

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

**” MÓDULO HABITACIONAL DE MADERA
CONTRALAMINADA (CLT)”**

Autora:

FERNÁNDEZ, María Guadalupe

Director Técnico:

GUILLAUMET, Alfredo A.

Director Académico:

REVELANT, Mauricio

Asesor Técnico:

FILIPPETTI, María Cecilia

Asesor Técnico:

MAGGIONI, Flaviano

Año 2021

Proyecto final N°84

Resumen

El presente proyecto final impulsa la utilización de los paneles CLT (madera laminada encolada) fabricados en madera de Pino Ponderosa reforestado en Río Negro, como nueva alternativa constructiva, poniendo en evidencia las ventajas que tiene el empleo de este material.

Se implementan dichos paneles en un módulo habitacional, para el cual se estudió el diseño de los espacios, de modo tal de lograr un modelo óptimo y funcional.

Se realiza el cálculo estructural, sometiendo el módulo a distintas cargas de sismo viento, nieve y montaje con el propósito de poder localizar el proyecto en cualquier parte del país, trasladándolo totalmente terminado, mediante una producción en fábrica para garantizar la calidad. Se realizó también el cálculo de uniones para el correcto funcionamiento estructural.

Posteriormente, se estudió y definió las estratigrafías componentes del módulo.

Finalmente se realizó el estudio económico.

Índice

1.	Introducción.....	1
2.	Objetivos.....	4
3.	Justificación e interés del tema	5
3.1.	Especie de madera.....	5
3.2.	Motivo de elección del material.....	5
4.	Material	7
4.1.	Propiedades físicas y químicas	7
4.1.1.	Peso propio	7
4.1.2.	Estabilidad dimensional	7
4.1.3.	Resistencia a la difusión del vapor y barrera de vapor.....	7
4.1.4.	Aislamiento o protección frente a las radiaciones.....	7
4.1.5.	Aislamiento acústico	8
4.1.6.	Impermeabilidad al aire.....	8
4.1.7.	Aislamiento térmico	8
4.1.8.	Comportamiento frente al fuego	8
4.2.	Propiedades mecánicas	9
4.2.1.	Mecanizados.....	9
4.2.2.	Resistencia mecánica y estabilidad	9
4.2.3.	Comportamiento frente a sismo	9
4.3.	Geometría del panel CLT.....	9
4.3.1.	Medidas de la sección transversal	10
4.3.2.	Grosor de capa.....	10
4.3.3.	Ranuras y encolados de canto	10
4.3.4.	Distribución (incluyendo la orientación de las capas)	11
5.	Sostenibilidad en la construcción	14
5.1.	Sostenibilidad en la construcción tradicional	14

5.1.1.	Sostenibilidad ambiental	14
5.1.2.	Sostenibilidad social.....	17
5.1.3.	Sostenibilidad económica.....	21
5.2.	Sostenibilidad en la construcción con CLT.	26
5.2.1.	CLT en la actualidad	40
6.	Proyecto de módulo habitacional.....	44
6.1.	Uso del módulo habitacional.....	44
6.2.	Localización	44
6.3.	Diseño arquitectónico	45
6.4.	Terreno	48
6.5.	Sistema estructural propuesto	49
7.	Cálculo	50
7.1.	Reglamentación.....	50
7.2.	Determinación de cargas	51
7.2.1.	Viento.....	52
7.2.2.	Sismo	54
7.2.3.	Nieve	58
7.2.4.	Montaje.....	64
7.3.	Cálculo estructural	65
7.3.1.	Software	65
7.3.2.	Propiedades mecánicas de la especie Pino Ponderosa	68
7.3.3.	Cálculo de paneles CLT	70
7.4.	Cálculo de uniones	75
7.4.1.	Uniones y solicitaciones	75
7.4.2.	Tipología de conexiones.....	77
7.4.3.	Dimensionamiento de uniones	78
8.	Estratigrafías de piso, pared y techo.....	93

8.1.	Software “Ubakus”	93
8.2.	Estudio climático.....	96
8.2.1.	Humedad y temperatura interior	96
8.2.2.	Humedad y temperatura exterior.....	96
8.3.	Estratigrafía de pared	97
8.4.	Estratigrafía de techo	99
8.5.	Estratigrafía de piso	100
8.5.1.	Estratigrafía del piso del baño.....	100
8.5.2.	Estratigrafía de piso del resto de los locales	101
8.6.	Coeficientes de transmitancia térmica	102
9.	Costo del módulo habitacional	104
10.	Conclusiones	105
11.	Bibliografía	108
12.	Anexo A	110
13.	Anexo B	118
14.	Anexo C	178
15.	Anexo D	180

1. Introducción

Este trabajo surge con la idea de utilizar como elemento de construcción el panel CLT (Cross Laminated Timber) que significa, “Madera laminada cruzada” o “Madera contralaminada”. Estos paneles cumplen la función estructural y de cerramiento.

