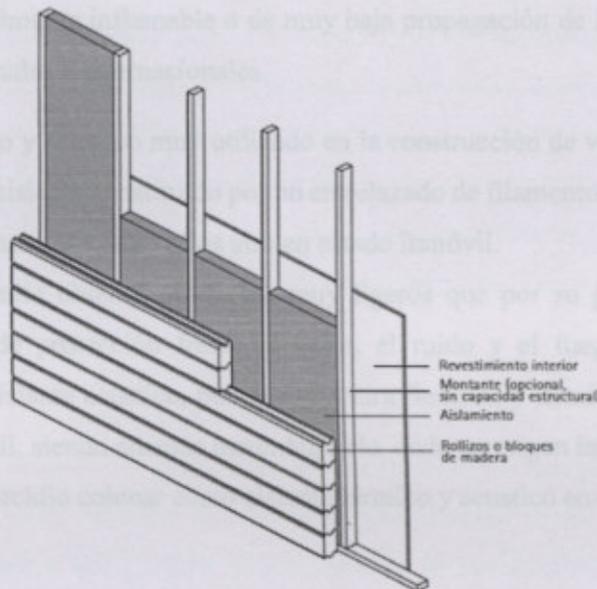


FIGURA 16  
 Guía de construir con madera - Conceptos básicos de la construcción con madera

**2.5. Materiales que forman el panel.**

El poliestireno expandido o EPS es el material utilizado, en este caso, como aislante térmico y acústico. Este mismo se define técnicamente como: material plástico celular y rígido fabricado a partir del molde de perlas preexpandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire.

La determinación del valor del aislamiento térmico necesario para la construcción en general se halla especificada en las Normas IRAM 11.601, 11.603, 11.604, 11.605 y 11.625.

Las características destacadas del EPS son: Posee una elevada capacidad de aislamiento térmico. No absorbe prácticamente agua líquida aún sumergido y presenta una muy baja difusión al vapor del agua. no se apelmaza por efecto de la humedad o el envejecimiento. Tiene un elevado poder amortiguante y, debidamente elasticado, se vuelve insuperable en la ejecución de entrepisos



flotantes para la eliminación de ruidos de impacto. Mantiene su eficiencia a lo largo del tiempo aún en las peores condiciones de uso. Presenta una inmejorable relación: densidad / resistencia mecánica. No contamina, es un material inerte, reciclable y biológicamente inocuo. No agrede la piel ni las vías respiratorias. El EPS tipo F (usado mayormente en la construcción), posee un poderoso retardante de llama que lo torna difícilmente inflamable o de muy baja propagación de llama, de acuerdo a los diferentes estándares nacionales e internacionales.

Otro aislante térmico y acústico muy utilizado en la construcción de viviendas de madera es la lana de vidrio, esta es un aislante constituido por un entrelazado de filamentos de materiales pétreos que forman un fieltro que mantiene entre ellos aire en estado inmóvil.

Esta estructura permite obtener productos muy ligeros que por su peculiar configuración ofrecen elevados niveles de protección frente al calor, el ruido y el fuego. Están reconocidas internacionalmente como aislante acústico, por su estructura flexible, y térmicos, por el entrelazado que mantiene el aire inmóvil, siendo además incombustible, dado su origen inorgánico.

El material que se decidió colocar como aislante térmico y acústico en esta vivienda es la lana de vidrio.



FIGURA 17  
Materiales que forman el panel.

Las cámaras de aire han sido empleadas para mejorar el aislamiento de los cerramientos, el aire es un excelente aislante, la reflectividad en las cámaras de aire disminuye la mayor parte de la transmisión de calor por radiación.



Los tableros OSD (del inglés Oriented Strand Board) o tablero de fibras orientadas se forman uniendo capas donde se van alternando la dirección de cada una, aunque en esta ocasión estas capas están formadas por virutas que pueden llegar a tener varios centímetros y que se alinea en la misma dirección. Estos tableros presentan una gran estabilidad en todo su largo, ya que no existen zonas débiles, y una gran diferencia con los demás tableros es que su precio es un 50% más barato. Su densidad es variable, pero en general suele ser similar a la de las maderas semipesadas. Sus propiedades de aislamiento, insonorización y resistencia son similares a los de la madera "natural", si bien la incorporación de resinas y aditivos suele conferir características ligeramente mejoradas, gracias al proceso de manufactura, se eliminan los defectos en forma de nudos, fisuras o huecos que puede presentar la madera sin tratar, por lo que, a efectos de normativa, los tableros OSB (al igual que todos los productos derivados de la madera) obtienen mejores resultados.

Membrana hidrofuga TYVEK se las conoce comúnmente como la segunda piel de la vivienda. Su principal función es la de evitar que ingrese agua a la vivienda si es que falla el primer revestimiento estos evitan la aparición de humedad al interior de las paredes perimetrales de las casas dando lugar a la salida de vapor antes que éste condense, ya que puede causar daños en la aislación y estructura, Además, ayudan a que no pase aire al interior, lo que aumenta el confort térmico y disminuye la cantidad de polvo al interior al sellar la vivienda.

Como revestimiento exterior, la madera es un material biodegradable, y esto supone que si se coloca en el exterior puede ser atacado por agentes bióticos (hongos e insectos) y por agentes abióticos (el sol y el clima).

Por ello, cuando utilices madera en el exterior, es vital saber elegir la especie, el tratamiento y la forma constructiva más adecuada para asegurarte su eficacia y seguridad.



### **3. PROYECTO DE UNA VIVIENDA ESTANDARIZADA EN MADERA DE ÁLAMO**

#### **3.1. Diseño arquitectónico.**

El trabajo se focalizará en la resolución de una vivienda de una planta basada en un modelo estándar planteado por el Centro de Estudio de Construcciones Civiles y Desarrollo Urbano de la facultad de Venado Tuerto el cual diseña una vivienda de 88,20 m<sup>2</sup>, a ese diseño de le realizaron modificaciones para una mejor distribución y ejecución. Una de esas modificaciones es hacer coincidir en un mismo panel la cocina y el baño para una mejor repartición de la instalación de agua fría y caliente, también se decidió sacarle la cochera y plantear frente a la vivienda un espacio para estacionar dejando a esta vivienda con una superficie de 72,52 m<sup>2</sup>. Para su cálculo se tomó como referencia la guía para el proyecto de estructuras de bajo compromiso estructural en base al Reglamento CIRSOC 601 (2016), dicha vivienda se localiza en el interior de la ciudad de Venado Tuerto, provincia de Santa Fe.

El lote donde se proyecta la vivienda posee 10 metros de frente y 28 metros de profundidad (medidas de un lote estándar), esta misma contará con 3 habitaciones, baño, cocina, estar - comedor.

Tal como puede apreciarse a continuación, se pueden destacar las siguientes particularidades con influencia sobre el diseño de la estructura:

- La vivienda se encuentra ubicada sobre una medianera de mampostería, ya que se deben cumplir las exigencias sobre medianería establecidas en los códigos de edificación.
- La estructura y el piso se apoyan sobre una platea de hormigón armado.
- La cubierta exhibe una pendiente moderada (15%).



FIGURA 18  
Proyecto de la vivienda



FIGURA 19  
Proyecto de la planta



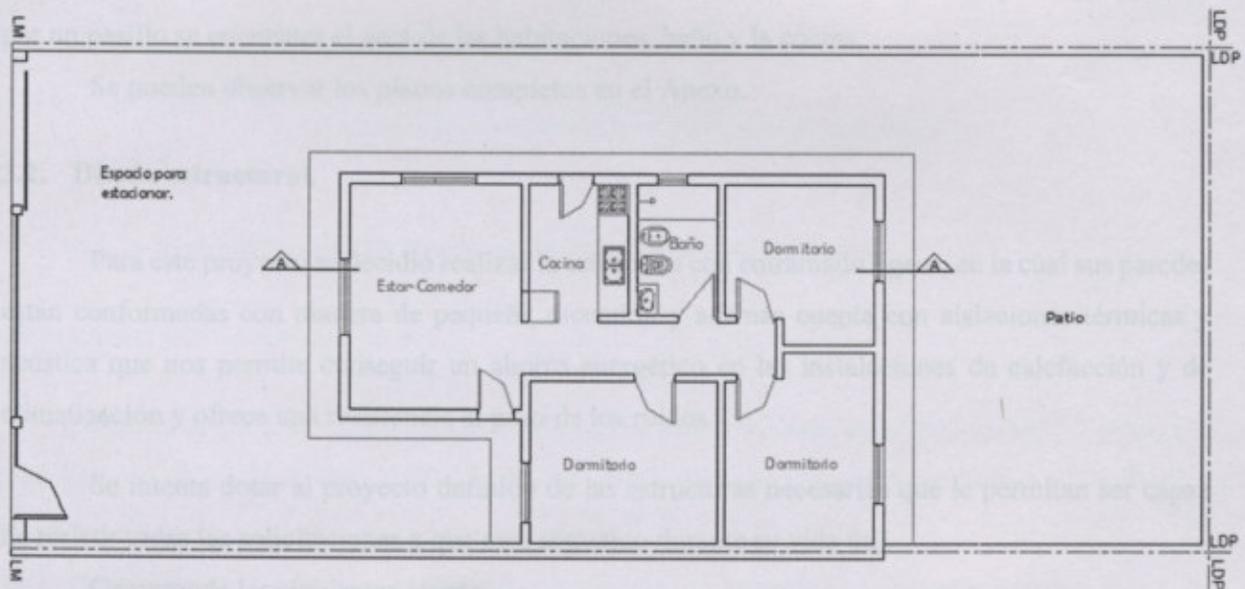
El diseño arquitectónico representa generalmente la parte inicial del proyecto: regula y gestiona los espacios, los volúmenes y sus elementos arquitectónicos.

La disciplina estructural tiene como objetivo garantizar resistencia y estabilidad cuando varían las tensiones interesadas.

Por otro lado, la parte de las instalaciones traza y dimensiona los sistemas tecnológicos que se ramificarán dentro del modelo arquitectónico y estructural.

Es necesario establecer desde los primeros pasos del diseño la disposición funcional de la vivienda. De hecho, la necesitamos para muchas cosas y tiene que hacerlas bien.

Para el diseño se considera la estandarización de materiales y elementos que se integrarán al proyecto, así como también todos los aspectos de habitabilidad que aseguren la mejor condición de vida a sus ocupantes, incorporando protección contra la humedad, aislación de la envolvente, protección acústica y calidad del aire interior.



Planta ESC:1:100

FIGURA 20  
Planta de la vivienda

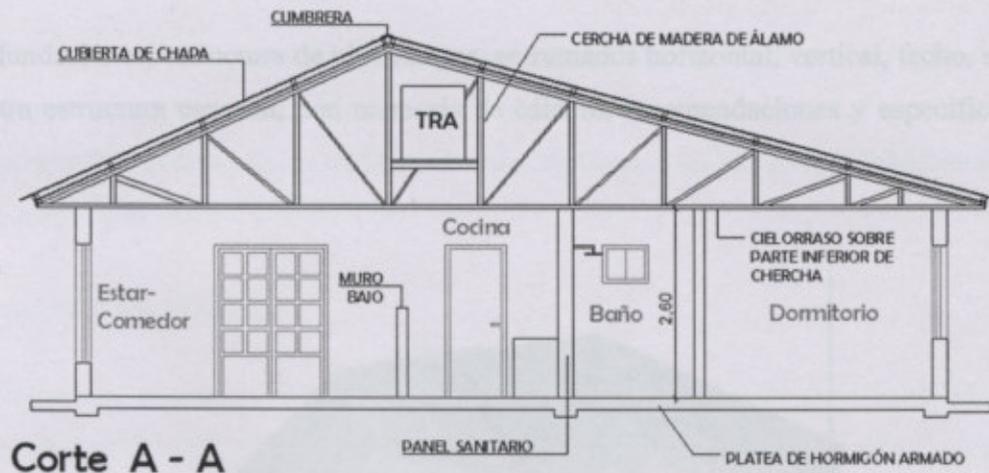


FIGURA 21  
Corte de la vivienda

Para este proyecto la planta de la vivienda unifamiliar se distribuye en un nivel, la sala de estar-comedor es el elemento central alrededor del cual se desarrollan los otros espacios, separados por un pasillo se encuentra el área de las habitaciones, baño y la cocina.

Se pueden observar los planos completos en el Anexo.

### 3.2. Diseño estructural.

Para este proyecto se decidió realizar la estructura con entramado ligero, en la cual sus paredes están conformadas con madera de pequeña escuadría y además cuenta con aislaciones térmicas y acústica que nos permite conseguir un ahorro energético en las instalaciones de calefacción y de climatización y ofrece una resistencia al paso de los ruidos.

Se intenta dotar al proyecto definido de las estructuras necesarias que le permitan ser capaz de resistir todas las solicitaciones a que será sometido durante su vida útil.

Comprende las siguientes etapas:

1. Determinación de tipo y magnitud de las solicitaciones por peso propio, sobrecargas, acción del viento, nieve, temperatura y sismos.
2. Estructuración y definición de los elementos que resistirán las solicitaciones estimadas, de forma de asegurar que la estructura cumpla para lo que fue diseñada.
3. Diseño de elementos estructurales: definir los materiales, forma y dimensión de los elementos que absorberán los esfuerzos con su diseño de uniones.



4. Planos de fundaciones, estructura de plataformas, entramados horizontal, vertical, techo, escalera o cualquier otra estructura especial, con memoria de cálculo, recomendaciones y especificaciones respectivas.

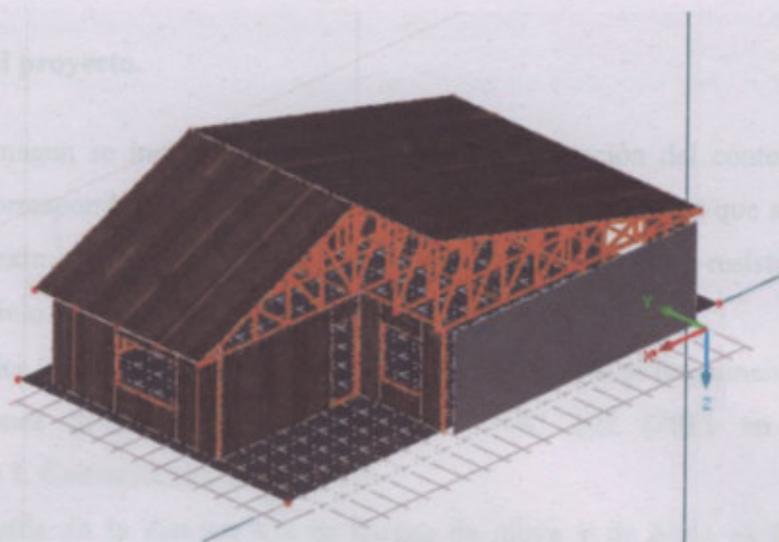


FIGURA 22  
Proyecto de la vivienda realizado en un programa de elementos finitos

### 3.2.1. Determinación de tipo y magnitud de las solicitaciones.

#### *Solicitaciones por acción del viento.*

La primera tarea de calculista es diseñar la estructura y luego es la determinación precisa de las cargas que actúan en la edificación durante la vida útil de esta. No debe omitirse la consideración de cualquier carga que pueda llegar a presentarse.

Dentro de las cargas que actúan en una edificación tenemos las cargas muertas y vivas, las cargas muertas son aquellas que permanecen constantes a lo largo del periodo útil de la edificación, las cargas vivas cambian de lugar, de magnitud, se mueven bajo su propio impulso, entre ellas tenemos las causadas por el viento.

El viento es una masa de aire que se mueve principalmente en dirección horizontal desde un área de alta presión hasta una con baja presión. Los vientos fuertes pueden ser muy destructivos debido a que generan presión contra la superficie de una estructura. La intensidad de esta presión se conoce como "carga de viento". El efecto del viento dependerá del tamaño y la forma de la estructura.



Por ello, es necesario calcular la carga de viento para determinar el diseño y la construcción de edificios más seguros y más resistentes.

Para este capítulo se determinan las presiones de viento para una vivienda de una planta, según lo planteado por el Reglamento CIRSOC 102.

### Ubicación geográfica del proyecto.

En la siguiente imagen se indica la zona geográfica de aplicación del contenido de este proyecto. La misma se corresponde con la región para la cual las construcciones que son objeto de este documento quedan eximidas de la aplicación de los requerimientos sismo-resistentes y de la acción de la nieve y del hielo:

- Zona sísmica 0 de peligrosidad sísmica muy reducida según el Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes INPRES-CIRSOC 103 (2013 en trámite de aprobación). Parte 1, Construcciones en general.
- Zona excluida de la distribución de cargas de nieve y de hielo en la República Argentina según el Reglamento Argentino de Acción de la Nieve y del Hielo sobre las Construcciones CIRSOC 104 (2005).

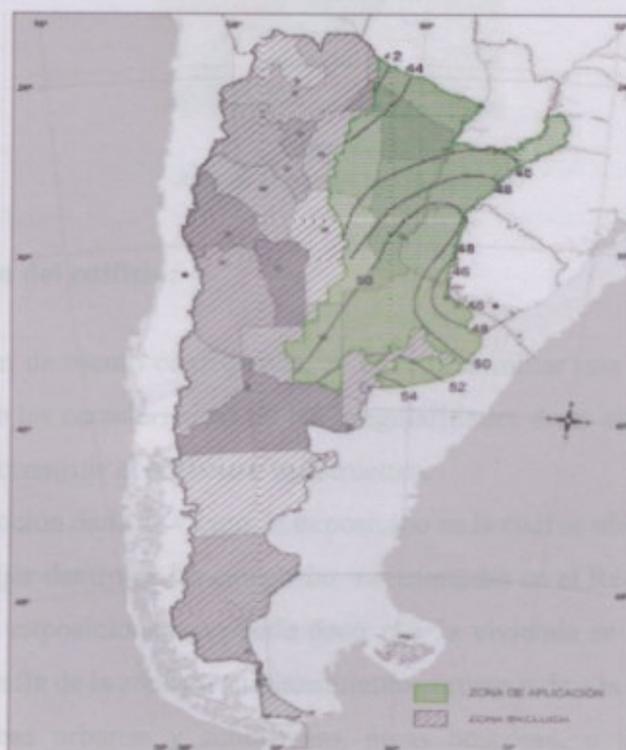


FIGURA 23  
Zona geográfica de aplicación del proyecto



categoría de exposición está limitado a aquellas áreas para las cuales el terreno representativo prevalece en la dirección de barlovento en una distancia de al menos 500 m ó 10 veces la altura del edificio u otra estructura, la que sea mayor.

### Velocidad básica del viento

La velocidad básica del viento  $V$  que se usa en la determinación de las cargas de viento de diseño sobre edificios y otras estructuras se debe obtener del mapa de la Figura 1 A o de la Tabla de la Figura 1 B del Reglamento CIRSOC 102, con excepción de lo dispuesto en los artículos 5.4.1. y 5.4.2. Se debe suponer que el viento proviene de cualquier dirección horizontal.

La velocidad básica del viento se elige según lo expuesto por el mapa de la Figura 1 A del Reglamento CIRSOC 102 donde para la zona de Venado Tuerto en la provincia de Santa Fe determina una velocidad básica del viento  $V=50$  m/seg.

### Presión dinámica

La velocidad básica del viento se convierte en presión dinámica  $q_z$  en  $N/m^2$  a la altura  $z$  usando la expresión:

$$q_z = 0,613 * K_z * K_{zt} * K_d * V^2 * I \quad \frac{N}{m^2}$$

La constante 0,613 refleja la densidad del aire para atmósfera estándar, esto es, 15°C y presión de mercurio a nivel del mar de 101,325 kPa, y dimensiones asociadas con la velocidad de viento en metros por segundo.

### Coefficiente de exposición.

El coeficiente de exposición  $K_z$  depende del tipo de exposición indicado y de la altura media de la cubierta. Según la Tabla 5 (página 52 – Tablas) del Reglamento CIRSOC 102 para altura media entre 0 y 5 metros y Categoría II el valor es, dependiendo del caso:

Caso 1: Utilizado para todos los componentes y revestimientos = 0,72

Caso 2: Utilizado para el Sistema Principal Resistente a la Fuerza del Viento (SPRFV) = 0,59.



### Factor topográfico.

El factor topográfico  $K_{zt}$  se determina de acuerdo con el artículo 5.7. según CIRSOC 102. En nuestro caso se trata de una topografía homogénea, de esta manera se puede considerar  $K_{zt} = 1$ .

### Factor de direccionalidad.

El factor de direccionalidad del viento  $K_d$  se obtiene, dependiendo del tipo de estructura correspondiente obtenido de la tabla 6 del Reglamento CIRSOC 102. Para este caso el factor de direccionalidad del viento vale 0,85 tanto para el Sistema principal resistente a la fuerza de viento como para los componentes y revestimientos.

### Factor de importancia.

El factor de importancia  $I$  se obtiene dependiendo de la categoría en la que se encuentre la vivienda obtenida del Reglamento CIRSOC 102. En este caso se trata de una categoría I, la cual comprende todas las estructuras cubiertas por el alcance de este reglamento, pero no han sido incluidas en las anteriores categorías (Estructuras de ocupación normal). Para esta categoría  $I = 0,87$

Entonces la presión dinámica para el Sistema Principal Resistente a la Fuerza del Viento (SPRFV) será:

$$q_z = 0,613 * 0,59 * 1 * 0,85 * \left(50 \frac{m}{seg}\right)^2 * 0,87 = 668,64 \frac{N}{m^2}$$

Y para componentes y revestimientos tendremos:

$$q_z = 0,613 * 0,72 * 1 * 0,85 * \left(50 \frac{m}{seg}\right)^2 * 0,87 = 815,96 \frac{N}{m^2}$$

### Factor de efecto de ráfaga, G

El edificio se considera una estructura rígida. El artículo 5.8.1. permite el uso de  $G = 0,85$ . Si se utiliza el procedimiento detallado para una estructura rígida, el valor calculado de  $G$  resulta de 0,89; no obstante, este Reglamento permite el uso de  $G = 0,85$ .



### Coefficiente de presión interna, (GC<sub>pi</sub>)

La vivienda está ubicada en una zona de vientos moderados y es considerada como edificio cerrado. El Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones Guía Cap. 3 - 24 usa  $GC_{pi} = \pm 0,18$  para edificios cerrados, de la Tabla 7.

### Coefficientes de presión externa C<sub>p</sub> para paredes

- El coeficiente de presión para la pared a barlovento es 0,8
- El coeficiente de presión para paredes laterales es - 0,7
- El coeficiente de presión para la pared a sotavento es función de la relación L/B

( L= largo, B= ancho):

Para  $L/B = 0,5 \rightarrow C_p = - 0,5$

Para  $L/B = 2,0 \rightarrow C_p = - 0,3$

### Coefficientes de presión externa C<sub>p</sub> para cubiertas:

Para direcciones perpendiculares a la acción del viento tenemos:

- El coeficiente C<sub>p</sub> para una distancia entre 0 y H (altura de la cumbrera) es: -0,9
- El coeficiente C<sub>p</sub> para una distancia entre H y 2H es: -0,5
- El coeficiente C<sub>p</sub> para una distancia mayor a 2H es: -0,3

Para direcciones paralelas a la acción del viento tenemos:

- El coeficiente C<sub>p</sub> es: -0.5

### Presión de viento para el SPRFV

La fuerza de viento sobre el SPRFV es calculada sobre la base de la respuesta elástica del edificio completo ante la fluctuación de la fuerza del viento.

La fluctuación de la presión del viento se modifica y sus características dinámicas no son uniforme en todas las partes de la superficie del edificio, por lo cual se debe evaluar la carga de viento en el SPRFV basado en el comportamiento de todo el edificio.



Debido a la asimetría se consideraron las cuatro direcciones de viento (normal a las paredes). Las superficies de muros se numeraron de 1 hasta 6, las superficies de cubierta están relacionadas con los mismos números de los muros, estas mismas van a depender del ángulo de inclinación de la cubierta.

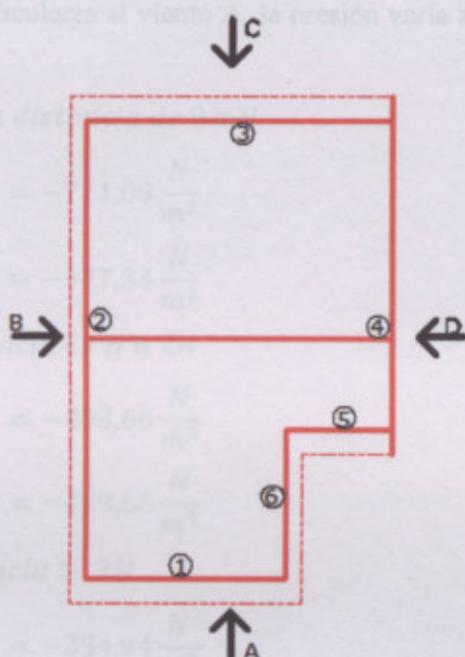


FIGURA 25  
Presiones de viento para la vivienda

**Dirección del viento A:**

Presiones sobre paredes:

Donde  $C_p = -0,3 \rightarrow$  Sotavento

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+G C_{pi}) = 407,98 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-G C_{pi}) = 701,73 \frac{N}{m^2} \rightarrow \text{Barlovento (1y5)}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+G C_{pi}) = -632,37 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-G C_{pi}) = -338,63 \frac{N}{m^2} \rightarrow \text{Lateral (2,4 y 6)}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+G C_{pi}) = -354,94 \frac{N}{m^2}$$



$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-Gc_{pi}) = -61,2 \frac{N}{m^2} \rightarrow \text{Sotavento (3)}$$

*Presiones sobre cubierta:*

Para direcciones perpendiculares al viento A, la presión varía a lo largo de la cubierta en los lados (2,4 y 6)

Donde  $C_p = -0,9 \rightarrow$  para una distancia de 0 a H

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = -771,09 \frac{N}{m^2} \rightarrow \text{Barlovento (2)}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-Gc_{pi}) = -477,34 \frac{N}{m^2}$$

$C_p = -0,5 \rightarrow$  para una distancia de H a 2H

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = -493,66 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-Gc_{pi}) = -493,66 \frac{N}{m^2} \rightarrow \text{Sotavento (4 y 6)}$$

$C_p = -0,3 \rightarrow$  para una distancia  $> 2H$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = -354,94 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-Gc_{pi}) = -354,94 \frac{N}{m^2}$$

Siendo H la altura de la cumbrera.

Para la dirección paralela al viento A (en 1, 3 y 5) en valor de la presión es:

Donde  $C_p = -0,5$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = -493,66 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-Gc_{pi}) = -199,91 \frac{N}{m^2} \rightarrow \text{Sotavento y Barlovento}$$

*Presiones sobre voladizos:*

$C_p = 0,8$

$$P = q_z * G * C_p = 554,86 \frac{N}{m^2}$$

La presión interior es del mismo signo en todas las superficies en que se aplica.



**Dirección del viento B:**

*Presiones sobre paredes:*

Donde  $C_p = -0,5 \rightarrow$  Sotavento

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = 407,98 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-Gc_{pi}) = 701,73 \frac{N}{m^2} \rightarrow \text{Barlovento (2)}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = -632,37 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-Gc_{pi}) = -338,63 \frac{N}{m^2} \rightarrow \text{Lateral (1,3 y 5)}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = -493,66 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-Gc_{pi}) = -199,91 \frac{N}{m^2} \rightarrow \text{Sotavento (4y6)}$$

Nota:

En esta ocasión el coeficiente de presión externa  $C_p$  se obtendrá de la misma manera que el caso anterior L/B, teniendo en cuenta que ahora L es el menor valor y B el mayor.