La especie elegida para conformar el panel CLT es el Pino Ponderosa reforestado en Río Negro.

Dicho panel se constituye pegando diversas capas de madera.



Figura 1: Panel CLT.

Cada capa se compone de tablas de madera aserrada que se unen entre sí, formando una capa o tablero.



Figura 2: Tabla aserrada.



Figura 3: Tablero.

La unión de las tablas que conforman el tablero, son las siguientes:

- Sentido transversal de las tablas: uniones del tipo “Finger”.

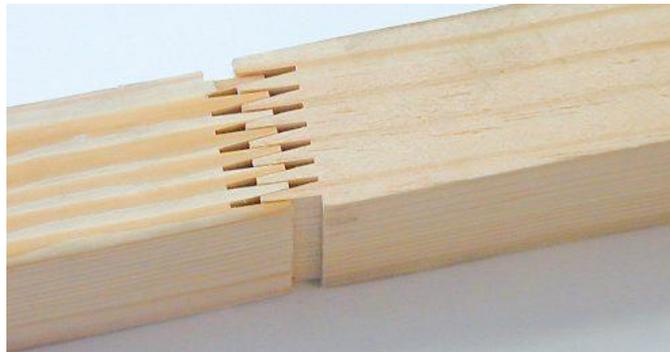


Figura 4: Unión Finger.

- Sentido longitudinal a las tablas: pueden estar pegadas con material adhesivo o no.

Cada capa adyacente se pegará, de manera tal, que las fibras de madera de cada tablero sean perpendiculares entre sí.

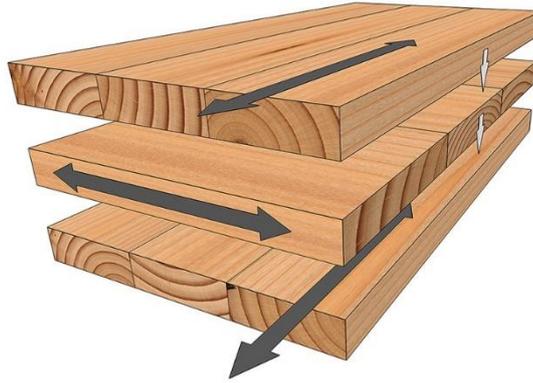


Figura 5: Tableros perpendiculares.

Posterior a la elección del material, decidí emplearlo en la realización del proyecto de un módulo habitacional, contemplando que el emplazamiento podría realizarse en cualquier parte de Argentina.

2. Objetivos

Los objetivos del proyecto final son los siguientes:

- Diseño del módulo habitacional.
- Cálculo estructural de los paneles CLT constituyentes del módulo habitacional.
Esto incluye verificaciones de sismo, viento, nieve y montaje.
- Cálculo de uniones.
- Definición de la estratigrafía de pared y techo para lograr eficiencia térmica.
- Costo de la construcción en CLT.

3. Justificación e interés del tema

3.1. Especie de madera

“El pino Ponderosa se introdujo en la Patagonia Argentina en el comienzo del siglo XX y de manera intensiva las primeras plantaciones para la producción de madera se establecieron en la década de los 70. Actualmente es la especie forestal más plantada en la región de los andes patagónicos, concentrándose en la pre-cordillera andina de las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut (Gonda, 2001), con una superficie total cercana a las 100 mil ha según el Inventario de Plantaciones Forestales de 2015. Esta amplia superficie con bosques implantados hace relevante el estudio de sus propiedades estructurales con el fin de obtener su incorporación a los suplementos del reglamento CIRSOC 601.” (Filippetti, Guillaumet, & Manavella, Publicación en proceso).

Este fragmento de la publicación científica, deja en evidencia los trabajos de investigación que determinaron las características mecánicas del pino Ponderosa reforestado en Río Negro; cuyo trabajo realizó GIDEC (Grupo de Investigación y Desarrollo de Estructuras Civiles), perteneciente a la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Venado Tuerto.

Por lo expresado anteriormente se eligió dicho material para conformar el panel CLT, debido a su extensa plantación y el conocimiento de las propiedades mecánicas de la especie.

3.2. Motivo de elección del material

La madera es uno de los primeros materiales que ha empleado el hombre para construir sus refugios; con el paso del tiempo y el desarrollo de la técnica, se han descubierto nuevos materiales que poco a poco han desplazado, sobre todo en algunos países, el empleo de la madera en la construcción, ya que esta, a causa del poco desarrollo en su técnica, limitaba mucho la libertad, que el hormigón y el acero proporcionaban.

En la actualidad, al ser conscientes del cambio climático global, la sociedad se ha visto obligada a buscar nuevos materiales y técnicas, a la vez que reinterpretar los antiguos, olvidados en las últimas décadas. Así sucede en el caso de la madera, la cual ha tenido una enorme evolución en las últimas décadas, y se ha convertido en uno de los mejores materiales de construcción sostenible.

El empleo de madera proveniente de bosques con explotación controlada, evitando siempre la deforestación, se ha convertido en la alternativa a aquellos sistemas constructivos con un grave índice de contaminación, suponiendo una alta eficiencia a largo plazo, en todas sus fases, desde la tala, hasta su posible reciclado como componente del edificio.

Por otro lado, la madera es un material ligero; los edificios de madera pesan menos, por tanto, el volumen de su cimentación es menor, consiguiendo una actuación sobre el suelo menor.

Finalmente, la construcción en madera está completamente industrializada, con todas las ventajas que este hecho supone: abundan los elementos prefabricados; se facilita el control de calidad; rapidez de montaje al tratarse de uniones secas; flexibilidad y capacidad de reutilización de materiales. Todo ello en beneficio de la sostenibilidad de la construcción y mejora del medio ambiente. (Álvarez del Río, 2016)

4. Material

4.1. Propiedades físicas y químicas

4.1.1. Peso propio

La mayor parte de las estructuras utilizadas en edificación se construyen con hormigón armado y acero estructural. El empleo masivo de estos materiales supone un derroche de energía. Teniendo en cuenta que la mayor parte de la carga soportada en los edificios de viviendas es debida a su peso propio, surge la oportunidad para otros materiales más ligeros que tienen una menor demanda de energía para su incorporación a la obra. (Fernández Forcada, 2015).

Esta cualidad incide directamente en las dimensiones necesarias para la fundación de la estructura.

4.1.2. Estabilidad dimensional

Debido a su constitución de láminas cruzadas su estabilidad dimensional mejora respecto a la madera maciza, no obstante, se puede manifestar una vez instalada, aperturas de juntas laterales entre las tablas. (Álvarez del Río, 2016)

4.1.3. Resistencia a la difusión del vapor y barrera de vapor

Al ser un sistema masivo a base de madera, permite el intercambio de vapor de agua con el interior, independientemente de que se limite éste por razones de durabilidad o de aislamiento térmico.

Tiene la capacidad de almacenamiento de humedad, entre otras muchas propiedades positivas para la calidad del ambiente interior, posee la de equilibrar la humedad ambiental, absorbiéndola o liberándola, aproximando su valor a niveles idóneos para el bienestar humano.

(Álvarez del Río, 2016)

4.1.4. Aislamiento o protección frente a las radiaciones

Cuando estos tableros se usan como único elemento constructivo, el edificio funcionaría teóricamente como una caja de Faraday por lo que algunos fabricantes resaltan su aislamiento o protección frente a las radiaciones electromagnéticas de cualquier origen.

4.1.5. Aislamiento acústico

El CLT tiene una densidad mucho más elevada que cualquier otro sistema constructivo actual en madera, por lo que es mejor en cuanto al aislamiento acústico. No obstante, esta propiedad es inferior a la del hormigón. Esto se debe a que mientras mayor sea la densidad del material, más aislante acústico será.

Para brindar aislamiento acústico en estructuras de CLT, se emplean membranas especiales en las juntas y debajo de los solados de entresijos.

4.1.6. Impermeabilidad al aire

Los paneles conformados por 5 capas o más, son considerados impermeables al aire; no así, paneles de 3 capas.

Para asegurar la impermeabilidad al aire, deben emplearse membranas en paredes, techo y juntas.

4.1.7. Aislamiento térmico

La baja conductividad de la madera, provoca una resistencia al paso de calor, que la convierte en un buen aislante térmico, con un valor estimado de $\lambda = 0.13$ W/mK (Watt por metro-Kelvin). Este valor es realmente bajo, comparado con otros materiales de construcción como el ladrillo, cuya conductividad ronda entre 0,85 y 0,32, mientras que el hormigón, tiene un valor de 2,5.

Es muy importante el sellado de juntas para evitar puentes térmicos¹.

4.1.8. Comportamiento frente al 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

¹ Puente térmico: es una zona puntual o lineal, de la envolvente de un edificio, en la que se transmite más fácilmente el calor que en las zonas aledañas, debido a una variación de la resistencia térmica. Se trata de un lugar en el que se rompe la superficie aislante o se carece de ésta.

ha sido carbonizada mantiene sus características resistentes en condiciones normales, pese a la actuación de incendio.