*Presiones sobre cubierta:*

Para direcciones perpendiculares al viento B, la presión varía a lo largo de la cubierta en los lados (1,3 y 5)

Donde  $C_p = -0,9 \rightarrow$  para una distancia de 0 a H

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = -771,09 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-Gc_{pi}) = -477,34 \frac{N}{m^2}$$

$C_p = -0,5 \rightarrow$  para una distancia de H a 2H

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = -493,66 \frac{N}{m^2}$$



$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-Gc_{pi}) = -493,66 \frac{N}{m^2}$$

$$C_p = -0,3 \rightarrow \text{para una distancia} > 2H$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = -354,94 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-Gc_{pi}) = -354,94 \frac{N}{m^2}$$

Siendo H la altura de la cumbrera.

Para la dirección paralela al viento B (en 2,4 y 6) en valor de la presión es:

$$\text{Donde } C_p = -0,5$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = -493,66 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-Gc_{pi}) = -199,91 \frac{N}{m^2} \rightarrow \text{Sotavento y Barlovento}$$

*Presiones sobre voladizos:*

$$C_p = 0,8$$

$$P = q_z * G * C_p = 554,86 \frac{N}{m^2}$$

La presión interior es del mismo signo en todas las superficies en que se aplica.

### **Dirección del viento C:**

*Presiones sobre paredes:*

$$\text{Donde } C_p = -0,3 \rightarrow \text{Sotavento}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = 407,98 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-Gc_{pi}) = 701,73 \frac{N}{m^2} \rightarrow \text{Barlovento (3)}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = -632,37 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-Gc_{pi}) = -338,63 \frac{N}{m^2} \rightarrow \text{Lateral (2,4 y 6)}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = -354,94 \frac{N}{m^2}$$



$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-G c_{pi}) = -61,20 \frac{N}{m^2} \rightarrow \text{Sotavento (1y5)}$$

Presiones sobre cubierta:

Para direcciones perpendiculares al viento C, la presión varía a lo largo de la cubierta en los lados (2,4 y 6)

Donde  $C_p = -0,9 \rightarrow$  para una distancia de 0 a H

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+G c_{pi}) = -771,09 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-G c_{pi}) = -477,34 \frac{N}{m^2}$$

$C_p = -0,5 \rightarrow$  para una distancia de H a 2H

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+G c_{pi}) = -493,66 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-G c_{pi}) = -493,66 \frac{N}{m^2}$$

$C_p = -0,3 \rightarrow$  para una distancia  $> 2H$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+G c_{pi}) = -354,94 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-G c_{pi}) = -354,94 \frac{N}{m^2}$$

Siendo H la altura de la cumbre.

Para la dirección paralela al viento C (en 1,3 y 5) en valor de la presión es:

Donde  $C_p = -0,5$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+G c_{pi}) = -493,66 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-G c_{pi}) = -199,91 \frac{N}{m^2} \rightarrow \text{Sotavento y Barlovento}$$

Presiones sobre voladizos:

$C_p = 0,8$

$$P = q_z * G * C_p = 554,86 \frac{N}{m^2}$$

La presión interior es del mismo signo en todas las superficies en que se aplica



**Dirección del viento D:**

*Presiones sobre paredes:*

Donde  $C_p = -0,5 \rightarrow$  Sotavento

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = 407,98 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-Gc_{pi}) = 701,73 \frac{N}{m^2} \rightarrow \text{Barlovento (4y6)}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = -632,37 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-Gc_{pi}) = -338,63 \frac{N}{m^2} \rightarrow \text{Lateral (1,3y5)}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = -493,66 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-Gc_{pi}) = -199,91 \frac{N}{m^2} \rightarrow \text{Sotavento (2)}$$

*Presiones sobre cubierta:*

Para direcciones perpendiculares al viento D, la presión varía a lo largo de la cubierta en los lados (1,3 y 5)

Donde  $C_p = -0,9 \rightarrow$  para una distancia de 0 a H

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = -771,09 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-Gc_{pi}) = -477,34 \frac{N}{m^2}$$

$C_p = -0,5 \rightarrow$  para una distancia de H a 2H

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = -493,66 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-Gc_{pi}) = -493,66 \frac{N}{m^2}$$

$C_p = -0,3 \rightarrow$  para una distancia  $> 2H$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+Gc_{pi}) = -354,94 \frac{N}{m^2}$$



$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-G C_{pi}) = -354,94 \frac{N}{m^2}$$

Siendo H la altura de la cumbrera.

Para la dirección paralela al viento D (en 2,4 y 6) en valor de la presión es:

$$\text{Donde } C_p = -0,5$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (+G C_{pi}) = -493,66 \frac{N}{m^2}$$

$$P = q_z * G * C_p - q_z * (-G C_{pi}) = -199,91 \frac{N}{m^2} \rightarrow \text{Sotavento y Barlovento}$$

Presiones sobre voladizos:

$$C_p = 0,8$$

$$P = q_z * G * C_p = 554,86 \frac{N}{m^2}$$

La presión interior es del mismo signo en todas las superficies en que se aplica

### Presión del viento para componentes y revestimientos.

Las fuerzas de vientos sobre el SPRFV y sobre los Componentes y Revestimientos son diferentes, debido a que hay grandes diferencias en sus dimensiones, características dinámicas y comportamiento de los fenómenos dominantes. La fuerza de viento sobre los Componentes y Revestimientos es calculada sobre la base de la oscilación de la fuerza de viento actuando sobre las partes individuales del edificio, pero juega un rol importante en la protección de los espacios interiores contra la destrucción de la fuerza de vientos fuertes. Por lo tanto, el diseño de la resistencia de ambas partes debe ser tomadas con los mismos cuidados

Las presiones de viento de diseño sobre elementos componentes y de revestimiento de edificios de baja altura y de edificios con alturas menores que 20 m se determinan mediante la siguiente expresión:

$$p = q_z * [(G C_p) - (G C_{pi})] \frac{N}{m^2}$$

Siendo:

$$q_z = 815,96 \frac{N}{m^2}$$



GCp: El coeficiente de presión externa se obtiene de las figuras 5A y 5B, del Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones (CIRSOC 102), donde esos valores están relacionados según la zona del edificio y del área efectiva del viento.

GCpi: El coeficiente de presión interna se obtiene de la tabla 7 del Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones (CIRSOC 102), donde usa  $\pm 0,18$  para edificios cerrados.

*Componentes en paredes:*

Los montantes en paredes son de 2,50m de longitud y estas mismas están distanciadas 0,61 m

El área efectiva de viento en los muros se determina usando la definición “el ancho del área efectiva no debe ser menor que un tercio de la longitud del tramo”, ver el Capítulo 2 del Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones (CIRSOC 102).

Área efectiva de viento en muros:

$$\text{Altura} = 2,5\text{m}$$

$$\text{Separacion} = 1,22\text{m}$$

Área efectiva – valor mayor entre:

$$\text{Altura sep.} = 1,53 \text{ m}^2$$

$$\text{Alt} * \frac{\text{Alt}}{3} = 2,08 \text{ m}^2$$

de la figura 5A o de las expresiones de los gráficos del Reglamento CIRSOC 102, usando el área efectiva se obtiene:

$$GC_p = 0,92 \rightarrow \text{Zona 4 y 5}$$

$$GC_p = -1,08 \rightarrow \text{Zona 4}$$

$$GC_p = -1,28 \rightarrow \text{Zona 5}$$

Distancia “a” valor menor entre:

$$0,1 * \text{Ancho} = 0,75 \text{ m}^2$$

$$\text{Sep} * \text{Alto total} = 2,87 \text{ m}^2$$



Los signos más y menos significan presiones que actúan acercándose o alejándose de las superficies, respectivamente.

Las presiones de diseño para los componentes en paredes serán:

$$P\left(\frac{N}{m^2}\right) = -799,65 \rightarrow \text{en todas las zonas}$$

$$P\left(\frac{N}{m^2}\right) = 897,56 \rightarrow \text{en todas las paredes}$$

$$P\left(\frac{N}{m^2}\right) = -1028,12 \rightarrow \text{en el centro}$$

$$P\left(\frac{N}{m^2}\right) = -1191,31 \rightarrow \text{en esquinas}$$

Los valores de  $GC_p$  se obtienen de la Figura 5B ó de las expresiones de los gráficos (aleros)

Componentes en cubiertas: teniendo en cuenta que el área efectiva  $A = 21,33 m^2$

$$GC_p = -2,2 \rightarrow \text{Zona 2}$$

Las correas de cubierta tienen 8,00 m de luz y están separadas 1,22 m entre sí. Según la figura 5 B del reglamento CIRSOC 102 la correa puede encontrarse en Zona 1 (interior de la cubierta) o en Zona 2 (área de alero). La Zona 3 (área de esquina) actúa solamente sobre una parte de la correa.

El área efectiva de viento para la correa será el mayor valor de:

$$\text{Armad sep.} = 9,76 m^2$$

$$\text{Armad} * \frac{\text{Armad}}{3} = 21,33 m^2$$

Presiones de cubierta:

Los valores de  $GC_p$  se obtienen de la Figura 5B ó de las expresiones de los gráficos del reglamento CIRSOC 102, usando el área efectiva  $A = 21,33 m^2$  y teniendo en cuenta que el ángulo de la cubierta es de  $15^\circ$ .

Los valores de  $GC_p$  y se debe tener en cuenta que las Zonas 2 y 3 se encuentran en validez.

$$GC_p = 0,3 \rightarrow \text{Zona 1,2 y 3}$$

$$GC_p = -0,8 \rightarrow \text{Zona 1}$$

$$GC_p = -1,4 \rightarrow \text{Zona 2 y 3}$$

El ancho de las Zonas 2 y 3 (Figura 5B del reglamento CIRSOC 102) será el menor de:

$$0,1 * \text{Ancho} = 0,75 m^2$$

$$\text{Sep} * \text{Alto total} = 2,91 m^2$$



Las presiones de diseño para los componentes en cubierta serán:

$$P\left(\frac{N}{m^2}\right) = 391,66 \rightarrow \text{en todas las zonas}$$

$$P\left(\frac{N}{m^2}\right) = -799,65 \rightarrow \text{en todas las zonas}$$

$$P\left(\frac{N}{m^2}\right) = -1289,22 \rightarrow \text{en todas la zonas}$$

*Presiones en voladizos (usar en el cálculo de reacciones y anclajes):*

Los valores de  $GC_p$  se obtienen de la Figura 5B ó de las expresiones de los gráficos (aleros) del reglamento CIRSOC 102, teniendo en cuenta que el área efectiva  $A = 21,33 \text{ m}^2$

$$GC_p = -2,2 \rightarrow \text{Zona 2}$$

$$GC_p = -2,5 \rightarrow \text{Zona 3}$$

Las presiones de diseño para voladizos en zona 2 y zona 3 respectivamente serán:

$$P\left(\frac{N}{m^2}\right) = -1648,25 \rightarrow \text{en el borde de la cubierta}$$

$$P\left(\frac{N}{m^2}\right) = -1893,04 \rightarrow \text{en el borde de la cubierta}$$

*Paneles de cubierta:*

Los paneles de cubierta tienen 8,00 m de luz y tienen una longitud de separación de 1,22 m. De la figura 5B o de las expresiones de los gráficos (aleros) del reglamento CIRSOC 102 se obtienen los valores de  $GC_p$  y se debe tener en cuenta que la Zonas 2 y 3 se encuentran en voladizo.

Área efectiva:

$$\text{Largo} * \text{sep.} = 9,76\text{m}^2$$

Distancia "a" valor menor entre:

$$0,1 * \text{Ancho} = 0,75\text{m}^2$$

$$\text{Sep} * \text{Alto total} = 2,87\text{m}^2$$



$$GC_p = 0,35 \rightarrow \text{Zona 1,2 y 3}$$

$$GC_p = -2,2 \rightarrow \text{Zona 2 (voladizo)}$$

$$GC_p = -0,8 \rightarrow \text{Zona 1}$$

$$GC_p = -2,7 \rightarrow \text{Zona 3 (voladizo)}$$

Las presiones de diseño serán:

$$P\left(\frac{N}{m^2}\right) = 432,46 \rightarrow \text{en todas las zonas}$$

$$P\left(\frac{N}{m^2}\right) = -1648,25 \rightarrow \text{bordes de la cubierta}$$

$$P\left(\frac{N}{m^2}\right) = -505,9 \rightarrow \text{interior de la cubierta}$$

$$P\left(\frac{N}{m^2}\right) = -2056,23 \rightarrow \text{esquina de la cubierta}$$

### ***Carga permanente***

Carga vertical que significa la suma del peso propio de la estructura mas todos los elementos permanentes del edificio. Las cerchas de madera son parte de la estructura de soporte de una construcción.

Cuando se determinen las cargas permanentes con propósito de diseño, se deben usar los pesos reales de los materiales y elementos constructivos.

El proyecto presenta estructuras reticuladas con una longitud de cálculo igual a 12,6 m y otra de 8,00 m, colocadas con una separación de 1,22 m. Además, se debe considerara que la madera de Álamo se comercializa con una longitud máxima de 2,10 m, de esta manera debemos tener en cuenta los empalmes, pero también se puede proponer para el uso estructura que la madera de álamo sea cortada de tamaños mayores ya que este tipo de árbol lo permite.

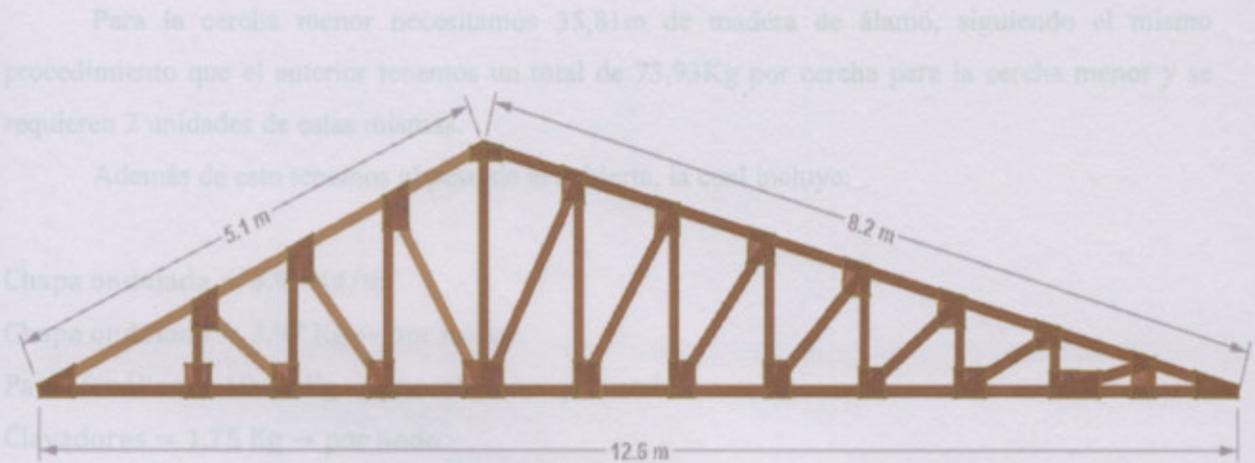


FIGURA 26  
(Cercha mayor reticulada)

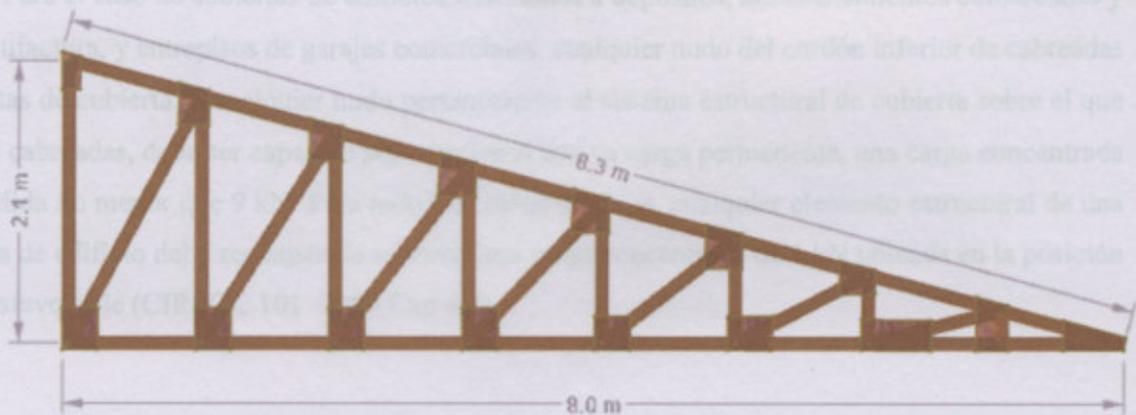


FIGURA 27  
(Cercha menor reticulada)

El reticulado se diseñó con madera de Álamo de sección 2"x 4" con lo cual tenemos una superficie de  $0,00516 \text{ m}^2$  la densidad de la madera de álamo de acuerdo a la norma IRAM 9662-4 (2015) es de  $400 \text{ Kg/m}^3$

Para la cercha mayor necesitamos 53,23m de madera de álamo si multiplicamos la longitud de la madera que necesitamos por su superficie y por la densidad nos dará el peso propio de cada cercha, obteniendo así un total de 109,96Kg por cercha para la cercha mayor y se requieren 5 unidades de estas mismas.



Para la cercha menor necesitamos 35,81m de madera de álamo, siguiendo el mismo procedimiento que el anterior tenemos un total de 73,93Kg por cercha para la cercha menor y se requieren 2 unidades de estas mismas.

Además de esto tenemos el peso de la cubierta, la cual incluye:

Chapa ondulada = 3,97 Kg/m

Chapa ondulada = 3,97 Kg → por nodo

Panel fenólico = 19,45 Kg → por tablero – por nodo

Clavadores = 1,75 Kg → por nodo

### **Sobrecarga**

Para el caso de cubiertas de edificios destinados a depósitos, almacenamientos comerciales y de manufactura, y entresijos de garajes comerciales, cualquier nudo del cordón inferior de cabreadas expuestas de cubierta, o cualquier nudo perteneciente al sistema estructural de cubierta sobre el que apoyan cabreadas, debe ser capaz de soportar junto con su carga permanente, una carga concentrada suspendida no menor que 9 kN. Para todos los otros destinos, cualquier elemento estructural de una cubierta de edificio debe ser capaz de soportar una carga concentrada de 1 kN ubicada en la posición más desfavorable (CIRSOC 101 -2005 Cap 4.2).

### **3.2.2. Componentes estructurales de la cubierta.**

En la siguiente figura se muestra esquemáticamente la distribución de los componentes de la estructura de la cubierta y del diafragma, a continuación, se proveen detalles de los mismos y del proceso de su selección.

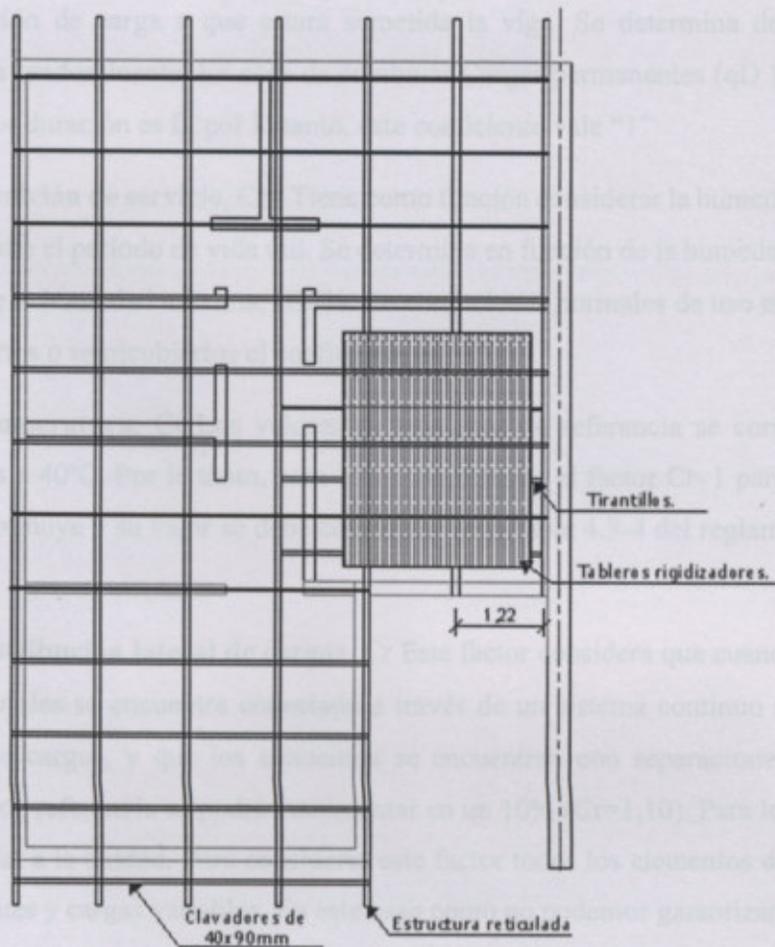


FIGURA 28  
Componentes de la cubierta

**Verificación de resistencias.**

El proceso de diseño consiste en verificar que las demandas generadas por las cargas y sus combinaciones en las vigas no superen las tensiones de referencia afectadas por los factores de ajuste.

Inicialmente se exponen las expresiones para determinar los factores de ajuste y luego se presenta el procedimiento de diseño para vigas simplemente apoyadas sometidas a carga distribuida.

**Factores de ajuste**

Mediante estos factores se ajustan las tensiones de referencia a las condiciones en que será sometida la estructura de madera.



**Factor de duración de carga, CD** Este factor tiene como objetivo considerar la duración de la carga o combinación de carga a que estará sometida la viga. Se determina de acuerdo a la combinación de carga predominante. En caso de combinar Cargas permanentes ( $qD$ ) y sobrecargas ( $qL$ ) la carga de menor duración es  $L$ , por lo tanto, este coeficiente vale "1"

**Factor de condición de servicio, CM** Tiene como función considerar la humedad a que estará sometida la viga durante el período de vida útil. Se determina en función de la humedad promedio de la madera,  $HP\%$ , y de la humedad máxima,  $HM\%$ . En condiciones normales de uso en una vivienda y en ambientes cubiertos o semicubiertos el coeficiente es "1"

**Factor de temperatura, Ct** Los valores de tensiones de referencia se corresponden con temperaturas menores a  $40^{\circ}C$ . Por lo tanto, para estas condiciones el factor  $Ct=1$  para temperaturas mayores el factor disminuye y su valor se debe considerar de la tabla 4.3-4 del reglamento CIRSOC 601.

**Factor de distribución lateral de cargas, Cr** Este factor considera que cuando un conjunto de elementos estructurales se encuentra conectado a través de un sistema continuo que asegure la distribución lateral de cargas, y que los elementos se encuentran con separaciones similares, la resistencia de diseño de referencia se podrá incrementar en un 10% ( $Cr=1,10$ ). Para los demás casos el factor resultará igual a la unidad. Para considerar este factor todos los elementos deben diseñarse para cargas permanentes y cargas variables. En este caso como no podemos garantizar que las cargas se distribuyen en otras vigas iguales el coeficiente es "1".

**Factor de forma, CF**, según la altura de la viga es el valor de este coeficiente, en este caso al ser  $d = 10,16$  cm el coeficiente es "1,10".

**Factor de estabilidad lateral de la viga, CL** La estabilidad lateral de vigas se introduce a través del factor CL. Cuando no existen problemas de estabilidad lateral su valor será igual a la unidad, por el contrario, si existen problemas de estabilidad lateral este factor será inferior a 1 reduciendo la tensión de referencia. Secciones de madera con relaciones entre alto y ancho menores o iguales a 1 no presentan problemas de estabilidad, entonces  $CL = 1$

**Factor de estabilidad del miembro comprimido, CP** el control de la estabilidad de un miembro simple, con el fin de evitar su pandeo lateral, se debe efectuar multiplicando la tensión de diseño de referencia ( $F_c$ ) por el factor de estabilidad lateral del miembro comprimido ( $C_p$ ) cuyo valor es igual o menor que 1.



Estructura reticulada:

$$C_p = \frac{1 + \frac{F_{cE}}{F_c^*}}{2c} - \sqrt{\left[ \frac{1 + \frac{F_{cE}}{F_c^*}}{2c} \right]^2 - \frac{F_{cE}}{F_c^* c}}$$

Esta estructura cuenta con dos ejes de inercia principales que apoyan de 1,24m, la sección adoptada es de álamo de 2" x 4" en la guía para el proyecto de estructuras de madera con bajo comportamiento estructural se exponen dimensiones mínimas de la sección transversal para barras de madera.

Siendo:

$F_c^*$  la tensión de diseño en compresión paralela a la fibra de referencia multiplicada por todos los factores de ajustes aplicables, excepto  $C_p$ .  $F_c^* = 6,6 \text{ N/mm}^2$

$$F_{cE} = \frac{0,822 E'_{min}}{\left(\frac{l_e}{d}\right)^2} = 1,62 \text{ N/mm}^2$$

$E'_{min}$  módulo de elasticidad ajustado para el cálculo de la estabilidad =  $3700 \text{ N/mm}^2$

$l_e$  longitud efectiva de pandeo =  $2\text{m} = 2000\text{mm}$

$d$  el ancho de la sección transversal en la dirección perpendicular al eje baricéntrico respecto del cual se produce el pandeo =  $50,8\text{mm}$

$c$  coeficiente igual a 0,8 para miembros de madera aserrada.

Por lo tanto, tenemos:

$$C_p = \frac{1,245}{1,6} - \sqrt{\left[ \frac{1,245}{1,6} \right]^2 - \frac{0,245}{0,8}} = 0,778 - 0,547 = 0,231$$

El factor de estabilidad del miembro comprimido tiene un valor de 0,231.

### Factores de ajuste aplicables para madera aserrada.

Tensiones y módulo de elasticidad	Factores de ajuste aplicables							
$F'_b = F_b$	x	$C_D$	$C_M$	$C_1$	$C_L$	$C_F$	$C_i$	-
$F'_t = F_t$	x	$C_D$	$C_M$	$C_1$	-	$C_F$	-	-
$F'_v = F_v$	x	$C_D$	$C_M$	$C_1$	-	-	-	-
$F'_{c\perp} = F_{c\perp}$	x	$C_D$	$C_M$	$C_1$	-	-	-	-
$F'_c = F_c$	x	$C_D$	$C_M$	$C_1$	-	-	-	$C_p$

TABLA 2

Factores de ajuste aplicables para madera aserrada – Tabla 4.3-1 del Reglamento CIRSOC 601.

FIGURA 36

Cargas en las juntas de la estructura reticulada



**Estructura reticulada:**

Esta estructura cuenta con dos pendientes y una distancia entre apoyos de 11,38m, la sección adoptada es de álamo de 2" x 4" en la guía para el proyecto de estructuras de madera con bajo compromiso estructural se exponen dimensiones mínimas de la sección transversal para barras de estructuras reticuladas para diferentes especies excluyendo el álamo.

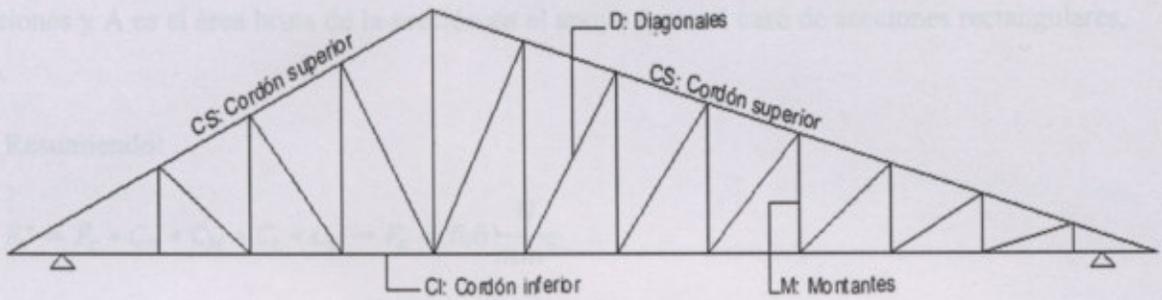


FIGURA 29  
Partes de la estructura.

Por lo tanto, a continuación, se desarrolla el cálculo de la estructura reticulada de álamo.

En la siguiente imagen se observan las cargas en los nudos de las cerchas provenientes de cargas permanentes calculadas anteriormente y sobrecarga.

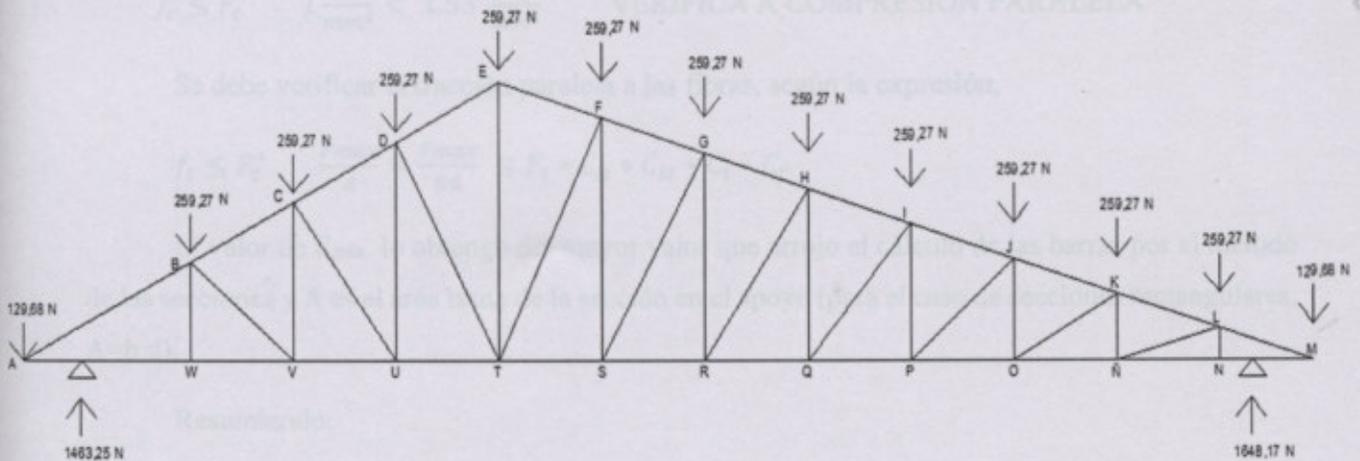


FIGURA 30  
Cargas en los nudos de la estructura reticulada.



Se calculo las reacciones de cada barra por el método de las secciones

En cuanto a resistencia se refiere, se debe verificar la compresión paralela a las fibras, según la expresión:

$$f_c \leq F_c^* \quad \frac{P}{A} = \frac{P}{bd} \leq F_c * C_D * C_M * C_t * C_p$$

El valor de P lo obtengo del mayor valor que arrojó el cálculo de las barras por el método de las secciones y A es el área bruta de la sección en el apoyo (para el caso de secciones rectangulares, A=b d).

Resumiendo:

$$F_c^* = F_c * C_D * C_M * C_t * C_p \rightarrow F_c = 6,6 \frac{N}{mm^2}$$

El valor de  $F_c$  fue extraído de la tabla S.1.1.4-1 del reglamento CIRSOC 601

$$F_c^* = 6,6 \frac{N}{mm^2} * 1 * 1 * 1 * 0,231 = 1,53 \frac{N}{mm^2}$$

$$P = 3603,06 \text{ N}$$

$$f_c = \frac{P}{bd} = \frac{3603,06 \text{ N}}{3600 \text{ mm}^2} = 1,00 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_c \leq F_c^* \quad 1 \frac{N}{mm^2} < 1,53 \frac{N}{mm^2} \quad \text{VERIFICA A COMPRESIÓN PARALELA}$$

Se debe verificar la tracción paralela a las fibras, según la expresión,

$$f_t \leq F_t^* \quad \frac{F_{max}}{A} = \frac{F_{max}}{bd} \leq F_t * C_D * C_M * C_t * C_f$$

El valor de  $F_{m\acute{a}x.}$  lo obtengo del mayor valor que arrojó el cálculo de las barras por el método de las secciones y A es el área bruta de la sección en el apoyo (para el caso de secciones rectangulares, A=b d).

Resumiendo:

$$F_t^* = F_t * C_D * C_M * C_t * C_f \rightarrow F_t = 4,4 \frac{N}{mm^2}$$



El valor de  $F_t$  fue extraído de la tabla S.1.1.4-1 del reglamento CIRSOC 601

$$F_t^* = 4,4 \frac{N}{mm^2} * 1 * 1 * 1 * 1,10 = 4,84 \frac{N}{mm^2}$$

$$F_{max} = 3975,32 \text{ N}$$

$$f_t = \frac{F_{max}}{bd} = \frac{3975,32 \text{ N}}{3600 \text{ mm}^2} = 1,104 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_t \leq F_t^* \quad 1,104 \frac{N}{mm^2} < 4,84 \frac{N}{mm^2} \quad \text{VERIFICA TRACCIÓN PARALELA}$$

### Clavador:

A continuación, se realiza el procedimiento indicado en el reglamento CIRSOC 601 para diseño de vigas. Se utilizó un clavador de 40mm x 90mm.

En el diseño a flexión la verificación se hace mediante la expresión.

$$f_b \leq F_b^* \quad \frac{M}{S} = \frac{6M}{bd^2} \leq F_b C_D C_M C_t C_L C_F C_T$$

En las expresiones M, es el momento flexional de demanda asociado a la combinación de carga que produzca los efectos más desfavorables teniendo en cuenta la duración de la carga y S es el módulo resistente elástico de la sección transversal evaluada en correspondencia con el momento M.

Resumiendo:

$$F_b^* = F_b C_D C_M C_t C_L C_F C_T \rightarrow F_b = 7,5 \frac{N}{mm^2}$$

El valor de  $F_b$  fue extraído de la tabla S.1.1.4-1 del reglamento CIRSOC 601

$$F_b^* = 7,5 \frac{N}{mm^2} * 1 * 1 * 1 * 1 * 1,10 * 1 = 8,25 \frac{N}{mm^2}$$

$$M_{max} = 0,01 \text{ KNm (1,4PP)}$$

$$\text{Módulo elástico resistente: } S_x = \frac{bd^2}{6} = \frac{0,04m * 0,09m^2}{6} = 0,000054 \text{ m}^3$$



Verificamos:

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{0,01 \text{ KNm}}{0,000054 \text{ m}^3} = 185,18 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 0,185 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_b \leq F_b^* \quad 0,185 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 8,25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{VERIFICA A FLEXIÓN}$$

En el diseño al corte horizontal (paralelo a la dirección de las fibras) de miembros flexionados se debe plantear mediante la expresión,

$$f_v \leq F_v^* \quad \frac{VQ}{Ib} = \frac{3V}{2bd} \leq F_v C_D C_M C_t$$

Donde V es el esfuerzo de corte máximo y Q el momento estático de una sección. Para sección rectangular se considera  $Q = \frac{b d^2}{8}$

Resumiendo:

$$F_v^* = F_v C_D C_M C_t \rightarrow F_v = 0,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

El valor de  $F_v$  fue extraído de la tabla S.1.1.4-1 del reglamento CIRSOC 601

$$F_v^* = 0,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 1 * 1 * 1 = 0,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$V_{max} = 0,04 \text{ KN} \quad (1,4 \text{ PP})$$

$$f_v = \frac{3V}{2bd} = \frac{0,12 \text{ KN}}{0,0072 \text{ m}^2} = 16,66 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 0,166 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_v \leq F_v^* \quad 0,166 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 0,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{VERIFICA A CORTE}$$

No se requiere una comprobación de corte en dirección perpendicular a las fibras.

En cuanto a resistencia se refiere, por último, se debe verificar la compresión perpendicular a las fibras, generalmente en los apoyos, según la expresión,

$$f_c \leq F_c^* \quad \frac{P}{A} = \frac{P}{bd} \leq F_c C_D C_M C_t$$

Donde P es la carga de compresión y A es el área bruta de la sección en el apoyo tomando a  $b = 40 \text{ mm}$  y  $d = 50,8 \text{ (2")}$ , para el caso de secciones rectangulares,  $A = b d = 2032 \text{ mm}^2$ .



Resumiendo:

$$F_c^* = F_c C_D C_M C_t \rightarrow F_c^* = 0,9 \frac{N}{mm^2}$$

El valor de  $F_c$  fue extraído de la tabla S.1.1.4-1 del reglamento CIRSOC 601

$$F_c^* = 0,9 \frac{N}{mm^2} * 1 * 1 * 1 = 0,9 \frac{N}{mm^2}$$

El valor de P lo obtengo de calcular el peso propio de la cubierta.

$$P = 39,22N$$

$$f_c = \frac{P}{bd} = \frac{39,22 N}{2032 mm^2} = 0,02 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_c \leq F_c^* \quad 0,02 \frac{N}{mm^2} < 0,9 \frac{N}{mm^2} \quad \text{VERIFICA A COMPRESIÓN}$$

#### Uniones de la cabreada tipo clavija.

Se decidió utilizar para estas estructuras reticuladas con doble pendiente uniones tipo clavija con clavos de diámetros de 2,5 mm y 50 mm de longitud y para generar la unión una placa OSB con un espesor de 18mm.

La resistencia lateral de diseño de referencia Z, de una unión de miembros de madera construida por un único elemento de fijación (unión simple) es el menor valor de los obtenidos a través de la aplicación de las expresiones que representan los modos de rotura posible las que se indican en la Tabla 2. Una representación gráfica de los modos de rotura se exhibe en la Figura 31.

	$Z = \frac{2D^2 F_u}{K_1 (1 + K_2)}$	$Z = \frac{2D^2 F_u}{K_2 (1 + K_1)}$
I	$Z = \frac{2D^2 F_u}{K_1}$	$Z = \frac{2D^2 F_u}{K_2}$
II	$Z = \frac{2D^2 F_u}{K_1}$	$Z = \frac{2D^2 F_u}{K_2}$
III	$Z = \frac{2D^2 F_u}{(1 + K_1) K_2}$	$Z = \frac{2D^2 F_u}{(1 + K_2) K_1}$
IV	$Z = \frac{2D^2 (2F_u F_p)}{K_1 (1 + K_1)}$	$Z = \frac{2D^2 (2F_u F_p)}{K_2 (1 + K_2)}$

Tabla 2

Resistencia lateral de diseño de referencia Z, de una unión de miembros de madera con un elemento de fijación de tipo clavija, construida a carga lateral - Edición 2.1.1 del Reglamento CIRSOC 601.

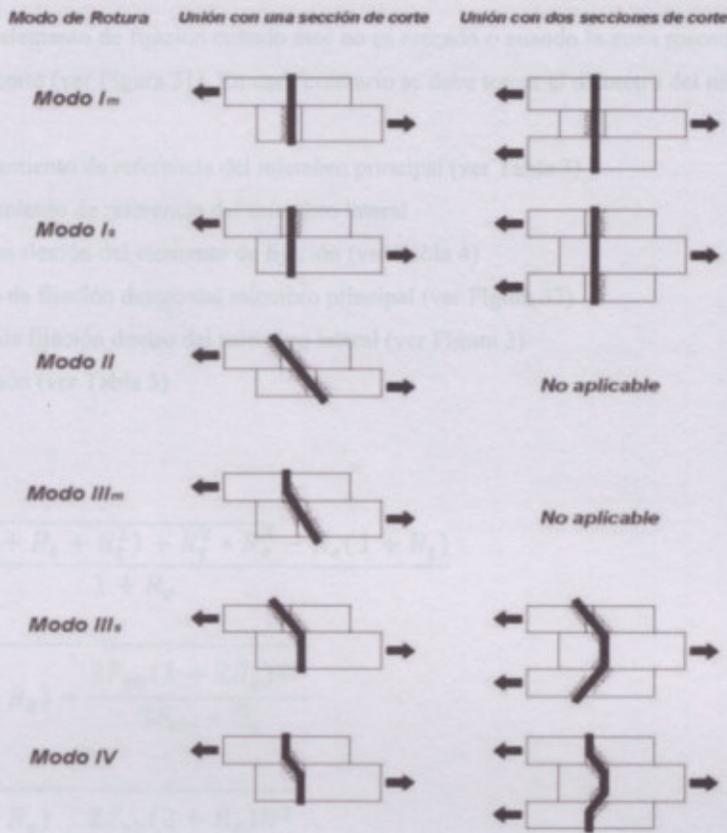


FIGURA 31

Modos de rotura de un elemento de fijación de tipo clavija sometido a carga lateral – Figura 8.2.1.1-1 del Reglamento CIRSOC 601.

Modo de rotura	Una sección de corte	Dos secciones de corte
I <sub>m</sub>	$Z = \frac{Dl_m F_{em}}{R_d}$	$Z = \frac{Dl_m F_{em}}{R_d}$
I <sub>s</sub>	$Z = \frac{Dl_s F_{es}}{R_d}$	$Z = \frac{2Dl_s F_{es}}{R_d}$
II	$Z = \frac{k_1 D l_s F_{es}}{R_d}$	
III <sub>m</sub>	$Z = \frac{k_2 D l_m F_{em}}{(1 + 2R_e) R_d}$	
III <sub>s</sub>	$Z = \frac{k_3 D l_s F_{es}}{(2 + R_e) R_d}$	$Z = \frac{2k_3 D l_s F_{es}}{(2 + R_e) R_d}$
IV	$Z = \frac{D^2}{R_d} \sqrt{\frac{2F_{em} F_{yb}}{3(1 + R_e)}}$	$Z = \frac{2D^2}{R_d} \sqrt{\frac{2F_{em} F_{yb}}{3(1 + R_e)}}$

TABLA 3

Ecuaciones correspondientes a los modos de rotura en uniones de miembros de madera con un elemento de fijación de tipo clavija sometido a carga lateral - Tabla 8.2.1.1-1 del Reglamento CIRSOC 601.



donde:

D: diámetro nominal del elemento de fijación cuando éste no es roscado o cuando la zona roscada está suficientemente lejos de las secciones de corte (ver Figura 31). En caso contrario se debe tomar el diámetro del núcleo del elemento,  $D_r$ , en lugar de D.

Fem: resistencia al aplastamiento de referencia del miembro principal (ver Tabla 3)

Fes: resistencia al aplastamiento de referencia del miembro lateral

Fyb: tensión de fluencia en flexión del elemento de fijación (ver Tabla 4)

lm: longitud del elemento de fijación dentro del miembro principal (ver Figura 32)

ls: longitud del elemento de fijación dentro del miembro lateral (ver Figura 3)

Rd: coeficiente de reducción (ver Tabla 5)

Re: Fem / Fes

Rt: lm / ls

$$k_1 = \frac{\sqrt{R_e + 2R_e^2(1 + R_t + R_t^2) + R_t^2 * R_e^3} - R_e(1 + R_t)}{1 + R_e}$$

$$K_2 = -1 + \sqrt{2(1 + R_e) + \frac{2F_{yb}(1 + 2R_e)D^2}{3F_{em} * l_m^2}}$$

$$K_3 = -1 + \sqrt{\frac{2(1 + R_e)}{R_e} + \frac{2F_{yb}(2 + R_e)D^2}{3F_{em} * l_s^2}}$$

El valor de gravedad específica anhidra, G, de la madera de álamo clasificada por resistencia conforme a los métodos que se indican en el Suplemento 1 y sus apéndices del Reglamento Cirsoc 601 es igual a 0,37.

TABLAS  
Resistencia al aplastamiento de referencia - Tabla 3.4.1.1 del Reglamento CIRSOC 601

El Reglamento CIRSOC 601 establece que, para diámetros de clavija menor a 6,35 mm, la resistencia al aplastamiento es independiente de la dirección de las fibras y del diámetro. La resistencia al aplastamiento de referencia del miembro principal (Fem) dependiendo de la gravedad específica anhidra es igual a 18,4 N/mm<sup>2</sup> y la resistencia del miembro de aplastamiento del miembro lateral (Fes) es 30 N/mm<sup>2</sup>, por lo tanto, tenemos  $R_e = F_{em} / F_{es} = 0,61$ .

La tensión de fluencia para el tipo de clavija adoptado es, según la tabla 4, de 690 N/mm<sup>2</sup>.



G	F <sub>e</sub> D<6,35	F <sub>es</sub> D≥6,35	F <sub>eL</sub>								
			D=6,35	D=7,94	D=9,53	D=11,11	D=12,70	D=15,88	D=19,05	D=22,23	D=25,40
0,73	64,1	56,4	53,3	47,7	43,5	40,3	37,7	33,7	30,8	28,5	26,7
0,72	62,5	55,6	52,2	46,7	42,7	39,5	36,9	33,0	30,2	27,9	26,1
0,71	60,9	54,8	51,2	45,8	41,8	38,7	36,2	32,4	29,6	27,4	25,6
0,70	59,3	54,0	50,2	44,9	40,9	37,9	35,5	31,7	29,0	26,8	25,1
0,69	57,8	53,3	49,1	43,9	40,1	37,1	34,7	31,1	28,4	26,3	24,6
0,68	56,3	52,5	48,1	43,0	39,3	36,4	34,0	30,4	27,8	25,7	24,0
0,67	54,8	51,7	47,1	42,1	38,4	35,6	33,3	29,8	27,2	25,2	23,5
0,66	53,3	51,0	46,1	41,2	37,6	34,8	32,6	29,1	26,6	24,6	23,0
0,65	51,8	50,2	45,0	40,3	36,8	34,1	31,9	28,5	26,0	24,1	22,5
0,64	50,3	49,4	44,0	39,4	36,0	33,3	31,1	27,9	25,4	23,5	22,0
0,63	48,9	48,6	43,1	38,5	35,1	32,5	30,4	27,2	24,9	23,0	21,5
0,62	47,5	47,9	42,1	37,6	34,3	31,8	29,7	26,6	24,3	22,5	21,0
0,61	46,1	47,1	41,1	36,7	33,5	31,1	29,1	26,0	23,7	22,0	20,5
0,60	44,7	46,3	40,1	35,9	32,7	30,3	28,4	25,4	23,2	21,4	20,1
0,59	43,3	45,5	39,1	35,0	32,0	29,6	27,7	24,8	22,6	20,9	19,6
0,58	42,0	44,8	38,2	34,2	31,2	28,9	27,0	24,1	22,0	20,4	19,1
0,57	40,7	44,0	37,2	33,3	30,4	28,2	26,3	23,5	21,5	19,9	18,6
0,56	39,4	43,2	36,3	32,5	29,6	27,4	25,7	23,0	21,0	19,4	18,1
0,55	38,1	42,5	35,4	31,6	28,9	26,7	25,0	22,4	20,4	18,9	17,7
0,54	36,8	41,7	34,4	30,8	28,1	26,0	24,3	21,8	19,9	18,4	17,2
0,53	35,6	40,9	33,5	30,0	27,4	25,3	23,7	21,2	19,3	17,9	16,8
0,52	34,3	40,1	32,6	29,1	26,6	24,6	23,0	20,6	18,8	17,4	16,3
0,51	33,1	39,4	31,7	28,3	25,9	24,0	22,4	20,0	18,3	16,9	15,8
0,50	32,0	38,6	30,8	27,5	25,1	23,3	21,8	19,5	17,8	16,5	15,4
0,49	30,8	37,8	29,9	26,7	24,4	22,6	21,1	18,9	17,3	16,0	15,0
0,48	29,6	37,1	29,0	26,0	23,7	21,9	20,5	18,4	16,8	15,5	14,5
0,47	28,5	36,3	28,2	25,2	23,0	21,3	19,9	17,8	16,3	15,0	14,1
0,46	27,4	35,5	27,3	24,4	22,3	20,6	19,3	17,3	15,8	14,6	13,6
0,45	26,3	34,7	26,4	23,6	21,6	20,0	18,7	16,7	15,3	14,1	13,2
0,44	25,3	34,0	25,6	22,9	20,9	19,3	18,1	16,2	14,8	13,7	12,8
0,43	24,2	33,2	24,7	22,1	20,2	18,7	17,5	15,6	14,3	13,2	12,4
0,42	23,2	32,4	23,9	21,4	19,5	18,1	16,9	15,1	13,8	12,8	12,0
0,41	22,2	31,7	23,1	20,7	18,9	17,5	16,3	14,6	13,3	12,3	11,5
0,40	21,2	30,9	22,3	19,9	18,2	16,8	15,8	14,1	12,9	11,9	11,1
0,39	20,2	30,1	21,5	19,2	17,5	16,2	15,2	13,6	12,4	11,5	10,7
0,38	19,3	29,3	20,7	18,5	16,9	15,6	14,6	13,1	11,9	11,1	10,3
0,37	18,4	28,6	19,9	17,8	16,2	15,0	14,1	12,6	11,5	10,6	9,9
0,36	17,5	27,8	19,1	17,1	15,6	14,5	13,5	12,1	11,0	10,2	9,6
0,35	16,6	27,0	18,4	16,4	15,0	13,9	13,0	11,6	10,6	9,8	9,2
0,34	15,7	26,2	17,6	15,7	14,4	13,3	12,4	11,1	10,2	9,4	8,8
0,33	14,9	25,5	16,9	15,1	13,8	12,7	11,9	10,7	9,7	9,0	8,4
0,32	14,1	24,7	16,1	14,4	13,2	12,2	11,4	10,2	9,3	8,6	8,1
0,31	13,3	23,9	15,4	13,8	12,6	11,6	10,9	9,7	8,9	8,2	7,7

Resistencia al aplastamiento de referencia - Tabla S.4.1.1-1 del Reglamento CIRSOC 601.

El Reglamento CIRSOC 601 establece que, para diámetros de clavija menor a 6,35 mm, la resistencia al aplastamiento es independiente de la dirección de las fibras y del diámetro. La resistencia de aplastamiento de referencia del miembro principal (fem) dependiendo de la gravedad específica anhidra es igual a 18,4 N/mm<sup>2</sup> y la resistencia del miembro de aplastamiento del miembro lateral (fes) es 30 N/mm<sup>2</sup>, por lo tanto, tenemos  $R_c = F_{em}/F_{es} = 0,61$

La tension de fluencia para el tipo de clavija adoptado es, según la tabla 4, de 690 N/mm<sup>2</sup>



Tipo y características del elemento	$F_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Bulones y tirafondos con $D \geq 9,5$ mm,	310
Clavos, tornillos y tirafondos con:	
$2,5 \text{ mm} \leq D \leq 3,6 \text{ mm}$	690
$3,6 \text{ mm} < D \leq 4,5 \text{ mm}$	620
$4,5 \text{ mm} < D \leq 6,0 \text{ mm}$	550
$6,0 \text{ mm} < D \leq 6,9 \text{ mm}$	480
$6,9 \text{ mm} < D \leq 8,7 \text{ mm}$	410
$8,7 \text{ mm} < D \leq 9,5 \text{ mm}$	310

TABLA 5

Tensión de fluencia en flexión para elementos de fijación tipo clavija - Tabla 8.2.1.1-3 del Reglamento CIRSOC 601.

El coeficiente de reducción para un diámetro menor a 4,3 mm es igual a 2,2

$$R_d = K_d = 2,2.$$

	Modo de rotura	$R_d$
$6,35 \text{ mm} \leq D \leq 25,4 \text{ mm}$	$I_m, I_s$	$4 K_\theta$
	II	$3,6 K_\theta$
$D < 6,35 \text{ mm}$	$III_m, III_s, IV$	$3,2 K_\theta$
	$I_m, I_s, II, III_m, III_s, IV$	$K_D^{(1)}$

TABLA 6

Coefficiente de reducción - Tabla 8.2.1.1-2 del Reglamento CIRSOC 601.

donde:

$\theta$ : máximo ángulo entre la dirección de la fuerza y la de las fibras en la unión ( $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ )

$$K_\theta: 1 + 0,25(\theta / 90)$$

D: diámetro del elemento de fijación (mm)

KD: para  $D \leq 4,3$  mm es  $KD = 2,2$ ; para  $4,3 \text{ mm} < D < 6,35$  mm es  $KD = 0,38 D + 0,56$

(1): En elementos de fijación roscados con  $D \geq 6,35$  mm y  $D_r < 6,35$  mm,  $R_d = KD K_\theta$

La longitud de los clavos seleccionados es igual a 50mm entonces se tiene  $l_s = 18$ mm y  $l_m = 32$ mm, por lo tanto,  $R_t = l_m / l_s = 1,77$ .

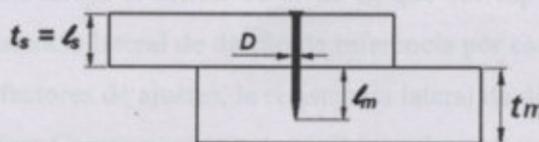


FIGURA 32

Unión con una sección de corte - Figura 8.2.1.1-2 del Reglamento CIRSOC 601.



Se debe verificar que  $z \leq Z'$  para todas las uniones.

Donde:

$$k_1 = \frac{\sqrt{R_e + 2 * R_e^2 * (1 + R_t + R_t^2) + R_t^2 * R_e^3} - R_e * (1 + R_t)}{1 + R_e} = 0,44$$

$$K_2 = -1 + \sqrt{2 * (1 + R_e) + \frac{2 * F_{yb} * (1 + 2R_e) * D^2}{3 * F_{em} * l_m^2}} = 0,88$$

$$K_3 = -1 + \sqrt{\frac{2 * (1 + R_e)}{R_e} + \frac{2 * F_{yb} * (2 + R_e) * D^2}{3 * F_{em} * l_s^2}} = 1,55$$

$$Z = \frac{D * l_m * F_{em}}{R_d} = 669,09 \text{ N}$$

$$Z = \frac{D * l_s * F_{es}}{R_d} = 613,64 \text{ N}$$

$$Z = \frac{K_1 * D * l_s * F_{es}}{R_d} = 270 \text{ N}$$

$$Z = \frac{K_2 * D * l_m * F_{em}}{(1 + 2 * R_e) * R_d} = 266,88 \text{ N}$$

$$Z = \frac{K_3 * D * l_s * F_{es}}{(2 + R_e) * R_d} = 223,58 \text{ N}$$

$$Z = \frac{D^2}{R_d} \sqrt{\frac{2 * F_{em} * F_{yb}}{3 * (1 + R_e)}} = 205,92 \text{ N}$$

La última expresión arroja el menor valor de Z, que corresponde al modo de rotura IV y, consecuentemente, la resistencia lateral de diseño de referencia por cada clavo alcanza 205,92 N.

Considerando los factores de ajustes, la resistencia lateral de diseño ajusta queda:

CD = 1, en caso de combinar Cargas permanentes (qD) y sobrecargas (qL) la carga de menor duración es L.

CM = Ct = 1, la viga se encuentra en clima interior.



$C_{tn} = 1$ , el clavado no es oblicuo.

$C_g = 1$ ,  $D < 6,35$  mm.