4.2. Propiedades mecánicas

4.2.1. Mecanizados

“Los tableros suelen estar mecanizados en distintas partes, en sus cantos, para mejorar las juntas estructurales, en su cara (huecos de ventanas y puertas o inclinaciones para formar pendientes), o en su interior (canalizaciones para pasos de electricidad, tuberías, etc.).” (Álvarez del Río, 2016)

4.2.2. Resistencia mecánica y estabilidad

“La madera es capaz de resistir tensiones más elevadas si la duración de la carga es corta. La construcción resulta más eficaz cuanto menor es su peso propio en comparación con las acciones variables.” (Álvarez del Río, 2016)

4.2.3. Comportamiento frente a sismo

El sismo provoca esfuerzos máximos con duraciones muy breves ante los cuales la madera presenta la ventaja de una mayor resistencia. Las uniones permiten grandes deformaciones plásticas disipando la energía del efecto del movimiento sísmico. (Álvarez del Río, 2016)

Por su parte, los paneles de CLT poseen una gran capacidad para absorber energía y para resistir cargas de impacto. Por ello, pueden crear un sistema eficaz de resistencia a la carga lateral.

Los investigadores han llevado a cabo extensas pruebas sísmicas en madera laminada cruzada y han encontrado que funcionan excepcionalmente bien sin deformación residual, particularmente en aplicaciones de varios pisos.

4.3. Geometría del panel CLT

A continuación, se indicarán las posibilidades en cuanto a la geometría del panel, según lo describe la norma española UNE-EN 16351: “Estructura de madera – Madera contralaminada – Requisitos”.

Antes debemos tener presente el concepto de que el panel trabaja repartiendo las cargas en un solo sentido principal, el sentido secundario, sirve para mantener unidas las

tablas del sentido principal (no obstante, colaborará en la repartición del esfuerzo). Es por esto, que comercialmente el panel se encuentra de 3, 5 o 7 capas (siempre impares), para que la orientación de las capas que transmiten los esfuerzos en el sentido principal, sean siempre simétricas respecto el eje de simetría del panel.

4.3.1. Medidas de la sección transversal

El grosor total de la madera contralaminada no debe ser mayor de 500mm.

4.3.2. Grosor de capa

El grosor acabado t_i de cada capa debe ser mayor o igual a 6 mm y menor o igual a 45 mm, excepto para madera contralaminada de tres capas en la que la capa central puede tener un grosor acabado menor o igual a 30 mm.

4.3.3. Ranuras y encolados de canto

Para reducir el alabeo y fisuración, las láminas pueden ranurarse. La profundidad máxima de las ranuras será del 90% del grosor de la lámina y la anchura máxima será 4 mm. Véase la siguiente figura:

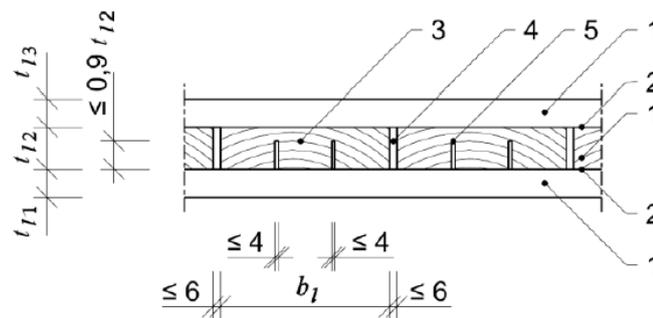


Figura 6: Geometría admisible en las ranuras.

Leyenda:

- 1 Capas de madera
- 2 Líneas de encolado entre las capas
- 3 Lámina
- 4 Holgura entre láminas
- 5 Ranuras de las láminas

Las láminas contiguas pueden encolarse de canto o no. La anchura de la holgura entre láminas contiguas en el interior de una capa de madera debe ser menor o igual a 6 mm.

La anchura acabada de cada lámina b_l en una capa que no está encolada de canto, las distancias entre las ranuras contiguas de las láminas y la distancia entre las ranuras y los cantos de las láminas, deben ser mayores o iguales a 40 mm. La anchura acabada b_l de cualquier lámina debe ser menor o igual a 300 mm. Véase en la siguiente figura:

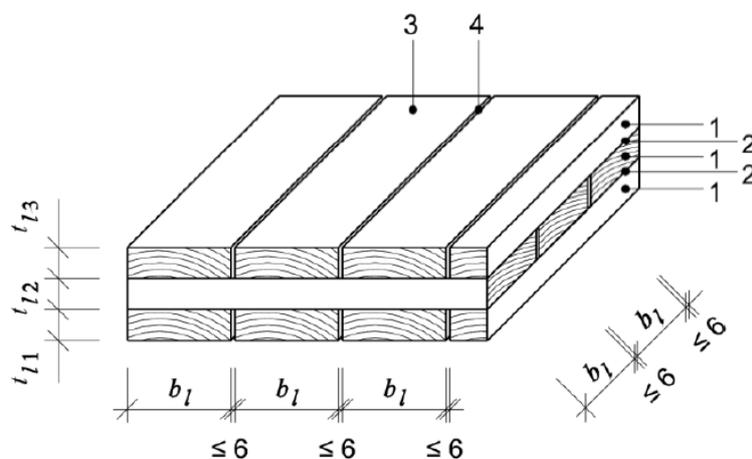


Figura 7: Ejemplo de distribución constituida por tres capas de madera.