Siendo iguales a 1 todos los factores de ajuste, la resistencia lateral de diseño ajustada,  $Z'$ , resulta igual a la resistencia lateral de diseño de referencia,  $Z$ . Como el valor de  $Z$  provisto es 205,92N corresponde a cada clavo, la resistencia lateral de diseño ajustada de la unión múltiple debe considerar la cantidad de clavos que la componen.

Por lo tanto, tenemos el tipo de uniones en la cercha mayor y la cercha menor.

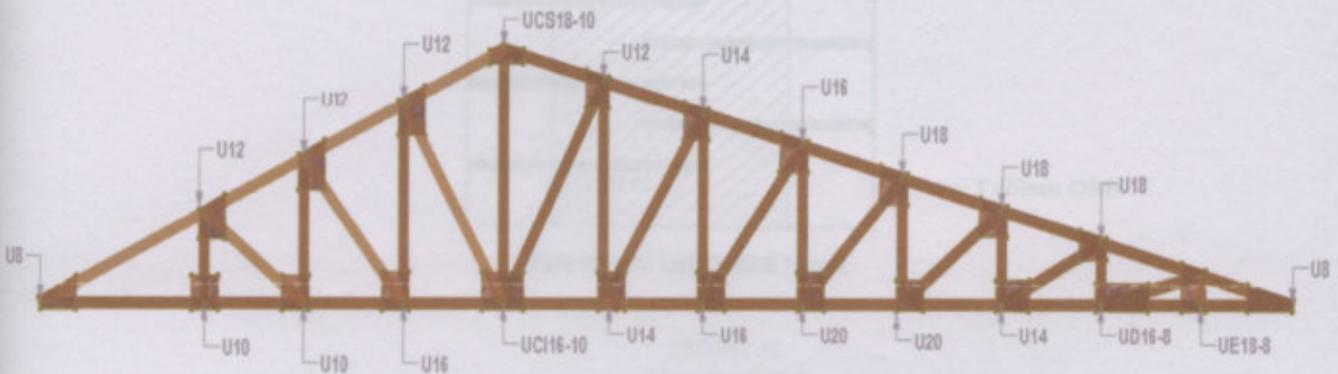


FIGURA 33  
Cercha mayor uniones

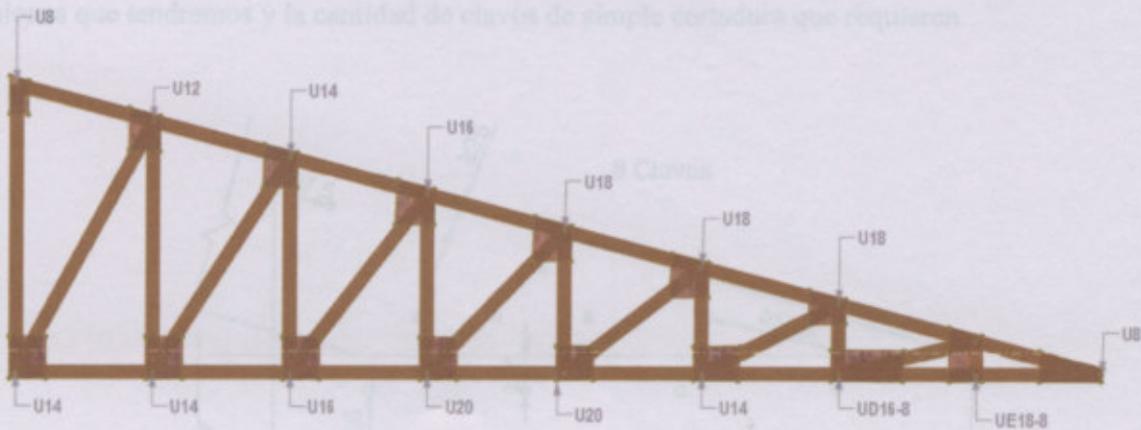


FIGURA 34  
Cercha menor uniones

**Detalles de uniones.**

En el siguiente corte de uniones se puede observar que los clavos penetran dos piezas, la cantidad de clavos indicada en los detalles debe colocarse la mitad desde cada lado.



La distribución de clavos (cantidad de filas y columnas) debe adaptarse a las dimensiones de las piezas que ocurren en la unión, respetando las distancias mínimas entre clavos y hasta extremos o bordes indicados en cada caso.

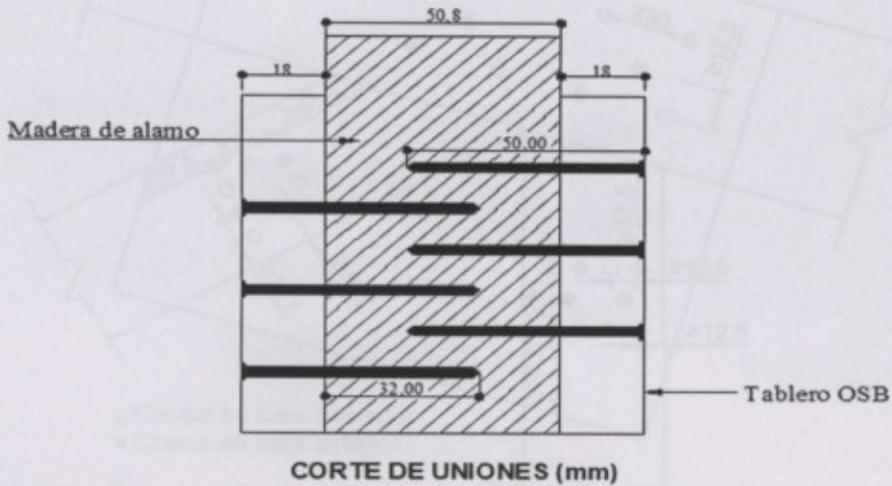


FIGURA 35  
Corte de uniones

En función de la fuerza de transferencia determinada por cada clavo se detallan los tipos de uniones que tendremos y la cantidad de clavos de simple cortadura que requieren.

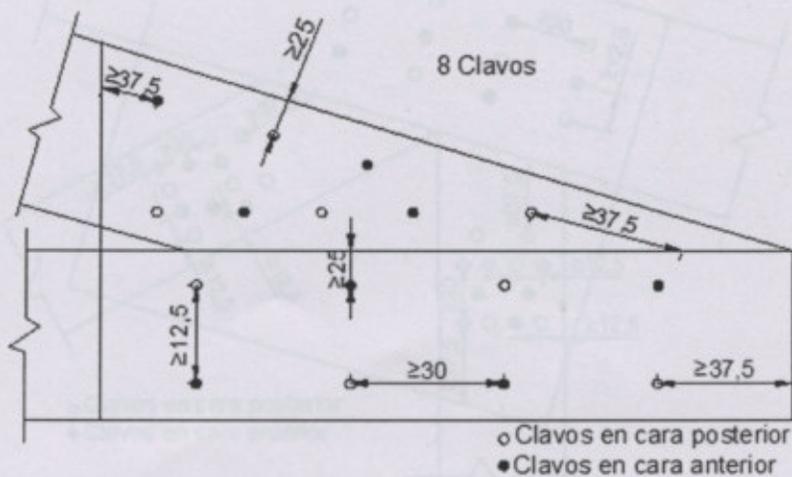


FIGURA 36  
Unión 8 de la cercha mayor y cercha menor

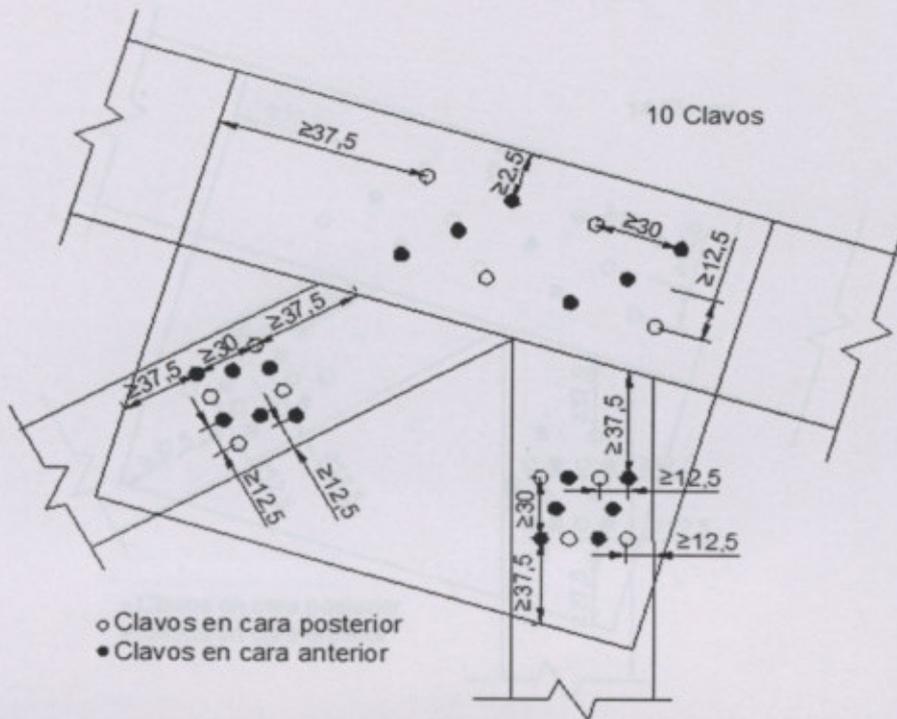


FIGURA 37  
Unión 10 de la cercha mayor

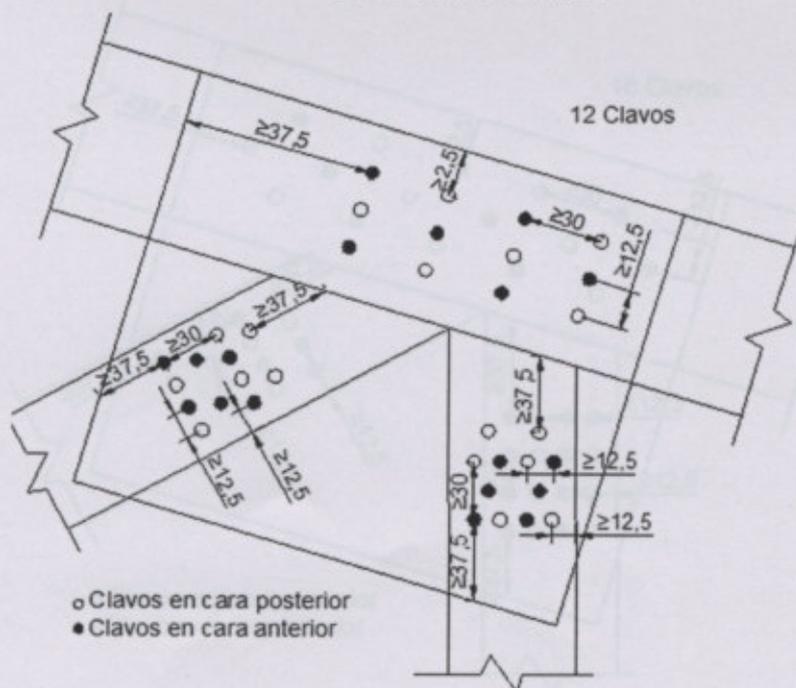


FIGURA 38  
Unión 12 de la cercha mayor y cercha menor

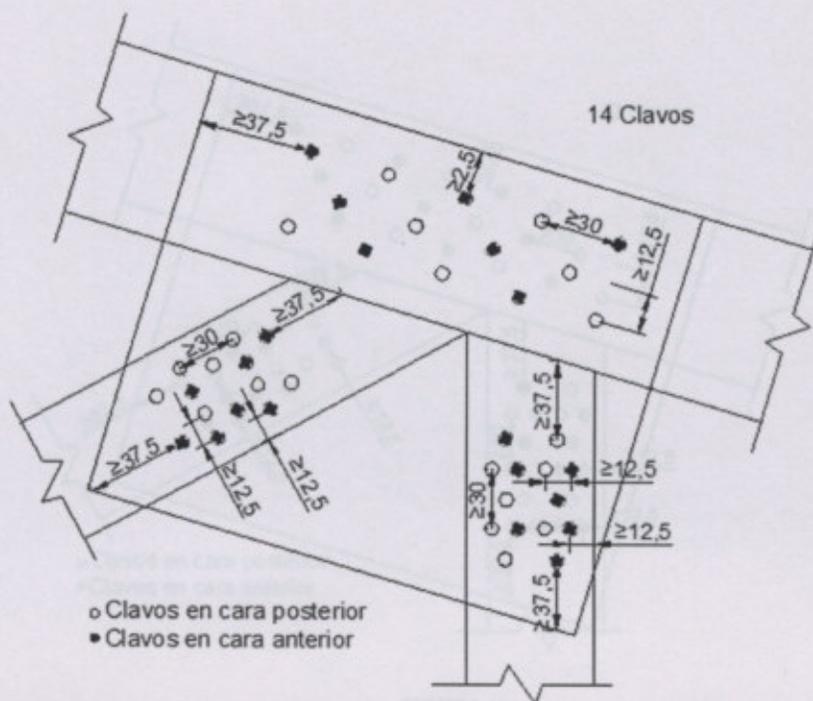


FIGURA 39  
Unión 14 de la cercha mayor y cercha menor

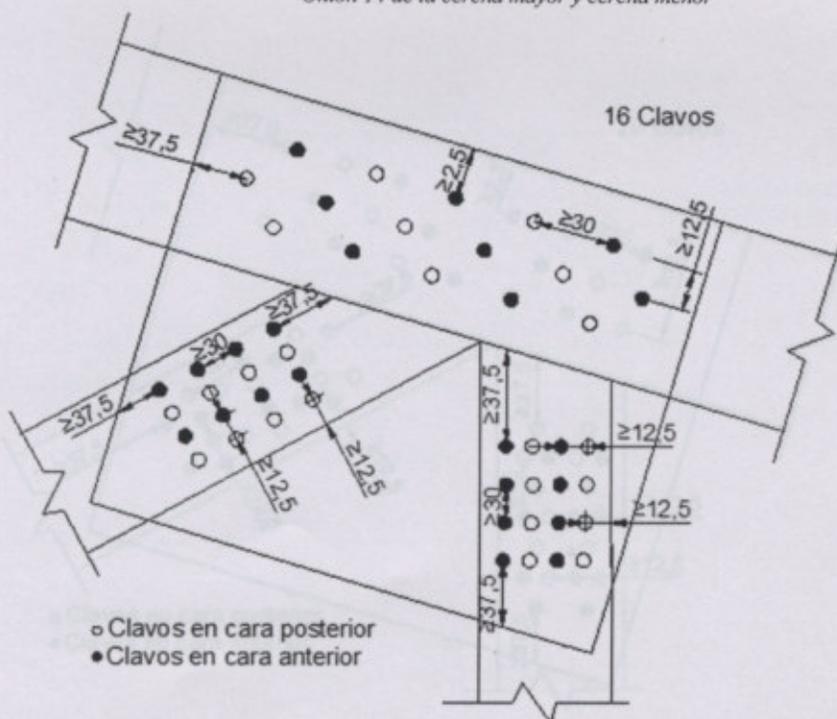


FIGURA 40  
Unión 16 de la cercha mayor y cercha menor

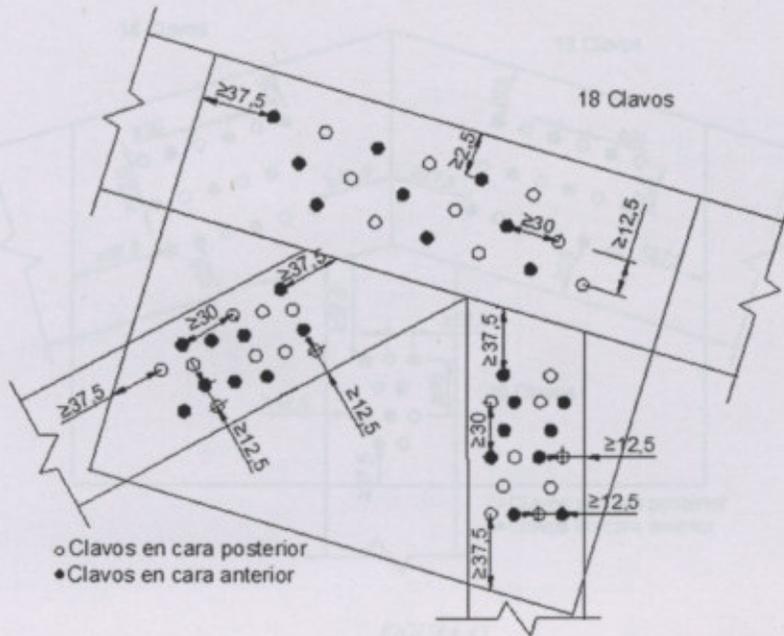


FIGURA 41  
Unión 18 de la cercha mayor y cercha menor

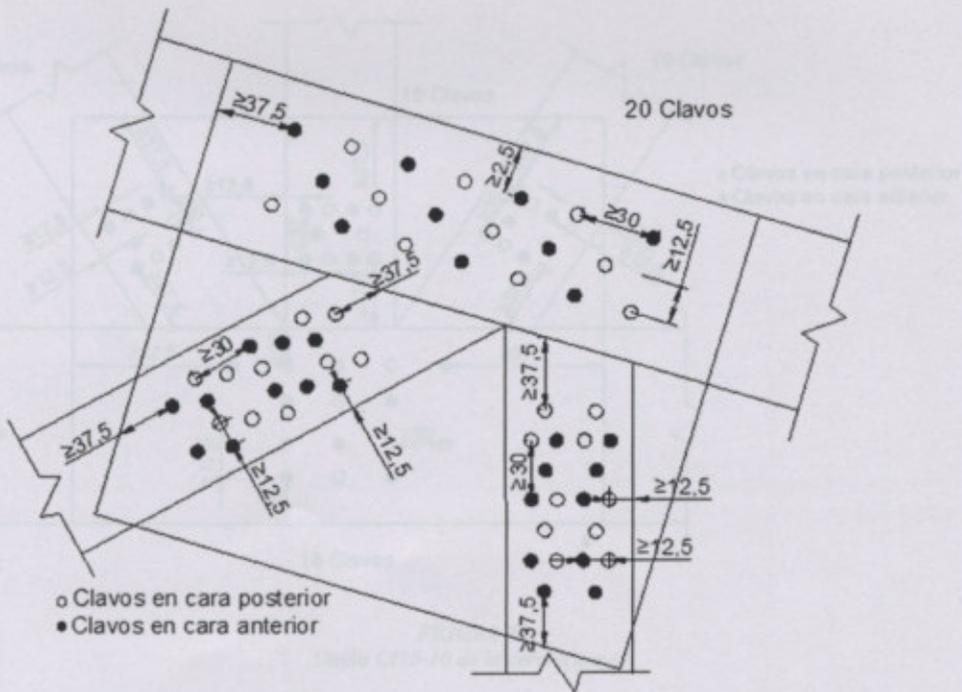


FIGURA 42  
Unión 20 de la cercha mayor y cercha menor

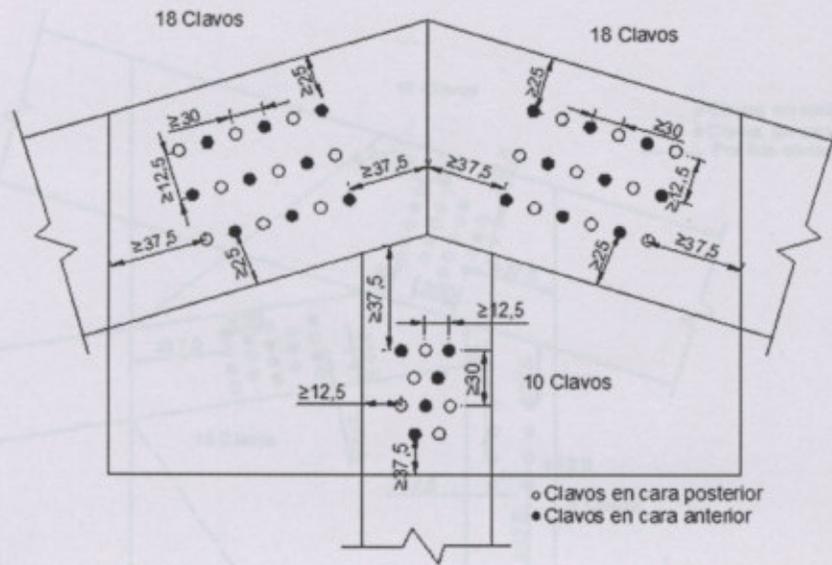


FIGURA 43  
Unión CS18-10 de la cercha mayor

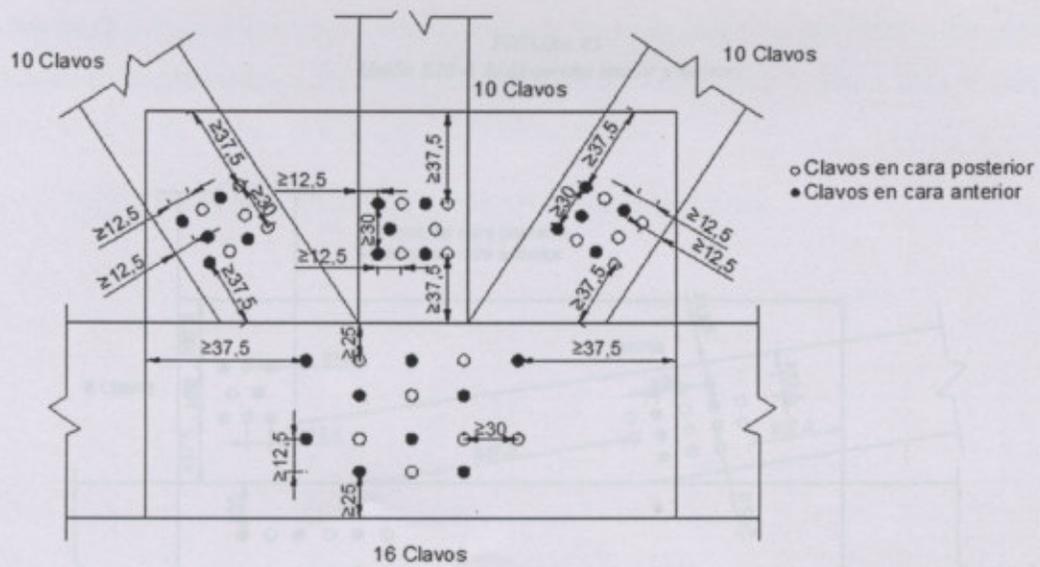


FIGURA 44  
Unión CI16-10 de la cercha mayor

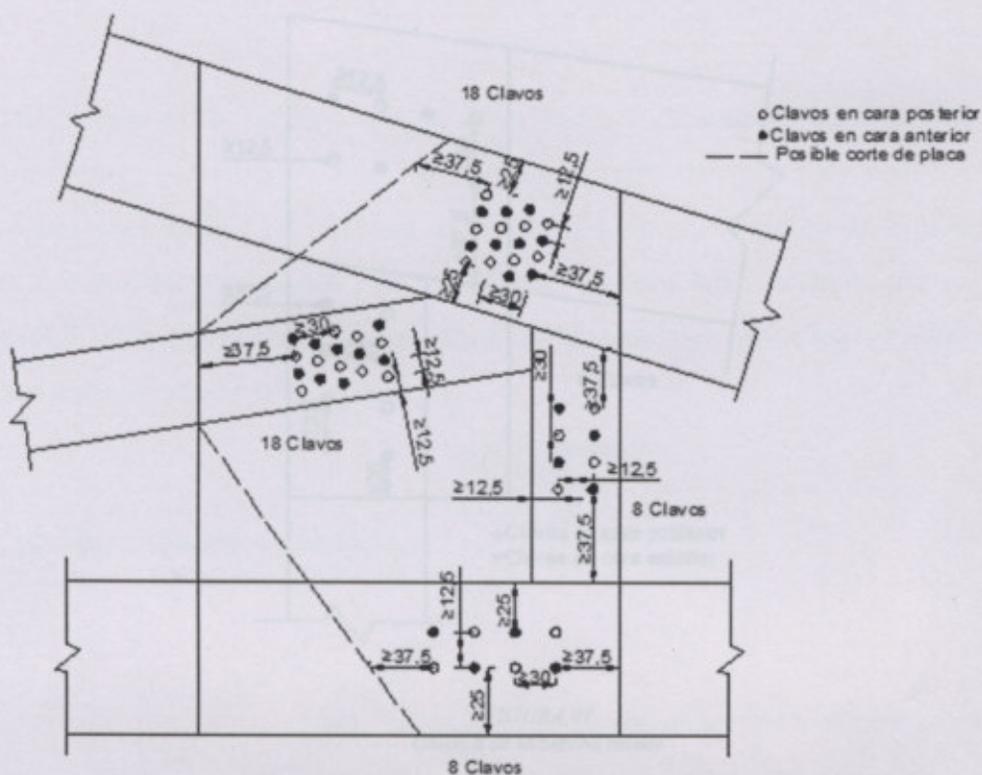


FIGURA 45  
Unión E18-8 de la cercha mayor y menor

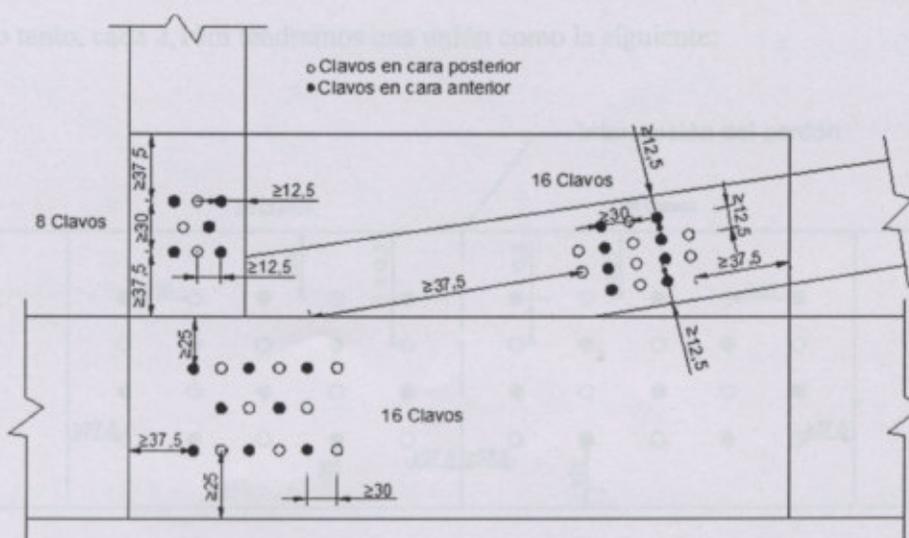


FIGURA 46  
Unión D16-8 de la cercha mayor



Diáframas

Los diáframas de la estructura forman parte del sistema estructural que absorbe y transmite las fuerzas horizontales debidas a la acción del viento. Los diáframas reciben las fuerzas horizontales del extremo superior de la pared expuesta al viento según la dirección de la acción del viento. A través de estos últimos, las fuerzas horizontales son finalmente transmitidas a la estructura de la cubierta.

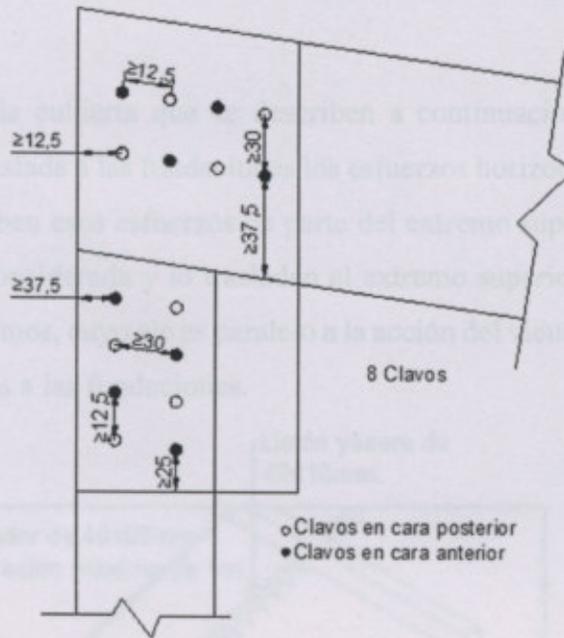


FIGURA 47  
Unión 8 de la cercha menor

Además de las uniones mencionadas tendremos las uniones de los cordones superiores y del cordón interior ya que la longitud de álamo comercializada es de 2,10m de largo, para el cálculo se tomó el mayor valor que arroja, en este caso el cordón inferior.

Por lo tanto, cada 2,10m tendremos una unión como la siguiente:

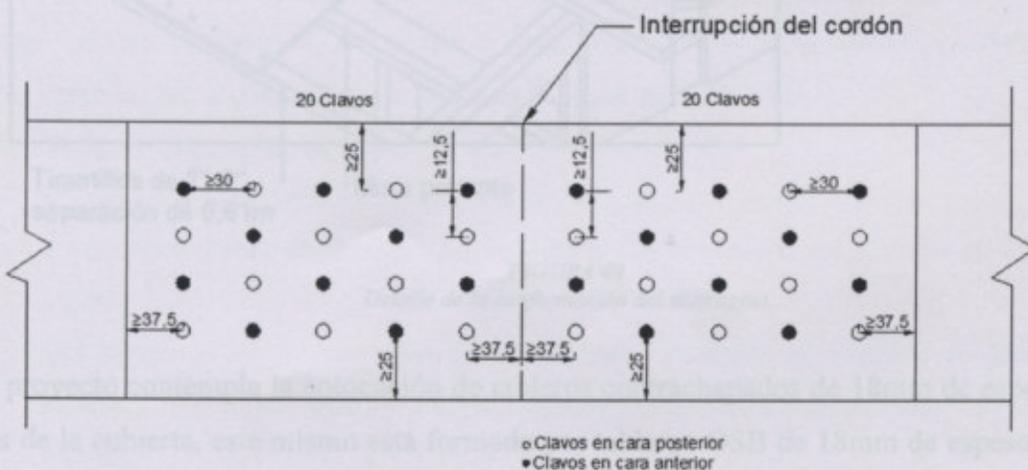


FIGURA 48  
Unión E20-20 de la cercha mayor



**Diafragmas.**

Los diafragmas de la cubierta que se describen a continuación forman parte del sistema estructural que absorbe y traslada a las fundaciones los esfuerzos horizontales debidos a la acción del viento. Los diafragmas reciben esos esfuerzos de parte del extremo superior de la pared expuesta al viento según la dirección considerada y lo trasladan al extremo superior de los muros destinados a ese fin. A través de estos últimos, cuyo eje es paralelo a la acción del viento, los esfuerzos horizontales son finalmente transportados a las fundaciones.

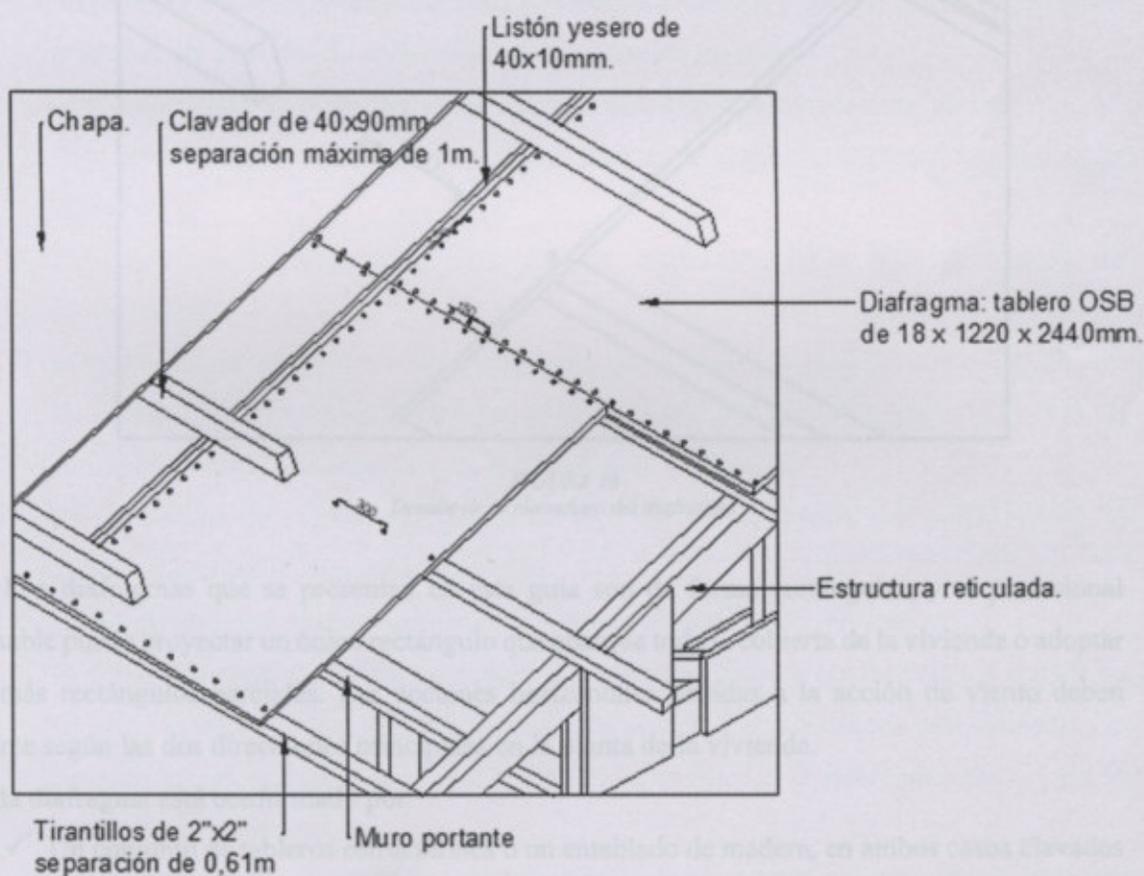


FIGURA 49  
Detalle de la conformación del diafragma

El proyecto contempla la colocación de tableros contrachapados de 18mm de espesor en los dos planos de la cubierta, este mismo está formado por tableros OSB de 18mm de espesor, 1220 de ancho y 2440 de largo el cual deberá ser clavado en su perímetro cada 150mm con clavos espiralados de Ø2,5mm x 50mm colocado neumáticamente. También tendrá una clavadura intermedia con una separación de 300mm.

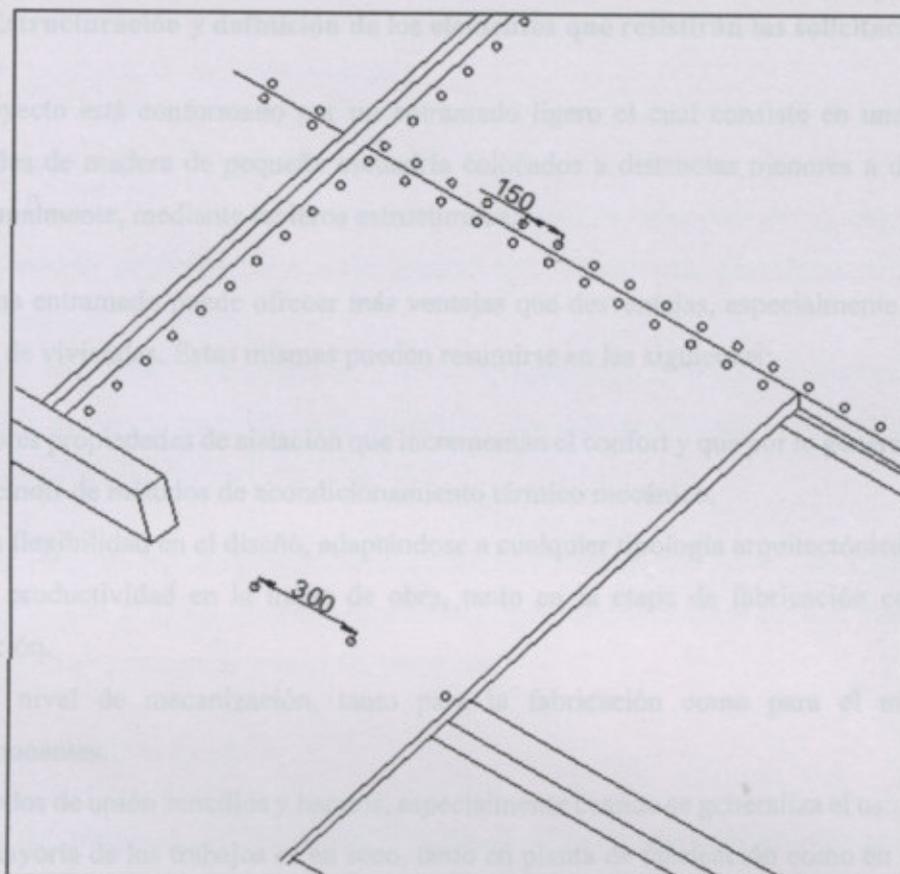


FIGURA 50  
Detalle de la clavadura del diafragma

Los diafragmas que se presentan en esta guía son de forma rectangular, y el profesional responsable puede proyectar un único rectángulo que abarque toda la cubierta de la vivienda o adoptar uno o más rectángulos parciales. Las acciones horizontales debidas a la acción de viento deben analizarse según las dos direcciones principales en la planta de la vivienda.

Cada diafragma está conformado por:

- ✓ Un conjunto de tableros estructurales o un entablado de madera, en ambos casos clavados a los componentes de la estructura de soporte de la cubierta (estructuras reticuladas o vigas).
- ✓ Las piezas de borde (cordones del diafragma) vinculadas al conjunto de tableros (o entablado) en su perímetro y a su vez conectadas directa o indirectamente a los muros portantes.



### 3.2.3. Estructuración y definición de los elementos que resistirán las solicitaciones.

Este proyecto está conformado por un entramado ligero el cual consiste en una trama de elementos lineales de madera de pequeña escuadría colocados a distancias menores a un metro y arriostrados normalmente, mediante tableros estructurales.

El sistema entramado puede ofrecer más ventajas que desventajas, especialmente si se trata de construcción de viviendas. Estas mismas pueden resumirse en las siguientes:

- ✓ Mejores propiedades de aislación que incrementan el confort y que por lo general permiten prescindir de métodos de acondicionamiento térmico mecánico.
- ✓ Gran flexibilidad en el diseño, adaptándose a cualquier tipología arquitectónica.
- ✓ Alta productividad en la mano de obra, tanto en la etapa de fabricación como en la erección.
- ✓ Bajo nivel de mecanización, tanto para la fabricación como para el montaje de componentes.
- ✓ Métodos de unión sencillos y baratos, especialmente cuando se generaliza el uso de clavos.
- ✓ La mayoría de los trabajos es en seco, tanto en planta de fabricación como en la obra, lo cual independiza la construcción de las estaciones climáticas.
- ✓ Es un sistema que ofrece grandes facilidades de prefabricación, con posibilidades de aplicar diferentes niveles de complejidad.
- ✓ Buena durabilidad, si se tiene en cuenta aspectos de protección por diseño.
- ✓ El tiempo de construcción es muy rápido. La estructura puede ser fabricada y erigida en un lapso máximo de una semana, lo cual hace posible que la vivienda esté lista para ser ocupada en no más de 8 semanas, a diferencia de los 6 o 9 meses necesarios para la construcción tradicional.
- ✓ La posibilidad de ocupación más temprana hace posible reducir los gastos de administración y financiación, recuperar la inversión inicial más rápidamente y pagar en total menos intereses.
- ✓ Salvo algunas operaciones específicas, la práctica ha demostrado que se requiere mano de obra sin mayor calificación durante la secuencia de fabricación y montaje, lo que lo convierte en un sistema apropiado para regiones con exceso de mano de obra no calificada.



Existen, sin embargo, algunas desventajas en el uso de este sistema estructura:

- ✓ Dadas las características del sistema, se requiere gran cantidad de buenos detalles constructivos para asegurar un adecuado comportamiento en la construcción.
- ✓ Considerando que el sistema entramado consiste en la interconexión de muchas piezas relativamente pequeñas, se pueden esperar que existan más problemas por variación dimensional de los componentes.
- ✓ Sin una fabricación estandarizada, y sin la aplicación de coordinación modular, es más probable un mayor desperdicio de materiales que con otros sistemas, debido a la mayor cantidad de piezas que hay que organizar.

Se decide realizar, para este proyecto, la estructura resistente con madera de álamo clase de resistencia 1, por lo cual se seleccionarán componentes estructurales construidos con esta especie y calidad, salvo que no resulten aptos para el fin propuesto.

#### **3.2.4. Función de cada muro**

A partir del proyecto arquitectónico dibujamos el perímetro exterior identificando las funciones de los muros.

Esta vivienda cuenta con un muro medianero, que por reglamento deberá ser ejecutado de mampostería de ladrillo portante. Los demás tabiques perimetrales son estructurales, y están encargados de soportar cargas verticales, provenientes de techos, y cargas horizontales como vientos, sismos o producidos por el uso.

Los muros internos no son estructurales, solo soportan su peso propio y los esfuerzos laterales provenientes de sus funciones específicas.

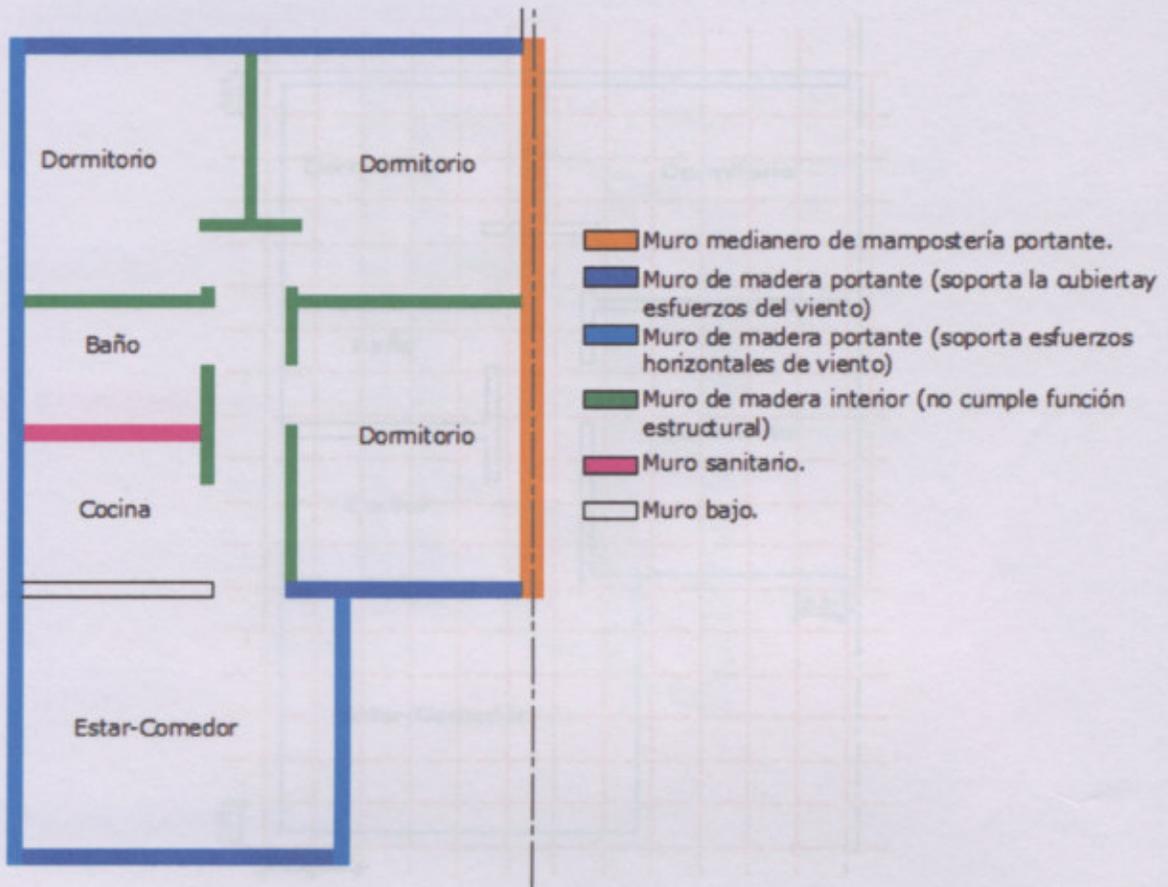


FIGURA 51  
Detalle de muros

Estos muros están constituidos por un entramado vertical conformado por montantes moduladas, en este caso se adoptó una modulación de 0,61 m la cual serán unidas en su extremo por piezas horizontales o inclinadas, de este modo se podrá obtener una colocación ordenada de los montantes. A este entramado lo denominamos módulo.

Un tabique está constituido por un conjunto de elementos en que cada componente cumple una función precisa, ya sea como transmisión de carga y/o soporte del revestimiento interior o exterior.

Si bien estructuralmente los diafragmas verticales poseen los componentes mencionados a continuación, estos poseen asignación de nombres según la posición en que se encuentre dentro de la estructuración del entramado.

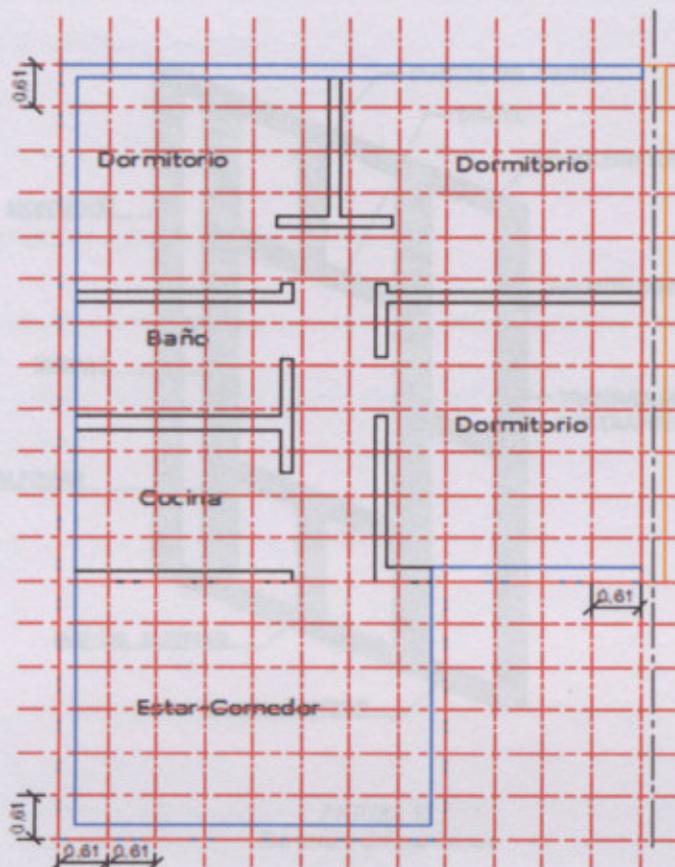


FIGURA 52  
Modulación del entramado

El método más usado para el arriostramiento de edificios de madera es mediante el empleo de muros o diafragmas verticales que tomen el esfuerzo de corte originados en los diafragmas horizontes, transmitiéndolo a las fundaciones, debido a esto se los denomina también como muro de corte.

Por lo tanto, el diafragma se puede describir como un elemento estructural delgado, normalmente rectangular, capaz de soportar solicitaciones de corte y por rigidez limitar las deformaciones de la estructura.

Si bien estructuralmente los diafragmas verticales poseen los componentes mencionados a continuación, estos poseen asignación de nombres según la posición en que se encuentre dentro de la estructuración del entramado:

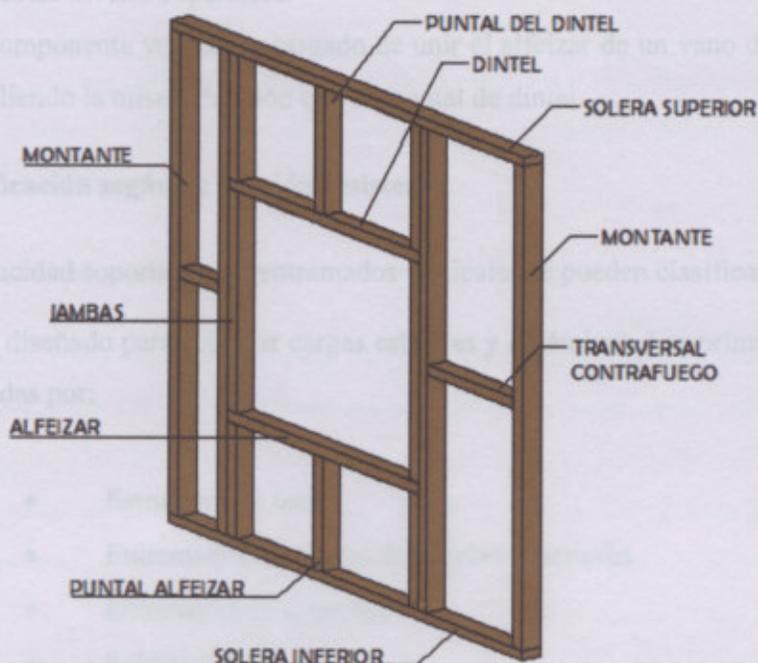


FIGURA 53  
Estructura del entramado

**Solera inferior:** encargado de distribuir las cargas verticales hacia la plataforma de entrepiso o fundación, en contacto con hormigón debe garantizar resistencia y durabilidad.

**Montante:** su principal función es transmitir axialmente las cargas provenientes de la parte superior de la estructura.

**Solera superior:** transmite y distribuye a los componentes verticales las cargas provenientes de niveles superiores.

**Transversal contrafuego:** estructuralmente evita el pandeo del montante en el plano del tabique, además de bloquear el ascenso de gases retardando la combustión en un incendio y permite la fijación del revestimiento.

**Dintel:** corresponde al conjunto de una o más piezas horizontales que soluciona la luz en un vano de puertas o ventanas, su estructuración dependerá de la luz y de la carga superior que recibe.

**Alfeizar:** pieza horizontal soportante en elementos de ventana.

**Jambas:** su función principal es apoyar la estructuración del dintel, además de mejorar la resistencia al fuego del vano como conjunto. Cuando la luz de un vano exceda los 2m., la jamba de apoyo deberá ser doble en cada costado del vano.



*Puntal del dintel:* piezas verticales de longitud menor al dintel de luz no mayor a 80 cm. Y sin cargas puntuales provenientes de niveles superiores.

*Puntal de alfeizar:* componente vertical encargado de unir el alfeizar de un vano de ventana con la solera inferior, cumpliendo la misma función que un puntal de dintel.

### 3.2.5. Clasificación según su función resistente.

Según su capacidad soportante los entramados verticales se pueden clasificar en:

a) Tabique portante: diseñado para soportar cargas estáticas y dinámicas. Las primeras son aquellas producidas y soportadas por:

- Estructura de techo.
- Entramados verticales de niveles superiores.
- Entramado de entrepiso.
- Sobrecarga de uso.
- Peso propio.
- Acción de viento.
- Nieve.
- Sismos.

b) Tabique de cierre: diseñado para cumplir funciones de separación entre los recintos internos de una vivienda y que solo puede recibir cargas de magnitud reducida. Aun cuando no requiere de piezas de arriostramiento, es recomendable incorporar aquellos componentes que ayudan a la adecuada fijación de muebles colgantes de tipo mural, artefactos, cañerías y contactos de instalaciones básicas en una vivienda.

### 3.2.6. Análisis estructural de un tabique portante.

En el cálculo de estructuras de entramado ligero de madera los muros son los encargados de aportar la estabilidad lateral al conjunto. Los esfuerzos entre las piezas de madera y el tablero se transmiten a través de los conectores metálicos que trabajan a corte. Además de intentar descuadrar el entramado, las fuerzas horizontales tratarán de desplazarlo (produciendo esfuerzos rasantes entre



el durmiente inferior y la cimentación) y volcarlo (produciendo esfuerzos de tracción y de compresión en los extremos del entramado).

Las cargas verticales (peso propio del muro y de los forjados o cubiertas que descarguen sobre el mismo) ayudan a reducir el esfuerzo de levantamiento y, por tanto, se deben considerar para no sobredimensionar los angulares de tracción.

### 3.2.7. Módulos necesarios para transmitir los esfuerzos.

En la siguiente tabla de la Guía para el proyecto de estructuras de madera con bajo compromiso estructural (CIRSOC 601) se determina la cantidad de módulos de muro necesarios para trasladar a las fundaciones los esfuerzos horizontales originados por la acción del viento según las dos direcciones principales en planta de la vivienda. La mayor superficie expuesta es el lateral el cual alcanza  $29\text{m}^2$ . Ingresando a la tabla con la superficie expuesta que mejor aproxima por exceso, la velocidad básica del viento (50 m/s) y la categoría de exposición de la vivienda (Categoría B), se obtiene un total de 4 módulos de 1,22 m. Este valor implica un mínimo de 4,88 m para cada uno de los muros de frente y contrafrente (paralelos a la dirección del viento). El muro ubicado sobre el frente tiene una longitud de 1,83 y 1,22m, en el quiebre tiene 1,22m por lo que se dispone construirlo con dos tableros y dos montantes en cada extremo de cada uno, obteniendo para la longitud mayor  $3,05 \times 2 = 6,10\text{m}$  y para la longitud menor  $1,22 \times 2 = 2,44\text{m}$  ambas satisfacen el requerimiento. Para el contrafrente tengo paneles de 2,44m, 1,22m y 1,22m para lo cual se colocará un tablero totalizando 4,88m. La superficie de frente y contrafrente expuestas alcanzan una superficie de  $18,3\text{m}^2$ . Ingresando con la superficie expuesta que mejor aproxime por exceso obtenemos un total de 4 módulos de 1,22m. Este valor implica un mínimo de 4,88m de longitud de muro en los laterales. El muro ubicado sobre el lateral 2 tiene una longitud de 7,32 m realizado en mampostería de ladrillo portante y 3,05m realizados en madera, por lo que se dispone construirlo con dos tableros (y dos montantes en cada extremo) totalizando  $3,05 \times 2 = 6,1\text{m}$  y para el lateral uno tenemos tabiques de 3,66m, 1,83m, 1,22m, 1,22m los cuales cumplen lo requerido por lo cual utilizaremos un tablero totalizando 7,93 m.

Para el lateral uno necesitamos dos módulos y medio girados con dos montantes y doble tablero ripado y para el lateral uno se requiere seis módulos y medio fabricados de manera simple.