Leyenda:

- 1 Capa de madera
- 2 Línea de encolado entre las capas
- 3 Lámina
- 4 Holgura entre láminas

4.3.4. Distribución (incluyendo la orientación de las capas)

Cada distribución debe estar constituida como mínimo por tres capas, de las cuales, dos como mínimo deben estar constituidas por láminas de madera. La figura anterior es un ejemplo de distribución de un elemento de tres capas.

Las capas constituidas por láminas o tableros de madera maciza deben disponerse perpendicularmente, excepto si se cumplen las siguientes condiciones: en madera contralaminada constituida por cinco capas o más, hasta tres capas contiguas teniendo un grosor total que no supere 90 mm pueden encolarse paralelamente a la dirección de la

fibra, en el sentido de uno de los ejes principales del elemento de madera contralaminada.
Véase la siguiente figura:

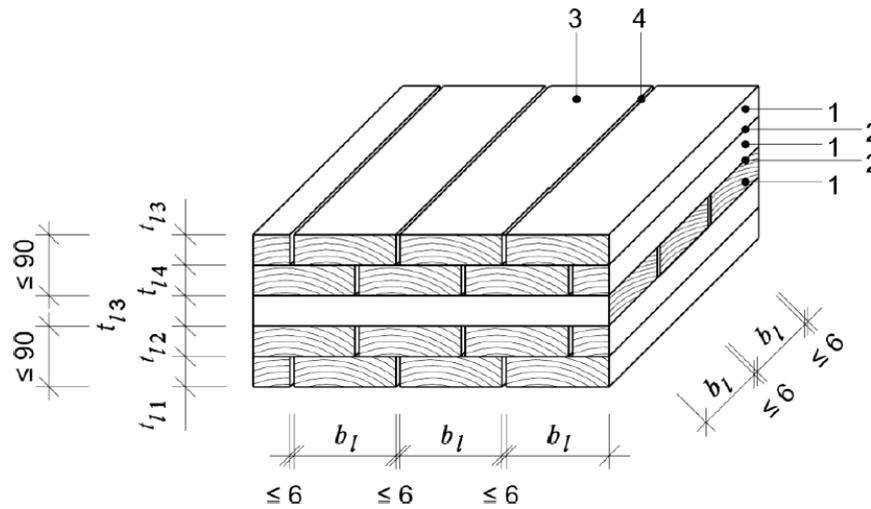


Figura 8: Ejemplo de distribución constituida por 5 capas de madera, estando las capas exteriores encoladas en dirección paralela a la fibra.

Leyenda:

- 1 Capa de madera
- 2 Línea de encolado entre las capas
- 3 Lámina
- 4 Holgura entre láminas

Otra variante de los tableros de CLT, es incorporar a estos tableros derivados de la madera, como son contrachapado estructural, madera microlaminada estructural (LVL) y tableros de madera maciza estructurales conformes con la Norma EN 13986. A continuación, se muestra la figura que lo ejemplifica:

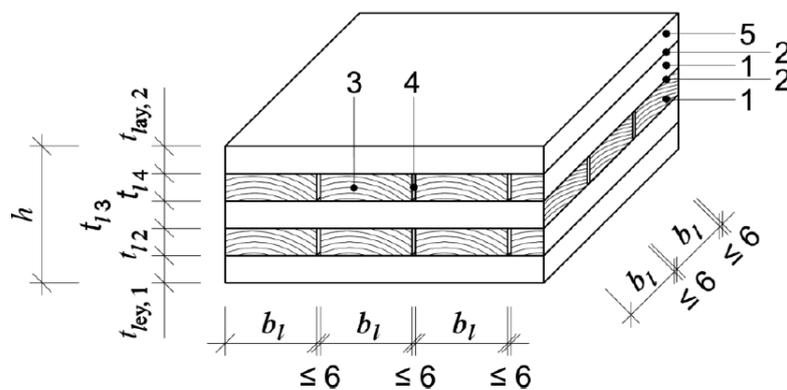


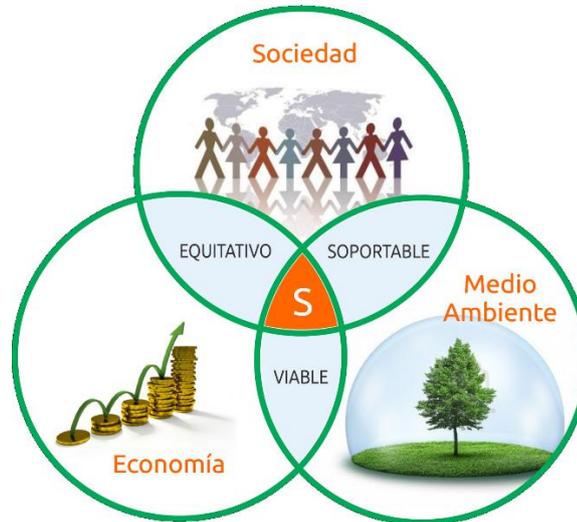
Figura 9: Ejemplo de distribución incluyendo tableros derivados de la madera.

Leyenda:

- 1 Capa de madera
- 2 Línea de encolado entre las capas
- 3 Lámina
- 4 Holgura entre láminas
- 5 Capa de tableros derivados de la madera

5. Sostenibilidad en la construcción

Hablar de sostenibilidad, significa garantizar el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social.



5.1. Sostenibilidad en la construcción tradicional

5.1.1. Sostenibilidad ambiental

La industria de la construcción es la que más consume recursos naturales, comparado con otras industrias. Representando el 40% del flujo de materias primas de la economía mundial cada año. Esto equivale a alrededor de 3 mil millones de toneladas anuales, en gran parte compuestas por recursos no renovables.

A pesar del daño ya aparente causado por la explotación de materias primas, nuestro consumo de recursos naturales, impulsado en gran parte por la industria de la construcción, continúa creciendo y acelerándose.

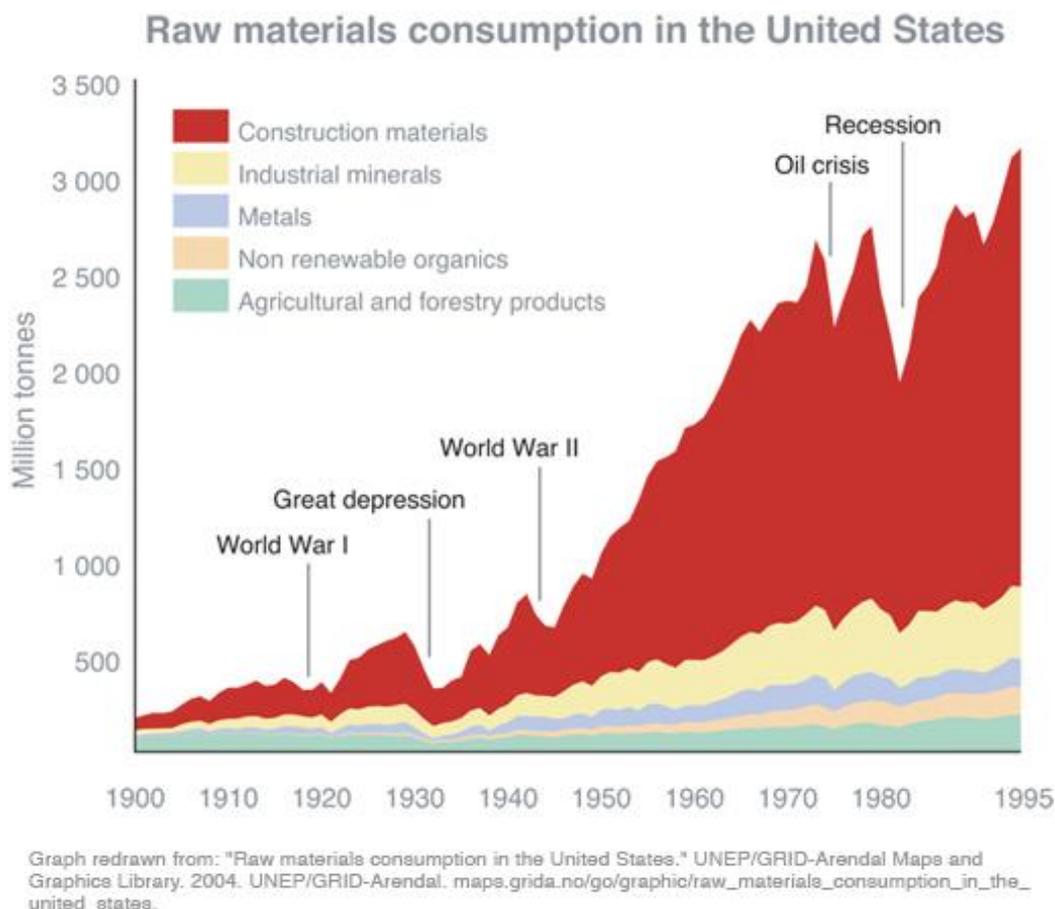


Figura 10: Consumo de recursos de distintas industrias

Desafortunadamente, el impacto ecológico del uso de materiales va mucho más allá del agotamiento de las materias primas. La recolección, extracción y procesamiento de nuevos materiales contamina la tierra, el aire y el agua, amenazando los ecosistemas y el hábitat de la vida silvestre.