En total se requieren:

- Módulos simples: 10
- Medio módulo simple: 1
- Módulos con doble montante y doble panel: 4



Superficie expuesta <sup>(3)</sup> (m <sup>2</sup> )	Velocidad básica del viento y categoría de exposición			
	50m/s <sup>(4)</sup>		54m/s <sup>(4)</sup>	
	B <sup>(5)</sup>	C <sup>(5)</sup>	B <sup>(5)</sup>	C <sup>(5)</sup>
≤15	4	4	4	4
20	4	4	4	6
25	4	6	4	6
30	4	6	6	8
35	6	8	6	8
40	6	8	6	10
45	6	10	8	12
50	8	10	8	12

(1): la información de la tabla se refiere a módulos con 1 tablero clavado al bastidor. En el caso de colocarse módulos con 2 tableros (1 clavado a cada lado del bastidor) la cantidad necesaria se reduce a la mitad; (2): en la cantidad requerida se pueden computar, sumándolas, fracciones de módulo con una longitud igual o mayor a 0,61m; (3): ver la Figura 5.1-4 y los modelos resueltos en el Capítulo 4; (4) y (5): ver la Figura 2-1 y los capítulos 2 y 3

**TABLA 7**  
Cantidad requerida de módulos

La información de esta tabla se refiere a módulos con un tablero clavados a un lado del bastidor. En el caso de colocarse dos tableros (uno de cada lado), la cantidad necesaria se reduce a la mitad de la exhibida en la tabla pues cada módulo duplica su capacidad de absorber esfuerzos horizontales. Cuando se emplean módulos (o fracciones de módulos) con dos tableros deben colocarse 2 montantes juntos en cada extremo del mismo. De igual manera se deben colocar dos montantes juntos en los extremos de un panel continuo construido con 2 tableros y que involucre más de un módulo. La utilización de muros con dos tableros puede ser útil en aquellos casos donde la vivienda tiene una importante superficie expuesta al viento y se dispone de un espacio limitado para colocar la longitud requerida de módulos según la Tabla 2, ya que deben descartarse para este fin aquellos donde se ubican puertas, ventanas u otros dispositivos similares.

Por lo tanto, para el frente de la vivienda necesitamos: 2 módulos y medio, formado con dos montantes en sus extremos y dos tableros rigidizadores. Para el quiebre del frente vamos a necesitar dos medios módulos formados de la misma manera. En el contrafrente necesitamos 4 módulos simples.

Para el lateral dos necesitamos dos módulos y medio generada con dos montantes y doble tablero rigidizador y para el lateral uno se requiere seis módulos y medio fabricados de manera simple.

En total se requieren:

- Módulos simples: 10
- Medio módulo simple: 1
- Módulos con doble montante y doble panel: 4



- Medio módulo con doble montante y doble panel: 4

En las siguientes figuras se detallan los dos tipos de módulos, el módulo simple y el módulo que tiene doble montante y doble panel.

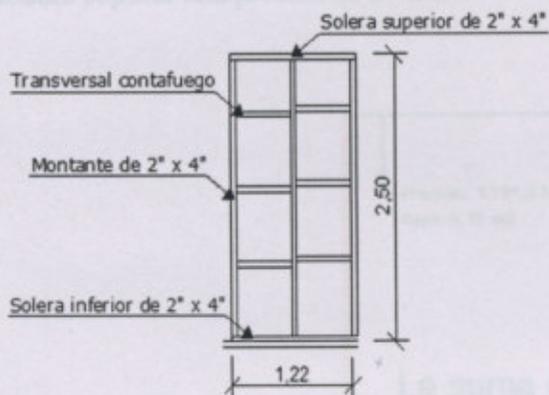


FIGURA 54  
Módulos simple

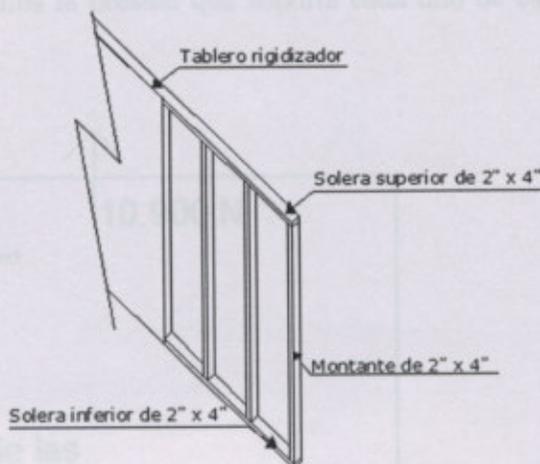


FIGURA 55  
Módulos simple

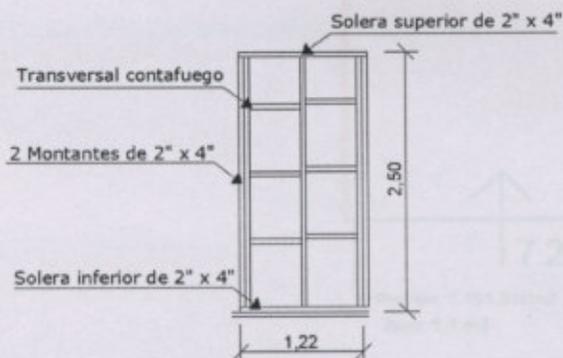


FIGURA 56  
Módulos con doble montante y doble tablero

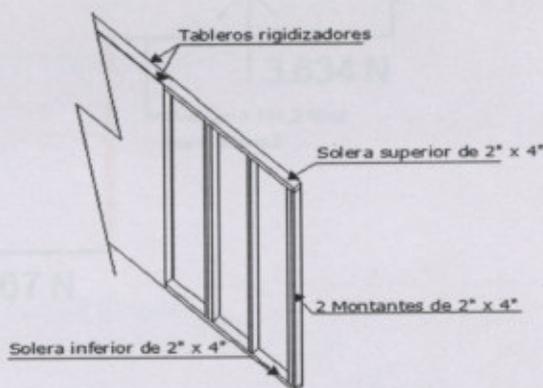


FIGURA 57  
Módulos con doble montante y doble tablero

**Fuerza horizontal que soporta cada panel simple:**

Para el cálculo de la resistencia de casa módulo debemos tomar la acción del viento en ambas direcciones una sobre el frente y otra sobre su lateral, a estas fuerzas las multiplicaremos por el área de cada pared, en dicha área tomaremos la mitad de su altura, ya que consideramos que la otra mitad el esfuerzo lo absorbe la platea.



Para el primer caso, considerando los esfuerzos sobre el frente, la suma de las fuerzas da un total de 21.801 N y si la dividimos por el total de módulos en las paredes rojas (9 módulos), que son los encargados de soportar esa fuerza, tendremos la presión que soporta cada uno de estos. Cada módulo soporta una presión de 2.422N.

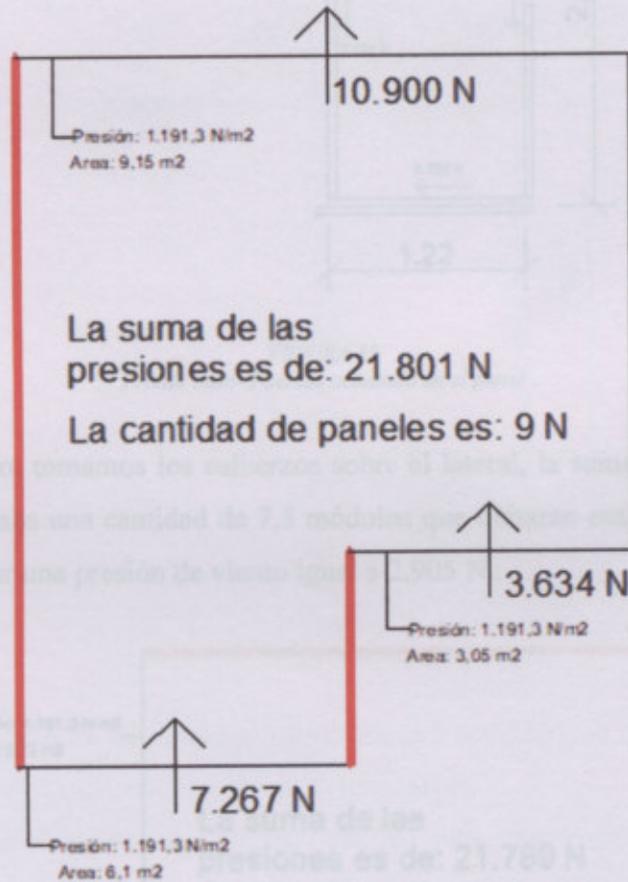


FIGURA 58  
Primer caso- presiones en el frente

En este primer caso cada panel va a estar afectado por una fuerza horizontal proveniente del viento y además por una fuerza horizontal generada por la cabreada.

Para obtener la fuerza horizontal proveniente de la cabreada se debe descomponer en cargas horizontales y verticales la acción de viento considerada en la cubierta y luego realizar la suma de fuerzas horizontales, de esta manera tenemos una fuerza proveniente de la cabreada de 4.360N.

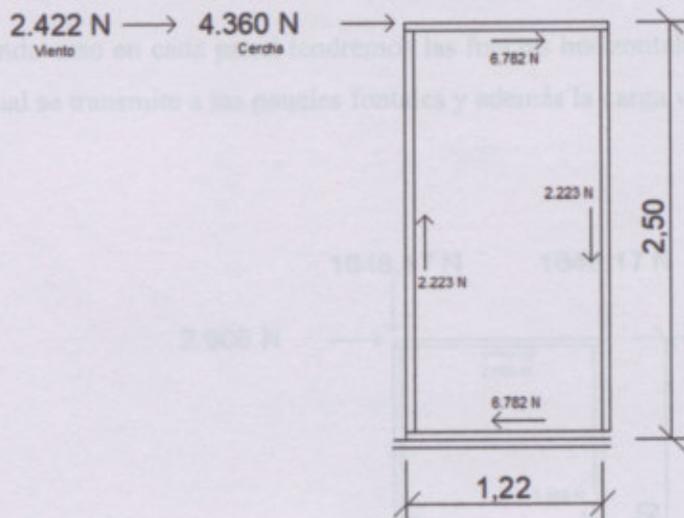


FIGURA 59  
Primer caso- Fuerzas actuando en el panel

Para el segundo caso, tomamos los esfuerzos sobre el lateral, la suma de fuerzas arroja un valor de 21.7891 N y tenemos una cantidad de 7,5 módulos que tomaran esa presión, por lo tanto, cada módulo deberá soportar una presión de viento igual a 2.905 N.

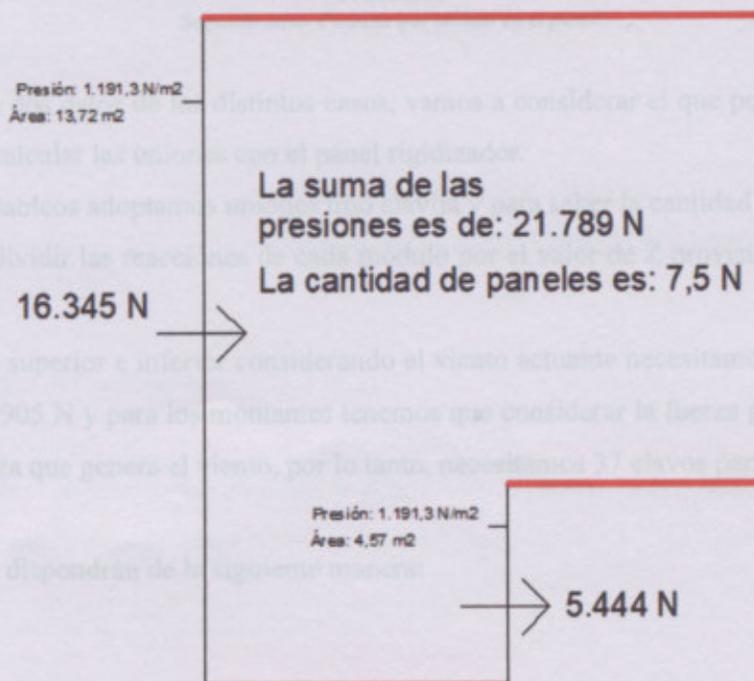


FIGURA 60  
Segundo caso- presiones en el lateral



En este segundo caso en cada panel tendremos las fuerzas horizontales que genera el viento en los laterales, la cual se transmite a los paneles frontales y además la carga vertical de la cabreada.

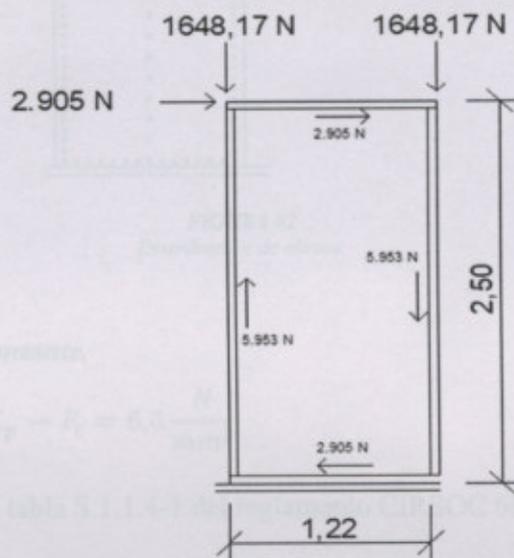


FIGURA 61  
Segundo caso- Fuerzas que actúan en el panel.

Obtenidos los dos datos de los distintos casos, vamos a considerar el que posee mayor valor en el montante para calcular las uniones con el panel rigidizador.

Para unir los tableos adoptamos uniones tipo clavija y para saber la cantidad de clavos que se requieren se deberá dividir las reacciones de cada módulo por el valor de Z provisto por cada clavo la cual es 205,92N.

Para la solera superior e inferior considerando el viento actuante necesitamos 15 clavos para cubrir la fuerza de 2.905 N y para los montantes tenemos que considerar la fuerza proveniente de la cabreada más la fuerza que genera el viento, por lo tanto, necesitamos 37 clavos para cubrir la fuerza de 7.601 N.

Los cuales se dispondrán de la siguiente manera:

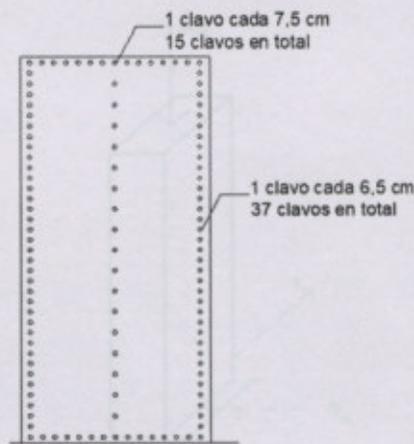


FIGURA 62  
Distribución de clavos.

**Verificación a compresión de montante.**

$$F_c^* = F_c * C_D * C_M * C_t * C_p \rightarrow F_c = 6,6 \frac{N}{mm^2}$$

El valor de  $F_c^*$  fue extraído de la tabla S.1.1.4-1 del reglamento CIRSOC 601

$$F_c^* = 6,6 \frac{N}{mm^2} * 1 * 1 * 1 * 0,231 = 1,523 \frac{N}{mm^2}$$

$$P = 7.601,17 \text{ N}$$

$$f_c = \frac{P}{bd} = \frac{7.601,17 \text{ N}}{5.161,28 \text{ mm}^2} = 1,47 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_c \leq F_c^* \quad 1,47 \frac{N}{mm^2} < 1,52 \frac{N}{mm^2} \quad \text{VERIFICA A COMPRESIÓN PARALELA}$$

**Verificación de pandeo del montante.**

En este caso  $B < H$  pero como en el eje y donde está la menor inercia está clavado el panel fenólico se calcula el pandeo sobre el eje x.

$$f_c \leq F_c^* \quad 0,77 \frac{N}{mm^2} < 1,52 \frac{N}{mm^2} \quad \text{VERIFICA TRACCIÓN}$$



Módulos especiales de aberturas:

Para los muros de las ventanas de los baños de 1,20 necesitamos 3 módulos realizados de la siguiente manera.

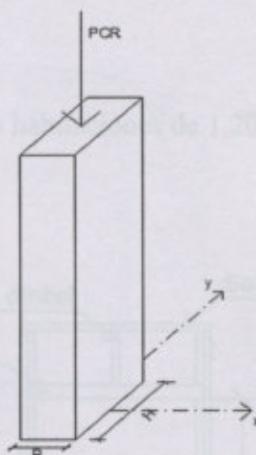


FIGURA 63  
Pandeo para los montantes de álamo.

$$I_x = \frac{1}{12} * H^3 * B = \frac{1}{12} * 10,28^3 * 5,14 = 465,33 \text{ cm}^4$$

$$P_{CR} = \frac{\pi^2 * 880.000 \frac{N}{\text{cm}^2} * 465,33 \text{ cm}^4}{(250 \text{ cm})^2} = 64.664 \text{ N}$$

La carga crítica calculada considerando la madera de álamo de 4" x 2" es mayor a 7.601 N que es la que tiene que soportar la estructura, por lo tanto, los montantes verifican a pandeo.

**Verificación a tracción del montante.**

$$F_t^* = F_t * C_D * C_M * C_t * C_f \rightarrow F_t = 4,4 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

El valor de  $F_t$  fue extraído de la tabla S.1.1.4-1 del reglamento CIRSOC 601

$$F_t^* = 4,4 \frac{N}{\text{mm}^2} * 1 * 1 * 1 * 1,10 = 4,84 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$F_{max} = 4.304,83 \text{ N}$$

$$f_t = \frac{F_{max}}{bd} = \frac{3.975,32 \text{ N}}{5.161,28 \text{ mm}^2} = 0,77 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$f_t \leq F_t^* \quad 0,77 \frac{N}{\text{mm}^2} < 4,84 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad \text{VERIFICA TRACCIÓN}$$



**Módulos especiales de aberturas:**

Para los muros de las ventanas de las habitaciones de 1,20 necesitamos 3 módulos realizados de la siguiente manera.

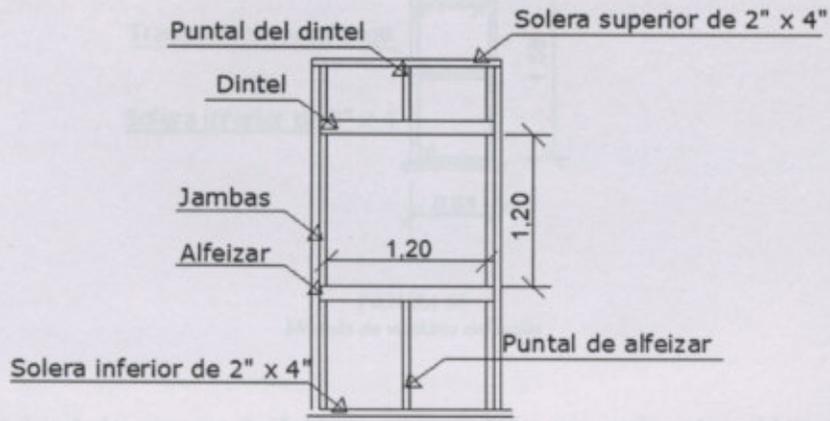


FIGURA 64  
Módulos de ventanas en dormitorios

Y necesitamos un módulo para la ventana del estar-comedor y uno para la ventana del baño realizados de la siguiente manera:

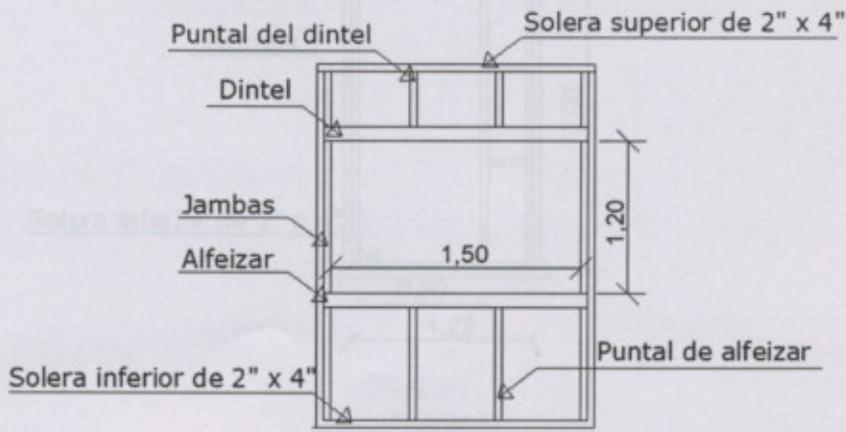


FIGURA 65  
Módulo de ventana de estar-comedor

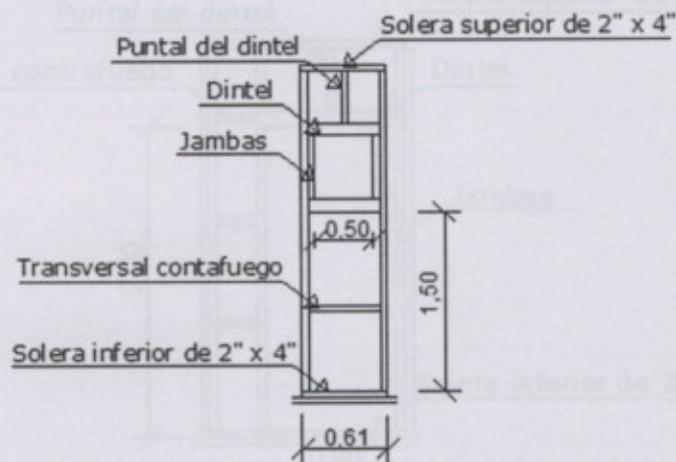


FIGURA 66  
Módulo de ventana del baño

Para los módulos de las puertas, incluida la puerta balcón, que están sobre el lateral 2 y lateral 1 deberán ser conformados de la siguiente manera.

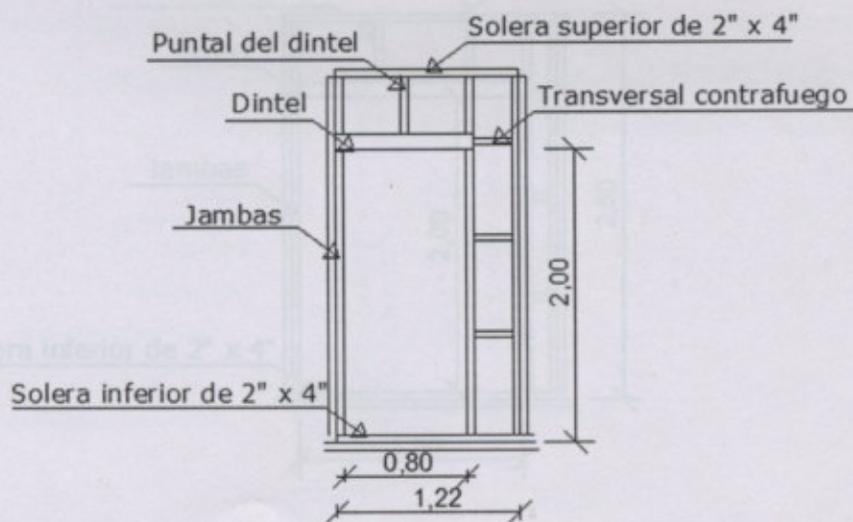


FIGURA 67  
Módulo de puerta- Lateral 2

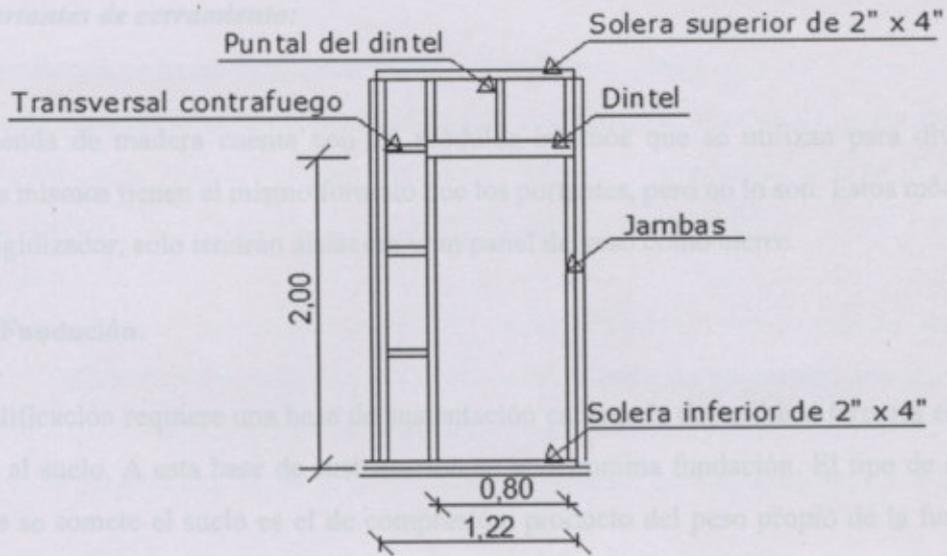


FIGURA 68  
Módulo de puerta- Lateral 1 (frente)

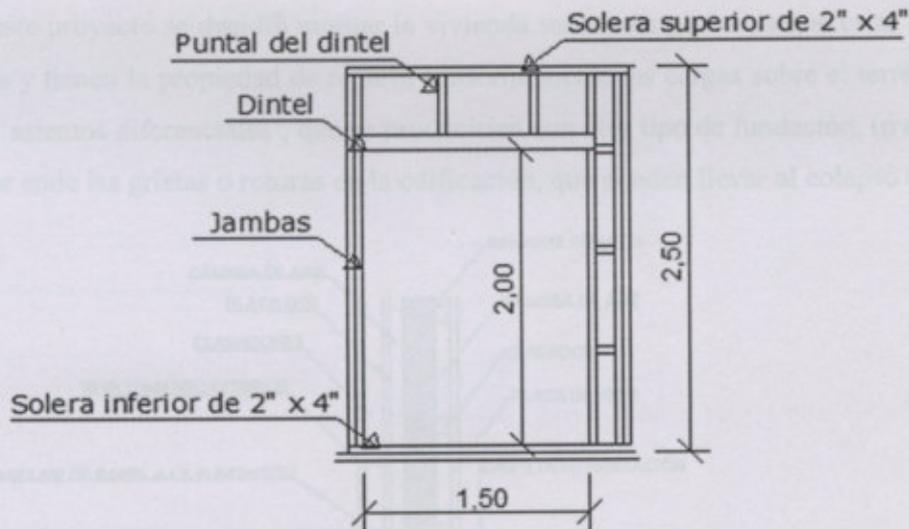


FIGURA 69  
Módulo de puerta balcón- lateral 2

Si bien las características de rigidez de un tipo de tabique generalmente se determinan mediante ensayo, estos han mostrado que para ciertas relaciones de longitud/altura ( $L/h$ ), las deformaciones no superan los límites requeridos para mantener la integridad de la estructura.



**Módulos no portantes de cerramiento:**

La vivienda de madera cuenta con 14 módulos internos que se utilizan para dividir los ambientes estos mismos tienen el mismo formato que los portantes, pero no lo son. Estos módulos no poseen panel rigidizador, solo tendrán aislación y un panel de yeso como cierre.

**3.2.8. Fundación.**

Toda edificación requiere una base de sustentación encargada de recibir diferentes esfuerzos y transmitirlos al suelo. A esta base de sustentación se le denomina fundación. El tipo de esfuerzo relevante a que se somete el suelo es el de compresión, producto del peso propio de la fundación, muros, entresijos y techumbre, más las sobrecargas de uso.

Por otra parte, la fundación aísla la edificación del terreno, resguardándola tanto de humedad como del ataque de termitas y de otros insectos, factores gravitantes en la pérdida de resistencia de una estructura en madera.

Para este proyecto se decidió montar la vivienda sobre una platea ya que estas actúan como planos rígidos y tienen la propiedad de repartir uniformemente las cargas sobre el terreno, evitando los llamados 'asientos diferenciales', que se producirían con otro tipo de fundación, (o ante pérdidas de agua) y por ende las grietas o roturas en la edificación, que pueden llevar al colapso de la misma.

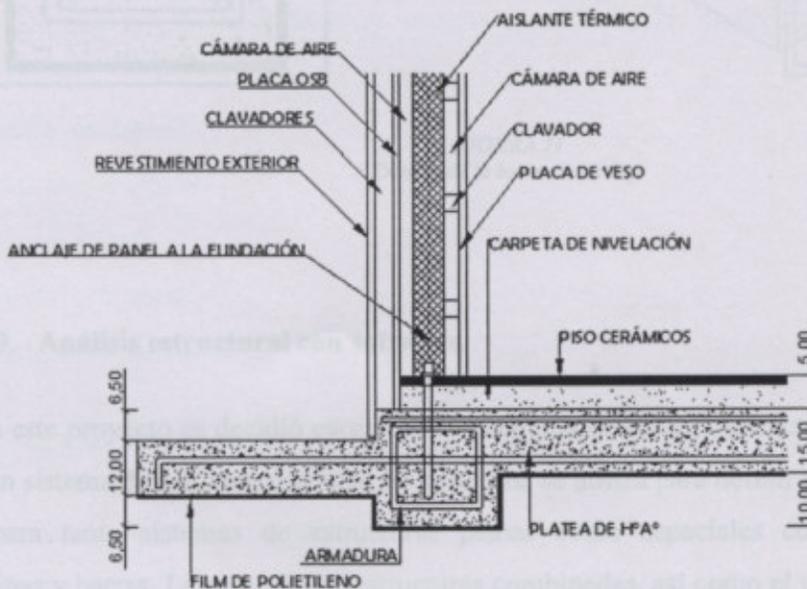


FIGURA 70  
Detalle de platea de fundación



La platea de esta vivienda cuenta con un salto el cual evita el paso del agua al interior, la parte donde se apoya la vivienda tiene un espesor de 15 cm y se utiliza una malla de hierro inferior de diámetro 8mm cada 20cm (la cual continua a la losa en desnivel) y una malla superior de diámetro 6mm. Además, tenemos una viga de fundación formada con hierros de diámetro 10mm y su estribo es de diámetro 6mm cada 25cm.

Todo tabique debe ser amarrado o anclado a la platea de tal manera que puedan mantenerse unidos a fin de que edificio funcione de manera unitaria, resistiendo las cargas que lo solicitan, para este caso se adoptó como anclaje una barra roscada de 40 cm de largo y 20mm de diámetro la cual sobresale 5cm y es anclada una longitud de 25 cm doblando su extremo para asegurar un mejor anclaje.

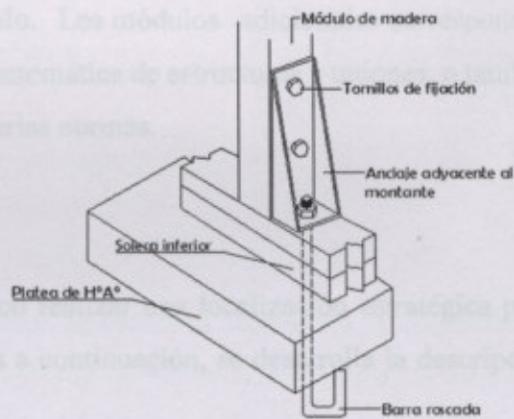
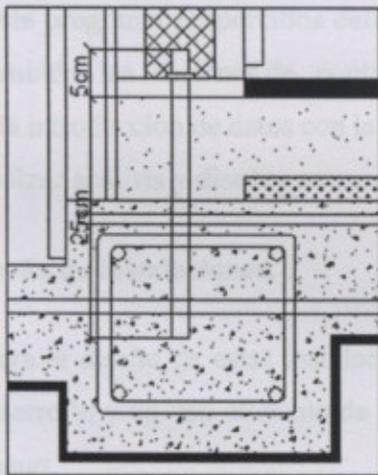


FIGURA 71  
Detalle de la barra de anclaje

### 3.2.9. Análisis estructural con software.

Para este proyecto se decidió cargar en el programa de análisis estructural RFEM, el cual es la base de un sistema de software modular. El programa se utiliza para definir estructuras, materiales y cargas para tanto sistemas de estructuras planas como espaciales compuestas de placas, muros, láminas y barras. La creación de estructuras combinadas, así como el modelado de sólidos y elementos de contacto también es posible.



60 cm ubicada en el cielorraso de la vivienda. Para el agua caliente se utilizará un termo tanque de alta recuperación de 30 litros, el cual estará ubicado en el exterior de la vivienda.



FIGURA 72  
Detalle de entramado y cercha

Este programa proporciona deformaciones, esfuerzos internos, esfuerzos en los apoyos, así como también las tensiones de contacto del suelo. Los módulos adicionales correspondientes facilitan la introducción de datos con la generación automática de estructuras y uniones, o también se puede realizar análisis y diseños avanzados según varias normas.

### 3.3. Diseño de instalaciones.

Para el diseño de estas instalaciones se buscó realizar una localización estratégica para un mejor desarrollo y un uso eficiente de estas mismas a continuación, se desarrolla la descripción de estas mismas.

- Instalación de agua.
- Instalaciones sanitarias.
- Instalación de gas.
- Instalación eléctrica.
- Instalación de losa radiante.

#### 3.3.1. Instalación de agua:

La vivienda va a contar con un suministro de agua fría potable el cual se depositará en un tanque de 300 litros ubicado en el interior de la cabreada y sostenido por tirantes de 2"x4", este mismo cuenta con una bomba presurizadora que se encuentra por debajo, la cual lleva a cada artefacto la presión necesaria. A este tanque se le coloca un rebalse hacia el exterior para no dañar el cielorraso si existe una pérdida en el mismo y se podrá acceder para su reparación por una compuerta de 60cm x



60 cm ubicada en el cielorraso de la vivienda. Para el agua caliente se utilizará un termotanque de alta recuperación de 80 litros, el cual estará ubicado en el exterior de la vivienda.

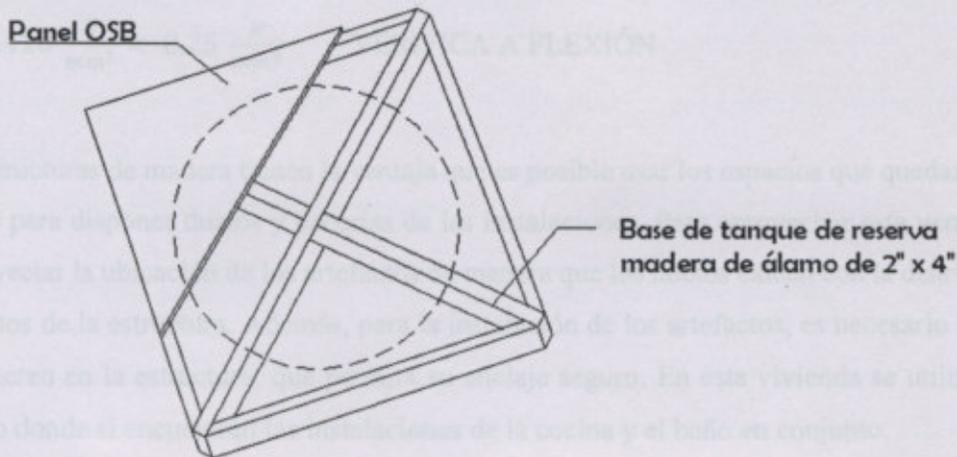


FIGURA 73  
Base del TRA entre dos cabreadas

En el diseño a flexión la verificación se hace mediante la expresión.

$$f_b \leq F_b^* \quad \frac{M}{S} = \frac{6M}{bd^2} \leq F_b C_D C_M C_t C_L C_F C_r$$

En las expresiones M, es el momento flexional de demanda asociado a la combinación de carga que produzca los efectos más desfavorables teniendo en cuenta la duración de la carga y S es el módulo resistente elástico de la sección transversal evaluada en correspondencia con el momento M.

Resumiendo:

$$F_b^* = F_b C_D C_M C_t C_L C_F C_r \rightarrow F_b = 7,5 \frac{N}{mm^2}$$

El valor de  $F_b$  fue extraído de la tabla S.1.1.4-1 del reglamento CIRSOC 601

$$F_b^* = 7,5 \frac{N}{mm} * 1 * 1 * 1 * 1 * 1,10 * 1 = 8,25 \frac{N}{mm^2}$$

$$M_{max} = 0,36 \text{ KNm}$$

$$\text{Módulo elástico resistente: } S_x = \frac{bd^2}{6} = \frac{0,0508m * 0,1016 m^2}{6} = 0,00086 m^3$$



Verificamos:

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{0,36 \text{ KNm}}{0,00086 \text{ m}^3} = 418,60 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 0,418 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_b \leq F_b^* \quad 0,418 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 8,25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{VERIFICA A FLEXIÓN}$$

Las estructuras de madera tienen la ventaja que es posible usar los espacios que quedan en los muros y pisos para disponer ductos y cañerías de las instalaciones. Para aprovechar esta ventaja, es necesario proyectar la ubicación de los artefactos de manera que los ductos calcen con la distribución de los elementos de la estructura. Además, para la instalación de los artefactos, es necesario instalar piezas de refuerzo en la estructura, que permita su anclaje seguro. En esta vivienda se utilizará un panel sanitario donde se encuentran las instalaciones de la cocina y el baño en conjunto.

Ver plano de instalaciones de agua fría y caliente en anexo

### 3.3.2. Instalaciones sanitarias:

La separación de aguas servidas de esta vivienda se realizará por cañería de PVC y será dirigida a la red de cloacas. Las descargas pluviales serán juntadas por canaletas y dirigidas a bocas de bajada de lluvia las cuales descargan a la calle.

Ver plano de instalaciones sanitarias en anexo.

### 3.3.3. Instalaciones de gas:

La instalación de gas de la vivienda se realizará por suelo para distribuirse en las diferentes áreas de la vivienda. Se deberá tener en cuenta que para la subida de la cañería a los diferentes artefactos se realizará una pared de mampostería, ya que hasta el momento no existe una reglamentación de gas para viviendas no convencionales. El termotanque se encontrará ubicada en una casilla reglamentaria en el exterior de la vivienda.

Ver plano de instalación de gas en anexo.



### 3.3.4. Instalación eléctrica:

El sistema eléctrico de la vivienda consta de una acometida, un medidor, un panel de entrada del servicio, un centro de distribución y un circuito individual para los toma corrientes y otro para las luminarias.

Las luminarias exteriores incluida la de hall estarán conectadas a una fotocélula, las cuales encenderán cuando el día oscurece.

Ver plano de instalación eléctrica en anexo.

### 3.3.5. Cálculo de propiedades térmicas de los elementos constructivos.

Para comenzar, es necesario mencionar algunas consideraciones previas, como por ejemplo la materialidad de la estructura. Esto nos permite definir algunos parámetros que utilizaremos posteriormente para calefaccionar tanto en verano, como en invierno. Necesitamos obtener:

- La transmitancia térmica "K" de cada elemento constructivo, que se calcula como:  $K = 1/R_t$ , o según Norma IRAM 11601.
- La conductividad térmica "K", según Norma IRAM 11601.
- Las resistencias térmicas "R", según Norma IRAM 11601.

#### Propiedades térmicas de los elementos constructivos

Elementos constructivos	Componentes	Espesor "e" [m]	Espesor total "e <sub>t</sub> " [m]	Conductividad térmica "K" $\left[ \frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$	Resist. térmica "R" $\left[ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{kcal}} \right]$	Resist. térmica total "R <sub>t</sub> " $\left[ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{kcal}} \right]$	Transmitancia térmica "K" $\left[ \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$
Pared exterior	Placa de yeso	0,015	0,20	0,4	0,04	3,06	0,33
	Cámara de aire	0,025		0,22	0,11		
	Poliestireno expandido	0,08		0,032	2,50		
	Cámara de aire	0,025		0,22	0,11		
	Placas OSB. (fenólico)	0,015		0,11	0,14		
	Barrera de agua y aire	0,0001					
	Cámara de aire	0,025		0,22	0,11		
	Placas exteriores	0,01		0,2	0,05		
Aberturas	Vidrio doble	-	-	-	-	-	2,80
	Aluminio	-	-	-	-	-	0,24
Techo	Placas de yeso	0,015	0,266	0,4	0,04	4,52	0,22
	Poliestireno expandido	0,08		0,032	2,50		
	Cámara de aire	0,04		0,22	0,18		
	Placa EPS	0,05		0,035	1,43		
	Cámara de aire	0,08		0,22	0,36		
	Chapa	0,001		0,2	0,01		
Piso	Baldosa cerámica	0,02	0,22	0,6	0,033	0,210	4,77
	Losa de hormigon	0,15		1,05	0,143		
	Mezcla de asiento	0,05		1,5	0,033		



También se debe considerar que las paredes medianeras por reglamentación se deben realizar de mampostería portante, por lo tanto, el cálculo para esta viene dado por:

Elementos constructivos	Componentes	Espesor "e" [m]	Espesor total "e <sub>t</sub> " [m]	Conductividad térmica "K" $\left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{m} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$	Resist. térmica "R" $\left[ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Kcal}} \right]$	Resist. térmica total "Rt" $\left[ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Kcal}} \right]$	Transmitancia térmica "K" $\left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$
Pared exterior	Ladrillo cerámico común	0,3	0,33	-	0,46	0,50	2,01
	Mortero de revoques y juntas interior	0,03		0,8	0,04		

Otro detalle primordial a conocer a la hora de dimensionar y realizar los cálculos, es la altura correspondiente de los distintos locales de la vivienda, la cual es de aproximadamente 2,50 m.

Por otra parte, según data en la Norma IRAM 11603 y teniendo en cuenta que nos encontramos dentro de la Provincia de Santa Fe, en el Departamento General López, definimos que la casa se localiza en la zona bioclimática N° 3: "templada cálida".

De la Norma anterior, también podemos obtener las temperaturas medias y las de diseño que se adoptarán para desarrollar todos los cálculos posteriores.

- Temperaturas medias de verano: entre 20° C y 26° C.
- Temperaturas medias de invierno: entre 8° C y 12° C.
- Temperatura de diseño máxima: 37,3° C.
- Temperatura de diseño mínima: -4° C.

Cabe destacar que, aunque en dicha Norma no se encontraba particularmente la ciudad de Venado Tuerto, adoptamos por cercanía geográfica las temperaturas de la ciudad de Rosario.

Teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriores hemos convenido adoptar para aclimatar los ambientes en verano, aires acondicionados; y mientras que para calefaccionar en invierno utilizaremos calefactores.

Antes de realizar todos los cálculos termomecánicos para ambas estaciones, obtendremos algunos valores necesarios y comunes para ambas situaciones en cuestión.

#### Áreas de mampostería:



N°	Pared			Abertura			Área total de pared
	Longitud [m]	Altura [m]	Área [m <sup>2</sup> ]	Longitud [m]	Altura [m]	Área [m <sup>2</sup> ]	
1	3,66	2,5	9,15	0,8	2	1,6	7,55
2	4,88	2,5	12,20	1,5	1,5	2,25	9,95
3	3,66	2,5	9,15	1,5	2	3	6,15
4	2,15	2,5	5,38	0,8	2	1,6	3,78
5	1,81	2,5	4,53	0,6	0,6	0,36	4,17
6	3,66	2,5	9,15	-	-	-	9,15
7	3,37	2,5	8,43	1,2	1,2	1,44	6,99
8	4,1	2,5	10,25	1,2	1,2	1,44	8,81
9	3,51	2,5	8,78	-	-	-	8,78
10	4,11	2,5	10,28	-	-	-	10,28
11	2,6	2,5	6,50	1,2	1,2	1,44	5,06

Nota: realizamos la clasificación en paredes “exteriores”, dado que las mamposterías interiores no transmiten calor, puesto que la variación de temperatura a ambos lados de ellas, es nula. Además, con el fin de obtener el “área efectiva” de transmisión, restamos de cada pared el área correspondiente a las aberturas que posea.

Áreas de techos y pisos:

Uso	Área [m <sup>2</sup> ]
Dormitorio 3	11,83
Dormitorio 2	13,27
Dormitorio 1	12,88
Baño	5,28
Cocina	6,28
Estar - Comedor	17,83
Paso	4,16

Para realizar los cálculos termomecánicos, realizaremos el siguiente desarrollo para ambos casos:

- Obtención de la variación de temperatura:

$$\Delta T = T_e - T_i$$

Donde:

- $T_e$ : temperatura exterior de diseño
- $T_i$ : temperatura adoptada en el interior
- Cálculo del flujo de calor:

El flujo de calor “q” que debemos evacuar o incorporar por unidad de superficie se define como:



$$q = \frac{\Delta T}{R} = \Delta T \cdot K \quad (1)$$

Donde:

- $K$ : transmitancia térmica ;  $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C} \right]$
- $R$ : resistencia térmica ;  $\left[ \frac{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C}{kcal} \right]$
- $\Delta T$ : variación de temperatura ;  $[^\circ C]$
- $q$ : flujo de calor ;  $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h} \right]$

Para obtener la cantidad de calor total por cada elemento (paredes, techo) de cada habitación de la vivienda, debemos multiplicar el flujo de calor "q" (que está dado por unidad de superficie) por la respectiva área "A" de transmisión efectiva del mismo.

$$Q = q \cdot A ; \left[ \frac{kcal}{h} \right] \quad (2)$$

- Selección del elemento de refrigeración o calefacción

De esta manera, nos disponemos a comenzar con los respectivos cálculos para evacuar calor en verano e incorporarlo en invierno.

#### **Cálculo de extracción de calor en verano:**

Para comenzar con el desarrollo del verano, primeramente, definimos una temperatura de confort en el interior de los distintos locales a refrigerar  $T_i = 24^\circ C$ . Por otro lado, como ya hemos dicho la temperatura máxima exterior de dimensionamiento es  $T_e = 37,3^\circ C$ ; de manera que la variación de temperatura será:

$$\Delta T = T_e - T_i$$

$$\Delta T = 37,3^\circ C - 24^\circ C$$

$$\boxed{\Delta T = 13,3^\circ C}$$



Luego calculamos los valores de "q" y "Q" para cada habitación, de acuerdo a lo mencionado anteriormente.

Para obtener la potencia "Q" la cual debe ser evacuada por cada aire acondicionado, debemos sumar las potencias de cada elemento constructivo en contacto con el exterior, y adoptamos aquel contiguo en potencia entregada.

*Nota:* hasta el momento, todos los cálculos se realizaron en kcal/h, para poder adoptar cualquiera de los splits anteriores debemos realizar un cambio de unidades y llevar la potencia "Q<sub>r</sub>" a Watts. De manera que:

$$1 \frac{kcal}{h} a W = \frac{1 kcal}{h} \cdot \frac{1000 cal}{1 kcal} \cdot \frac{4,186 J}{1 cal} \cdot \frac{1 h}{3600 seg} = \frac{1000 \cdot 4,186 J}{3600 seg} = \frac{4186}{3600} W$$

Teniendo en cuenta esta salvedad, habitación a habitación, se tiene:

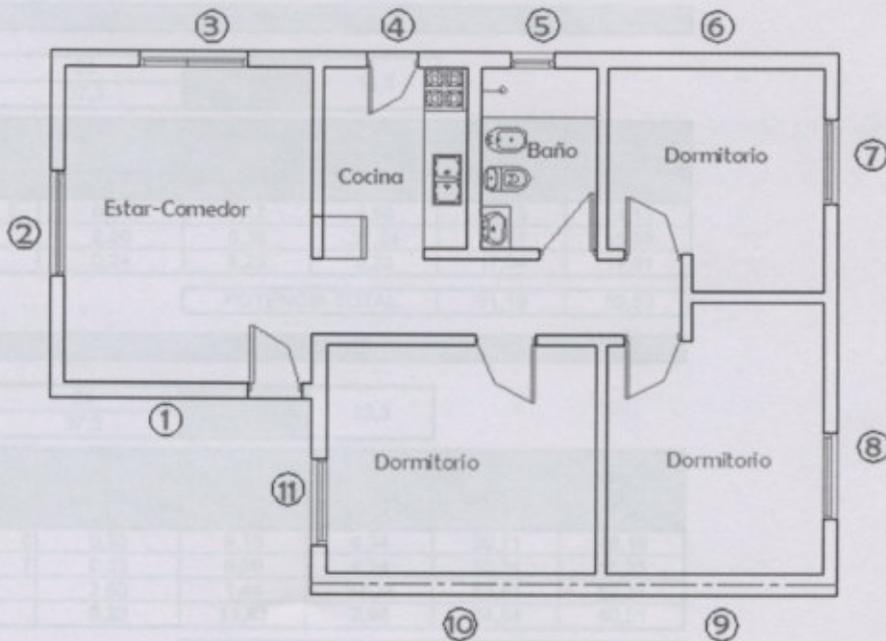


FIGURA 74  
Planta con numeración de paredes



**ESTAR - COMEDOR**

Ti	24	$\Delta T (^{\circ}C)$	13,3
Te	37,3		

Elemento constructivo	"K" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^{\circ}C} \right]$	Área $[m^2]$	"q" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h} \right]$	"Q" [Kcal/h]	"Q" [W]
Pared 1	0,37	7,55	4,98	37,61	43,74
Puerta	0,24	1,6	3,19	5,11	5,94
Pared 2	0,37	9,95	4,98	49,56	57,64
Ventana	2,80	2,25	37,24	83,79	97,45
Pared 3	0,37	6,15	4,98	30,63	35,63
Puerta balcón	2,80	3	37,24	111,72	129,93
Techo	0,24	17,83	3,23	57,53	66,91

<b>POTENCIA TOTAL</b>	<b>375,96</b>	<b>437,24</b>
-----------------------	---------------	---------------

**COCINA**

Ti	24	$\Delta T (^{\circ}C)$	13,3
Te	37,3		

Elemento constructivo	"K" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^{\circ}C} \right]$	Área $[m^2]$	"q" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h} \right]$	"Q" [Kcal/h]	"Q" [W]
Pared 4	0,37	3,78	4,98	18,80	21,87
Puerta	0,24	1,6	3,19	5,11	5,94
Techo	0,24	6,28	3,23	20,26	23,57

<b>POTENCIA TOTAL</b>	<b>44,18</b>	<b>51,38</b>
-----------------------	--------------	--------------

**BAÑO**

Ti	24	$\Delta T (^{\circ}C)$	13,3
Te	37,3		

Elemento constructivo	"K" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^{\circ}C} \right]$	Área $[m^2]$	"q" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h} \right]$	"Q" [Kcal/h]	"Q" [W]
Pared 5	0,37	4,17	4,98	20,75	24,13
Ventana	2,80	0,36	37,24	13,41	15,59
Techo	0,24	5,28	3,23	17,04	19,81

<b>POTENCIA TOTAL</b>	<b>51,19</b>	<b>59,53</b>
-----------------------	--------------	--------------

**DORMITORIO 1**

Ti	24	$\Delta T (^{\circ}C)$	13,3
Te	37,3		

Elemento constructivo	"K" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^{\circ}C} \right]$	Área $[m^2]$	"q" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h} \right]$	"Q" [Kcal/h]	"Q" [W]
Pared 6	0,33	9,15	4,34	39,71	46,18
Pared 7	0,33	6,99	4,34	30,31	35,25
Ventana	2,80	1,44	37,24	53,63	62,37
Techo	0,22	11,83	2,94	34,84	40,51

<b>POTENCIA TOTAL</b>	<b>158,48</b>	<b>184,31</b>
-----------------------	---------------	---------------



DORMITORIO 2

Ti	24	ΔT (°C)	13,3
Te	37,3		

Elemento constructivo	"K" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C} \right]$	Área $[m^2]$	"q" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h} \right]$	"Q" [Kcal/h]	"Q" [W]
Pared 8	0,33	8,81	4,34	38,23	44,46
Ventana	2,80	1,44	37,24	53,63	62,37
Pared 9	2,01	8,78	26,73	234,59	272,83
Techo	0,22	13,27	2,94	39,08	45,45

POTENCIA TOTAL	365,52	425,10
----------------	--------	--------

DORMITORIO 3

Ti	24	ΔT (°C)	13,3
Te	37,3		

Elemento constructivo	"K" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C} \right]$	Área $[m^2]$	"q" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h} \right]$	"Q" [Kcal/h]	"Q" [W]
Pared 11	0,37	5,06	4,98	25,20	29,31
Ventana	2,80	1,44	37,24	53,63	62,37
Pared 10	2,01	10,28	26,73	274,69	319,46
Techo	0,24	13,86	3,23	44,72	52,01

POTENCIA TOTAL	398,24	463,16
----------------	--------	--------

Se adopta un aire acondicionado Philco de 2600W, el cual será colocado en el estar – comedor como un lugar estratégico para que todos los ambientes estén climatizados.

**Cálculo de incorporación de calor en invierno:**

Para calefaccionar nuestra vivienda, definimos como temperatura interior  $T_i = 20^\circ C$ , siendo la temperatura de diseño exterior  $T_e = -4^\circ C$ . De esta manera, la variación de temperatura será:

$$\Delta T = |T_e - T_i|$$

$$\Delta T = |-4^\circ C - 20^\circ C|$$

$$\Delta T = 24^\circ C$$

Habiendo determinado esto y utilizando las fórmulas (1) y (2) mencionadas anteriormente y siguiendo la numeración de las paredes de la figura anterior, obtenemos la demanda calorífica por cada habitación que detallamos a continuación:



ESTAR - COMEDOR

Ti	20	$\Delta T (^{\circ}C)$	24
Te	-4		

Elemento constructivo	"K" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^{\circ}C} \right]$	Área $[m^2]$	"q" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h} \right]$	"Q" [Kcal/h]	"Q" [W]
Pared 1	0,33	7,55	7,83	59,12	68,76
Puerta	0,24	1,6	5,76	9,22	10,72
Pared 2	0,33	9,95	7,83	77,92	90,62
Ventana	2,80	2,25	67,20	151,20	175,85
Pared 3	0,33	6,15	7,83	48,16	56,01
Puerta balcón	2,80	3	67,20	201,60	234,46
Piso	0,86	17,83	20,75	369,88	430,17
Techo	0,22	17,83	5,31	94,75	110,19

POTENCIA TOTAL	1011,85	1176,78
----------------	---------	---------

COCINA

Ti	20	$\Delta T (^{\circ}C)$	24
Te	-4		

Elemento constructivo	"K" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^{\circ}C} \right]$	Área $[m^2]$	"q" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h} \right]$	"Q" [Kcal/h]	"Q" [W]
Pared 4	0,33	3,78	7,83	29,56	34,38
Puerta	0,24	1,6	5,76	9,22	10,72
Piso	0,86	6,28	20,75	130,28	151,51
Techo	0,22	6,28	5,31	33,37	38,81

POTENCIA TOTAL	202,43	235,42
----------------	--------	--------

BANO

Ti	20	$\Delta T (^{\circ}C)$	24
Te	-4		

Elemento constructivo	"K" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^{\circ}C} \right]$	Área $[m^2]$	"q" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h} \right]$	"Q" [Kcal/h]	"Q" [W]
Pared 5	0,33	4,17	7,83	32,62	37,93
Ventana	2,80	0,36	67,20	24,19	28,14
Piso	0,86	5,28	20,75	109,53	127,39
Techo	0,22	5,28	5,31	28,06	32,63

POTENCIA TOTAL	194,40	226,09
----------------	--------	--------

Para calefaccionar utilizamos calefactores Coppeco 7q 2500 Kcal/h tanto para los dormitorios de siras y para el estar-comedor utilizamos un calefactor de 6000 Kcal/h, el cual colabora para la calefaccion del dormitorio tercero.