El proceso de fabricación de nuevos materiales consume mucha agua y energía y contribuye a la contaminación y la degradación ecológica local y mundial.

La vida útil final de los edificios y los materiales implica una continuación de los efectos destructivos del consumo de materiales. Sin embargo, reconsiderar la naturaleza de los "desechos" ofrece una oportunidad para evitar los problemas de eliminación y minimizar los impactos a lo largo del ciclo de vida de un material.

Resulta evidente la necesidad de encontrar formas más inteligentes y eficientes de diseñar, construir y reutilizar edificios para reducir el consumo de materiales, orientándonos a un futuro sostenible.

(Minnesota, 2021)

Así mismo, la industria de la construcción a nivel global, es la que genera más desechos.

Waste generation by economic activities and households, EU-28, 2016

(%)

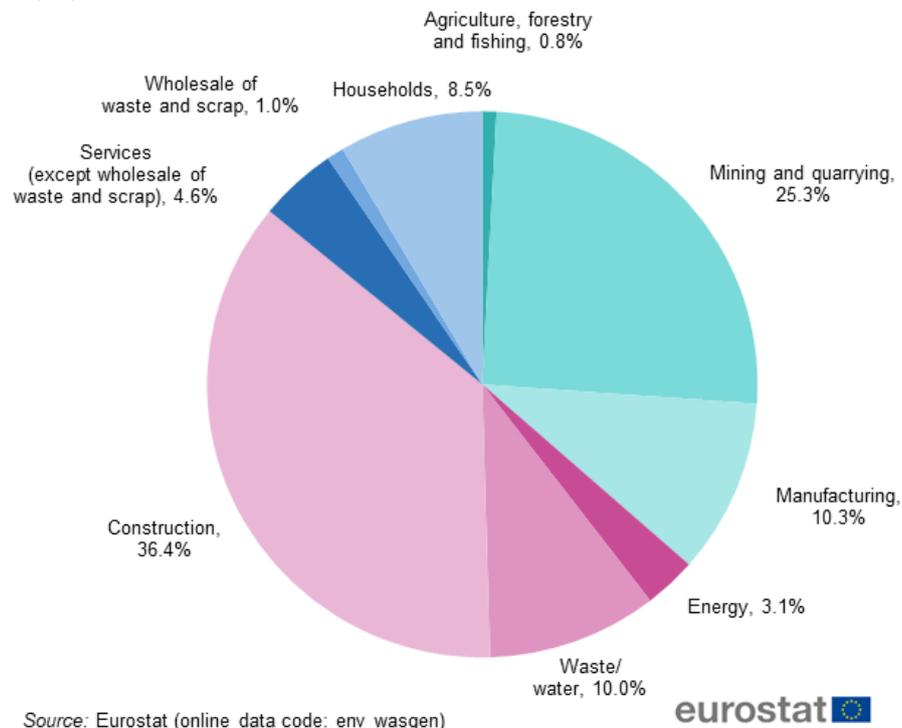


Figura 11: Generación de residuos por distintas actividades económicas y hogares.

Por otra parte, el sector de la construcción provoca aproximadamente el 39% del CO₂ global anual. Más de un tercio del uso de la energía total y las emisiones de CO₂ es el resultado del sector de la construcción en los países desarrollados y en desarrollo.

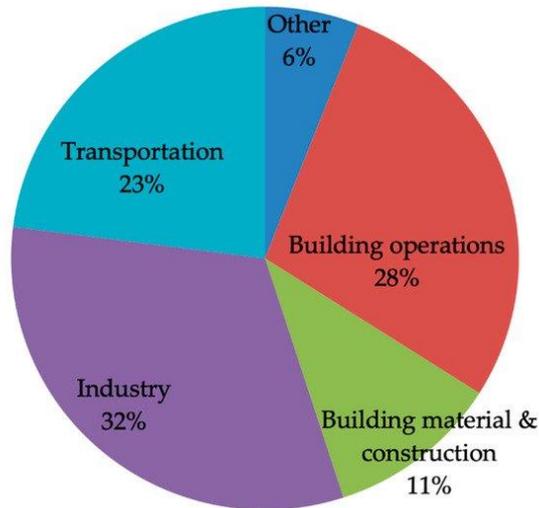


Figura 12: Producción de CO2 global anual.