**DORMITORIO 1**

Ti	20	ΔT (°C)	24
Te	-4		

Elemento constructivo	"K" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C} \right]$	Área $[m^2]$	"q" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h} \right]$	"Q" [Kcal/h]	"Q" [W]
Pared 6	0,33	9,15	7,83	71,65	83,33
Pared 7	0,33	6,99	7,83	54,70	63,61
Ventana	2,80	1,44	67,20	96,77	112,54
Piso	0,86	11,83	20,75	245,41	285,42
Techo	0,22	11,83	5,31	62,86	73,11

POTENCIA TOTAL	531,40	618,01
----------------	--------	--------

**DORMITORIO 2**

Ti	20	ΔT (°C)	24
Te	-4		

Elemento constructivo	"K" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C} \right]$	Área $[m^2]$	"q" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h} \right]$	"Q" [Kcal/h]	"Q" [W]
Pared 8	0,33	8,81	7,83	68,99	80,24
Ventana	2,80	1,44	67,20	96,77	112,54
Pared 9	2,01	8,78	48,24	423,32	492,32
Piso	0,86	13,27	20,75	275,29	320,16
Techo	0,22	13,27	5,31	70,51	82,01

POTENCIA TOTAL	934,88	1087,26
----------------	--------	---------

**DORMITORIO 3**

Ti	20	ΔT (°C)	24
Te	-4		

Elemento constructivo	"K" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C} \right]$	Área $[m^2]$	"q" $\left[ \frac{kcal}{m^2 \cdot h} \right]$	"Q" [Kcal/h]	"Q" [W]
Pared 11	0,33	5,06	7,83	39,62	46,08
Ventana	2,80	1,44	67,20	96,77	112,54
Pared 10	2,01	10,28	48,24	495,68	576,47
Piso	0,86	13,86	20,75	287,53	334,39
Techo	0,22	13,86	5,31	73,65	85,65

POTENCIA TOTAL	993,25	1155,15
----------------	--------	---------

Para calefaccionar utilizamos calefactores Coppens de 2500 Kcal/h tanto para los dormitorios de atrás y para el estar-comedor utilizamos un calefactor de 6000 Kcal/h, el cual colabora para la calefacción del dormitorio cercano.



#### 4. COMPUTO Y PRESUPUESTO

En las siguientes planillas se observa el presupuesto de esta vivienda, para poder compararlo con el presupuesto de una vivienda tradicional, planteado por el Centro de Estudio de Construcciones Civiles y Desarrollo Urbano, se debió multiplicar a cada costo unitario por un coeficiente de resumen de 1,55 % para así obtener el precio unitario de venta. Este coeficiente es calculado por el C.E.C.C.D.U., el cual sale de un análisis de gastos indirectos, gastos generales, beneficios e impuestos.



PLANILLA DE PRESUPUESTO										
Nº DE ORDEN	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO			PRECIO TOTAL POR ÍTEM	PRECIO TOTAL POR RUBRO	% DE INCIDENCIA	
				MATERIALES	MANO DE OBRA	EQUIPOS				
<b>1 TRABAJOS PRELIMINARES</b>										
1.1	Limpieza y nivelación del terreno	m <sup>2</sup>	280	\$0,00	\$4.500,00	\$154,77	\$ 4.654,77	\$ 14.743,60	0,28%	
1.2	Preliminar obrador, depósitos y sanitarios	m <sup>2</sup>	-	\$8.735,55	\$1.332,90	\$20,38	\$ 10.088,83			
<b>2 PROCEDIMIENTOS Y CUMPLIMIENTOS</b>										
2.1	Cerco de obra	m	-	\$227,04	\$2.067,90	\$0,00	\$ 2.294,94	\$ 16.929,01	0,32%	
2.2	Replanteo	m <sup>2</sup>	-	\$0,00	\$7.000,00	\$0,00	\$7.000,00			
2.3	Cartel de obra	m <sup>2</sup>	-	\$6.120,53	\$1.513,54	\$0,00	\$ 7.634,07			
<b>3 MOVIMIENTO DE SUELO</b>										
3.1	Acarreos carga y retiro de tierra	m3	15,00	\$0,00	\$4.726,65	\$215,12	\$ 4.941,77	\$ 60.310,11	1,14%	
3.2	Volquete alquiler	un	5,00	\$0,00	\$0,00	\$27.564,10	\$ 27.564,10			
3.3	Excavación de platea	m3	18,00	\$0,00	\$27.804,24	\$0,00	\$ 27.804,24			
<b>4 FUNDACIONES</b>										
4.1	Ejecución de platea H-21	m <sup>3</sup>	18,00	\$171.000,00	\$25.344,88	\$1.265,22	\$ 197.610,10	\$ 296.346,77	5,58%	
4.2	Hierro diámetro 10mm	un	11,00	\$17.314,00	\$0,00	\$0,00	\$ 17.314,00			
4.3	Hierro diámetro 8mm	un	41	\$48.596,67	\$0,00	\$0,00	\$ 48.596,67			
4.4	Malla del hierro de 6 - 15x15	un	6,00	\$32.826,00	\$0,00	\$0,00	\$ 32.826,00			
<b>5 ESTRUCTURA PORTANTE MADERA DE ALAMO</b>										
5.1	Módulo de madera 2" x 4"	ml	431,00	\$65.675,78	\$176.899,14	\$7.580,60	\$ 250.155,52	\$ 510.714,12	9,62%	
5.2	Cercha de madera 2" x 4"	ml	333,00	\$50.742,54	\$0,00	\$0,00	\$ 50.742,54			
5.3	Solera superior 2" x 4"	ml	30,00	\$4.571,40	\$0,00	\$0,00	\$ 4.571,40			
5.4	Solera inferior 2" x 4"	ml	30,00	\$4.571,40	\$0,00	\$0,00	\$ 4.571,40			
5.5	Tirantillos de 2" x 2"	ml	83,00	\$6.718,85	\$0,00	\$0,00	\$ 6.718,85			
5.6	Tableros OSB 18 x 1220 x 2440mm	un	52,00	\$108.628,00	\$0,00	\$0,00	\$ 108.628,00			
5.7	Liston yesero 40 x 10mm	ml	77,00	\$6.416,41	\$0,00	\$0,00	\$ 6.416,41			
5.8	Clavador de 40 x 90 mm	ml	83,00	\$24.900,00	\$0,00	\$0,00	\$ 24.900,00			
5.9	Clavos	Un	5000,00	\$7.510,00	\$0,00	\$0,00	\$ 7.510,00			
5.10	Tornillos	Un	1000,00	\$14.000,00	\$0,00	\$0,00	\$ 14.000,00			
5.11	Conector de anclaje con varilla roscada	Un	25,00	\$32.500,00	\$0,00	\$0,00	\$ 32.500,00			



<b>6 AISLACIONES</b>										
6.1	Aislacion film de polietileno bajo plateas	m <sup>2</sup>	94,00	\$3.807,94	\$93,89	\$0,00	\$ 3.901,83			
6.2	Aislacion termica en muro y techo (lana de vidrio)	m <sup>2</sup>	262,00	\$92.148,02	\$346,94	\$214,84	\$ 92.709,80			2,59%
6.3	Membrana hidrífuga TYVEK muro y techo	m <sup>2</sup>	204,00	\$40.170,00	\$346,94	\$167,28	\$ 40.684,22			
<b>7 MAMOSTERÍA</b>										
7.1	Mamostería ladrillos comunes de 30cm	m <sup>2</sup>	73,38	\$16.725,84	\$5.718,25	\$1.101,43	\$ 23.545,52			0,86%
7.2	Mamostería cajón hidráulico	m <sup>2</sup>	8,10	\$16.214,18	\$5.924,21	\$113,48	\$ 22.251,87			
<b>8 MAMPOSTERÍA DE CIERRE</b>										
8.1	Placa de yeso (interior)	un	96,00	\$67.200,00	\$0,00	\$0,00	\$ 67.200,00			2,25%
8.2	Revestimiento exterior	m <sup>2</sup>	262,00	\$52.400,00	\$0,00	\$0,00	\$ 52.400,00			
<b>9 CUBIERTA</b>										
9.1	Cubierta de chapa acanalada	m <sup>2</sup>	88,25	\$114.725,00		\$6.197,80	\$ 191.752,80			4,03%
9.2	Cenefa de HfG <sup>®</sup>	ml	16,00	\$6.400,00		\$0,00	\$ 6.400,00			
9.3	Babetas laterales de HfG <sup>®</sup>	ml	8,00	\$4.018,72	\$70.830,00	\$0,00	\$ 4.018,72			
9.4	Canaletas de HfG <sup>®</sup>	ml	16,00	\$11.680,00		\$0,00	\$ 11.680,00			
<b>10 CARPETAS</b>										
10.1	Carpeta de asiento 3 cm	m <sup>2</sup>	82,69	\$23.321,06	\$46.225,36	\$120,73	\$ 69.667,15			1,39%
10.2	Contrapiso de cascote sobre terreno natural 10 cm	m <sup>2</sup>	7,20	\$3.555,86	\$522,29	\$134,50	\$ 4.212,65			
<b>11 REVESTIMIENTOS</b>										
11.1	Revestimiento cerámico 20x20	m <sup>2</sup>	13,01	\$26.220,74	\$1.446,96	\$0,00	\$ 27.667,70			0,52%
<b>12 SOLADOS</b>										
12.1	Piso cerámico 30 x 30	m <sup>2</sup>	72,52	\$69.443,70	\$52.598,03	\$0,00	\$ 122.041,73			3,42%
12.2	baldosas antideslizantes 50 x 50	un	24,00	\$18.480,00	\$19.608,00	\$88,80	\$ 38.176,80			
12.3	Piso de baldosa calceara (vereda)	m <sup>2</sup>	15,00	\$9.000,00	\$12.255,00	\$55,50	\$ 21.310,50			
<b>13 ZÓCALOS</b>										
13.1	Zócalo cerámico	m	30,00	\$3.301,80	\$8.298,90	\$14,70	\$ 11.615,40			0,22%
<b>14 CARPINTERÍA DE MADERA</b>										
14.1	Puerta de aluminio 0,9 x 2,05	un	2,00	\$55.998,00	\$8.000,00	\$0,00	\$ 63.998,00			6,09%
14.2	Puerta placa de pino 0,85 x 2,00	un	4,00	\$31.800,00	\$16.000,00	\$0,00	\$ 47.800,00			
14.3	Ventana de aluminio vidrio doble 1,20 x 1,10	un	3,00	\$89.265,00	\$12.000,00	\$0,00	\$ 101.265,00			
14.4	Ventana de aluminio vidrio doble 1,5 x 1,6	un	1,00	\$42.090,00	\$4.000,00	\$0,00	\$ 46.090,00			
14.5	ventana de aluminio vidrio doble 0,6 x 0,6	un	1,00	\$12.165,00	\$4.000,00	\$0,00	\$ 16.165,00			
14.6	Puerta balcon de aluminio doble vidrio 1,50 x 2,05	un	1,00	\$43.969,00	\$4.000,00	\$0,00	\$ 47.969,00			



15 ARTEFACTOS Y GRIFERIA										
15.1	Inodoro largo Ferrum	un	1	\$15.981,00	\$3.600,00	\$0,00	\$0,00	\$19.581,00		
15.2	Depósito mochila Ferrum	un	1	\$6.393,39	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$6.393,39		
15.3	Asientos plásticos	un	1	\$877,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$877,00		
15.4	Lavatorio Ferrum	un	1	\$10.343,08	\$3.600,00	\$0,00	\$0,00	\$13.943,08		
15.6	Bidet Ferrum	un	1	\$11.461,16	\$3.600,00	\$0,00	\$0,00	\$15.061,16		
15.7	Juego de accesorios metal	un	1	\$6.867,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$6.867,00		
15.8	Grifería ducha	un	1	\$13.223,14	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$13.223,14		
15.9	Grifería bedet	un	1	\$12.810,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$12.810,00		
15.10	Grifería lavatorio	un	1	\$11.571,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$11.571,00		
15.11	Grifería cocina	un	1	\$12.256,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$12.256,00		
<b>MARMOL</b>										
16	Mesada granito gris mara c/frentin y umbral	m <sup>2</sup>	1,2	\$25.411,76	\$20.000,00	\$0,00	\$0,00	\$45.411,76	\$45.411,76	0,86%
17 INST. DE GAS COMPLETA										
17.1	Gas (cocina, termotanque, 3 calefactores, cañería conexiones llaves, medidor)	Gl	-	\$260.148,78	\$103.266,80	\$0,00	\$0,00	\$363.415,58	\$363.415,58	6,84%
18 INST. SANITARIA COMPLETA										
18.1	(Ducha, bidet, lavatorio, inodoro) + cocina cloaca agua fria y caliente, ventilaciones. Artefactos instalados	Gl	-	\$228.262,69	\$103.266,80	\$0,00	\$0,00	\$331.529,49	\$331.529,49	6,24%
19 INST. ELÉCTRICA COMPLETA										
19.1	Tablero general, pilar, cableado, timbre, tv, telefono)	Gl	-	\$63.316,81	\$110.269,85	\$0,00	\$0,00	\$173.586,66	\$173.586,66	3,27%
20 AIRE ACONDICIONADO										
20.1	Aire acondicionado de 3000 frigorías	un	1,00	\$43.000,00	\$7.500,00	\$0,00	\$0,00	\$50.500,00	\$50.500,00	0,95%
21 PINTURA										
21.1	Látex acrílico para interiores	m <sup>2</sup>	301,30	\$90.390,00	\$66.282,99	\$0,00	\$0,00	\$156.672,99		
21.2	Pintura impermeable para madera en exteriores	m <sup>2</sup>	262,00	\$61.133,32	\$76.011,44	\$0,00	\$0,00	\$137.144,76	\$315.112,02	5,93%
21.3	Látex para cielorrasos	m <sup>2</sup>	73,00	\$5.235,00	\$16.059,27	\$0,00	\$0,00	\$21.294,27		
<b>TOTALES</b>				<b>\$3.632.944,51</b>	<b>\$1.607.134,82</b>				<b>\$5.309.843,66</b>	



## 5. CONCLUSIÓN

Cuando se plantea un diseño sustentable muchas veces se piensa en el ahorro energético durante su uso y no se tiene en cuenta que gran parte del consumo de recursos está en los materiales que usamos. La madera es un material sostenible, lo que garantiza un recurso renovable a corto, medio y largo plazo capaz de absorber el carbono que otros materiales requieren emitir para su fabricación, el proceso de elaboración con madera requiere cantidades mínimas de energía en comparación con el acero o el hormigón. Para viviendas familiares existe una vieja creencia de que más pesada sea la construcción mejor es, por lo tanto, cuando se diseña con madera tenemos que enfrentar a clientes que generacionalmente tienen esa idea.

La madera de álamo en Argentina tiene muy poco uso como material de edificación, y según los cálculos desarrollados anteriormente y teniendo en cuenta los datos de resistencia extraídos del laboratorio de GIDEC (Grupo de Investigación de Estructuras Civiles) este material presenta muy buen comportamiento para el uso estructural y además permite generar paneles que proporcionan una excelente aislación térmica y acústica mostrando ahorros a la hora de climatizar los ambientes. En este caso se debió adaptar la vivienda a una medida de lote estándar, la cual queda apoyada sobre una medianera, si se pueden contemplar los cálculos termomecánicos se observa que los dormitorios que están sobre la mampostería tradicional tienen una mayor cantidad de calor que debe ser evacuado y más demanda calorífica que las paredes realizadas con madera, por lo tanto, tendríamos un mejor resultado térmico si la vivienda estaría en el medio del lote. También se aprovechó la distribución de las cerchas y se colocó el tanque de reserva dentro de la vivienda evitando así filtraciones por lluvias que se generarían si el tanque se hubiera colocado de forma convencional.

Se debe tener en cuenta que al construir con madera se optimizan los tiempos, ya que en este tipo de viviendas se requiere un menor tiempo para su montaje, debido a que la mayor parte de la estructura puede ser construida en taller y luego ensamblada en obra, lo cual impide que se superpongan las tareas a realizar, el tiempo estimado de la vivienda es de 4 meses desde su inicio hasta su final, es menor comparadas con los tiempos requeridos para estructuras convencionales de ladrillo u hormigón. La construcción con madera tiene como desventajas que existe poca mano de obra calificada, algo que se puede revertir si se les enseña a los constructores las tareas a realizar.

Otra de las ventajas a la hora de construir viviendas en madera es que se pueden desarrollar varias cantidades evitando que las cuadrillas se superpongan entre sí, esta acotación es positiva por si requiere utilizar este tipo de estructura para la realización de un barrio social.



Con respecto al costo se puede observar que existe una diferencia entre una vivienda de mampostería convencional y una vivienda de estructura de madera, para la comparación se utilizaron los datos del Centro de Estudio de Construcciones Civiles y Desarrollo Urbano (C.E.C.C.D.U.) de la facultad de Venado Tuerto, el cual estima una variación de precio del 25% dejando en ventaja a la vivienda de madera.

Las viviendas de madera no son solo para ahorrar dinero, se puede mostrar que si se desempeña un buen estudio de los materiales que la componen estos brindan prestaciones superiores en aislaciones terminas, en tiempo y confort comparadas con las viviendas tradicionales.

Guillaumet, Alfredo A. - Tesis doctoral, Comportamiento estructural de la madera de Álamo (*Populus deltoides* 'Australiano 129/68' y 'Stoneville 67') cultivado en el delta del río Paraná.

Guillaumet, A.A.; Filippini, M.C.; Acuña Rello, L.; Fiter, J.C. (2014b) - Utilización de la madera de álamo en elementos estructurales. XXXVI Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural, Montevideo, Uruguay.

Guía para el proyecto de estructuras de madera con bajo comportamiento estructural - en base al reglamento CIRSOC 601 (2016) - viviendas de madera de una planta.

INTI CIRSOC 601 (2016) Reglamento argentino de estructuras de madera.

INTI CIRSOC 601 (2020) Suplemento del reglamento argentino de estructuras de madera CIRSOC 601 - 2016.

INTI CIRSOC 102 (2005) Reglamento argentino de acción del viento sobre las construcciones.

INTI CIRSOC 101 (2005) Reglamento argentino de cargas permanentes y sobrecargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras.

Fran Quiroga de Luján Moya, Rosalva González Rodrigo, Mariana L. Linares Cervera, Carlos Villagrán Fernández, Virginia Gallego Cusca - Guía de construir con madera - Construir con madera (Com).



## 6. BIBLIOGRAFIA

(por general) - Centro de Estudio de Construcciones Civiles y Desarrollo Urbano de la facultad de Venado Tuerto.

Letamendi Arcegui J.L. - La construcción de vivienda en madera Capítulo 1 y 2. Corporación de Vivienda Alexander Fritz, Mario Ubilla - Manual de diseño (2012). Construcción, montaje y aplicación de envolventes para la vivienda de madera.

Filippetti, M.C.; Guillaumet, A.A.; Manavella, R.D.; Guillaumet, M.P. (2015). - Uso estructural de la madera de álamo. II Congreso Brasileiro de Ciencia e Tecnologia da Madeira. Belo Horizonte, Brasil.

Norma Argentina IRAM 111.601, 11.603, 11.604, 11.605 y 11.625 - Anclamiento técnico de Guillaumet, Alfredo A. - Tesis doctoral, Comportamiento estructural de la madera de Álamo (*Populus deltoides* 'Australiano 129/60' y 'Stoneville 67') cultivado en el delta del río Paraná.

Norma Argentina IRAM 962-4 Tablas aserradas de *Populus deltoides* del delta del río Paraná Guillaumet, A.A.; Filippetti, M.C.; Acuña Rello, L.; Piter, J.C. (2014b). - Utilización de la madera de álamo en elementos estructurales. XXXVI Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural. Montevideo, Uruguay.

Norma Argentina IRAM 9549 - Criterios de evaluación de defectos Guía para el proyecto de estructuras de madera con bajo compromiso estructural- en base al reglamento CIRSOC 601 (2016) – viviendas de madera de una planta.

INTI CIRSOC 601 (2016) Reglamento argentino de estructuras de madera.

INTI CIRSOC 601 (2020) Suplemento del reglamento argentino de estructuras de madera CIRSOC 601 – 2016.

INTI CIRSOC 102 (2005) Reglamento argentino de acción del viento sobre las construcciones.

INTI CIRSOC 101 (2005) Reglamento argentino de cargas permanentes y sobrecargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras.

Juan Queipo de LLano Moya, Beatriz González Rodrigo, Mariana LLinares Cervera, Carlos Villagrà Fernández, Virginia Gallego Guinea - Guía de construir con madera - Construir con madera (Ccm).



Jorge Rena (Coordinador general) - Centro de Estudio de Construcciones Civiles y Desarrollo Urbano de la facultad de Venado Tuerto

Letamendi Arregui J.I. - La construcción de vivienda en madera Capitulo 1 y 2. Corporación chilena de la madera.

Lima, Luis - La madera como material estructural. Certezas, Conjeturas, Incógnitas y Perspectivas.

Martin Miguel Sanchez Acosta, Néstor Yelin - Construcción de vivienda canadiense, con madera de eucalipto, en INTA Concordia – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Norma Argentina IRAM 111.601, 11.603, 11.604, 11.605 y 11.625 – Aislamiento térmico de edificios.

Norma Argentina IRAM 9662-4 Tablas aserradas de *Populus deltoides* del delta del río Paraná (clones 'Australiano 129/60' y 'Stoneville 67').

Norma Argentina IRAM 9544 – Densidad y propiedades mecánicas de la madera.

Norma Argentina IRAM 9560 – Criterios de evaluación de defectos.



7. ANEXO

**PLANO DE PLANTA**

Plano de estructura. ESC:1:100

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - F.R.V.T.

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA CIVIL

Alumna: DE LA MAZA, JOANA

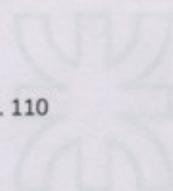
Escala:

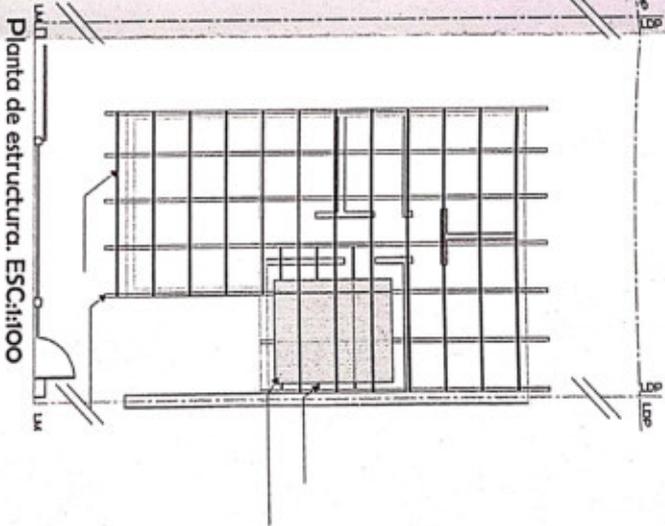
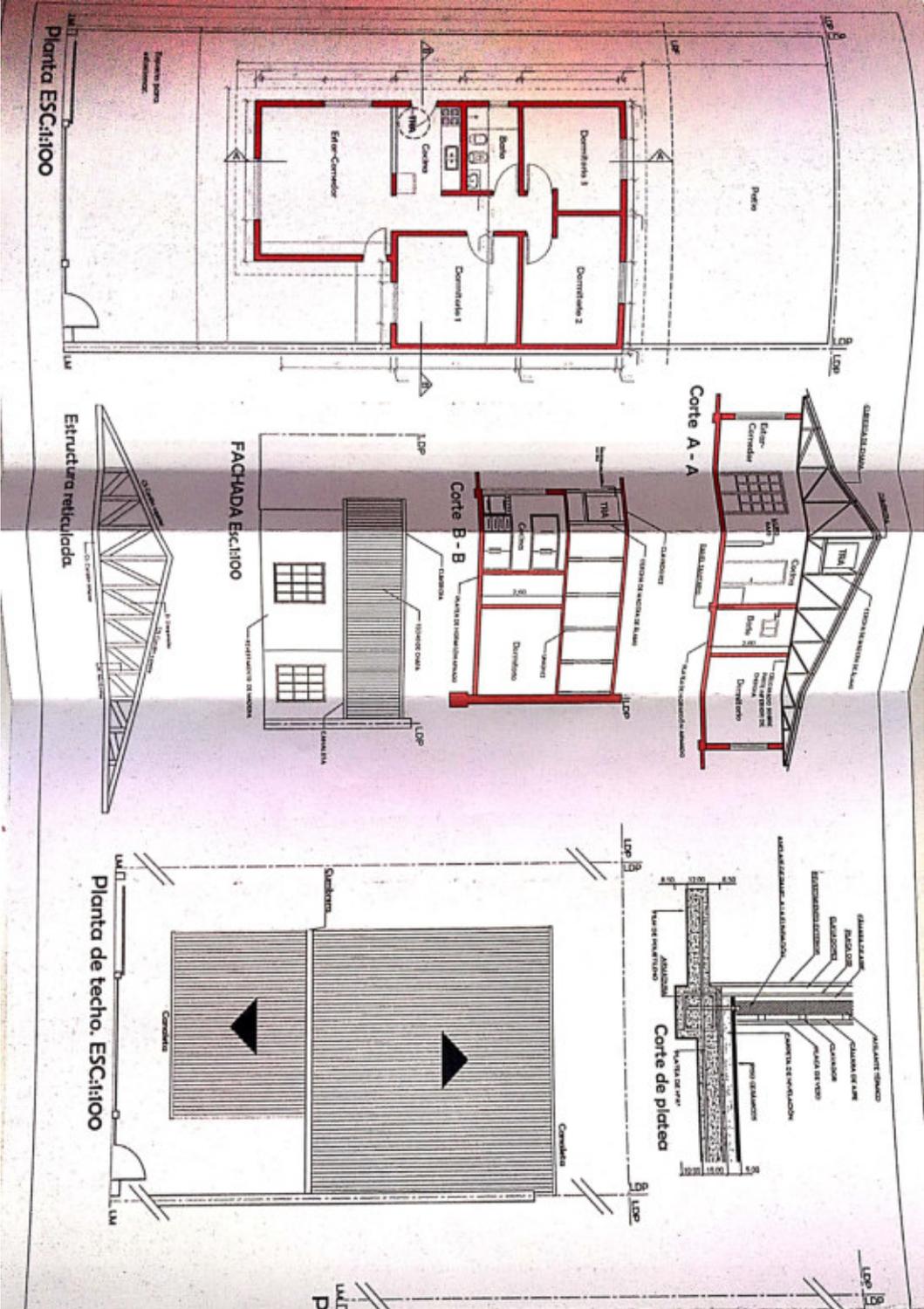
DE LA MAZA, JOANA VANESA

1:100

VIVIENDA DE MADERA DE ÁLAMO

pág. 110





UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - F.R.V.T.  
 PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 Alumna: DE LA MAZA, JOANA  
 Tema: VIVIENDA DE MADERA DE ÁLAMO  
 Escala: 1:100





**PLANTA EN 3D**









## **PLANTA DE INSTALACIONES**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - F.R.V.T.

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA CIVIL

Alumna: DE LA MAZA, JOANA

DE LA MAZA, JOANA VANESA

VIVIENDA DE MADERA DE ALAMO  
Plano de instalaciones

pág. 115