(Sección Aire, 2020)

5.1.2. Sostenibilidad social

El objetivo central de la sostenibilidad social, es la gestión responsable de recursos, lo que significa garantizar que la actividad humana se desarrolle de una manera que no destruya el entorno de las comunidades en donde se realiza.

Uno de los temas centrales, son las muertes producidas en la industria de la construcción en Argentina.

De acuerdo al informe provisorio por la SRT (Superintendencia de Riesgos del Trabajo), entre enero y septiembre de 2019 se contabilizaron 415.737 accidentes en el ámbito laboral, y un total de 420 casos mortales. Vale aclarar que los datos oficiales no contabilizan a los trabajadores "en negro", es decir, no registrados.

DISTRIBUCIÓN DE CASOS MORTALES POR RAMA DE ACTIVIDAD



Figura 13: Distribución en porcentaje de la mortalidad laboral.

Los rubros del transporte (19 %) y la construcción (16 %) son los que más decesos suman. Dejando este último una cifra de 68 fallecidos en 9 meses.

(RT, 2020)

Por otra parte, la industria de la construcción, se diferencia con otras industrias manufactureras, desde el punto de vista de que las actividades constructivas se generan en el lugar donde se desarrolla la obra. Esto significa, que el trabajo es móvil, teniendo que trasladarse los trabajadores de un lugar a otro, incluso vivir temporalmente lejos de su hogar.

Otro aspecto desde el punto de vista social, son las condiciones laborales no controladas. Muchas veces las construcciones están expuestas a la intemperie, sujetas a la variabilidad del clima, como la lluvia, el sol, y excesos de calor que inciden tanto en el trabajador como en los procesos de construcción.

(Zilic, 2019)

Finalmente, otra cuestión a considerar, es la empleabilidad de la mujer en la industria de la construcción, junto con la brecha salarial.

Según un artículo publicado por el Ministerio de trabajo, Empleo y Seguridad social de Argentina en el año 2017; el crecimiento de la participación de las mujeres en el mercado laboral se ha manifestado en todos los países latinoamericanos, aunque con diferentes intensidades.

En comparación con décadas anteriores, las mujeres de la región dedican hoy una mayor cantidad de su tiempo a trabajar en el mercado laboral. No obstante, la brecha de participación laboral entre varones y mujeres en América Latina todavía está lejos de cerrarse y continúa entre las más altas del mundo.

Cuadro 9. Participación de varones y mujeres en el empleo registrado por sector de actividad. 3º Trim. 2016.

Sector	Varones	Mujeres
Actividades Primarias	88,8%	11,2%
Industria	81,0%	19,0%
Electricidad, gas y agua	82,8%	17,2%
Construcción	94,0%	6,0%
Comercio	64,9%	35,1%
Servicios	55,6%	44,4%
■ Enseñanza	26,4%	73,6%
■ Salud	28,8%	71,2%
■ Trabajo doméstico remunerado ¹	1,3%	98,7%
Total	67,2%	32,8%

Fuente: Observatorio de Empleo y Dinámica Empresarial, DGEyEL, SSPTyEL, MTEySS, en base al SIPA
¹DGEyEL, SSPTyEL, MTEySS, en base a la EPH INDEC. 1er. Trim. 2017.

Figura 14: Empleabilidad de varones y mujeres según actividad.

Observamos que la empleabilidad de la mujer en la industria de la construcción tiene un valor del 6%, lo cual es demasiado bajo.

No obstante, podría decirse que la brecha de empleabilidad en el rubro, es por cuestiones lógicas de obreros hombres trabajando en la construcción. Sin embargo, se puede observar en el siguiente cuadro que, para puestos de Dirección o Jefaturas intermedias de producción, los porcentajes de mujeres en dichos puestos, son del 15% y 8% respectivamente.

Cuadro 22. Participación en puestos de decisión según rama de actividad. Abril 2017.

Tipo de Actividad	Dotación Total		Dirección ¹		Jefaturas Intermedias ² Administración		Jefaturas Intermedias ² Producción		Resto de Dotación ³ Administración		Resto de Dotación ³ Producción	
	Var.	Muj.	Var.	Muj.	Var.	Muj.	Var.	Muj.	Var.	Muj.	Var.	Muj.
Industria manufacturera	78%	22%	79%	21%	65%	35%	84%	16%	49%	51%	82%	18%
Construcción	92%	8%	85%	15%	64%	36%	92%	8%	53%	47%	97%	3%
Comercio, restaurantes y hoteles	64%	36%	77%	23%	57%	43%	70%	30%	44%	56%	67%	33%
Transporte, almacenaje y telecomunicaciones	87%	13%	71%	29%	70%	30%	87%	13%	60%	40%	93%	7%
Servicios financieros y prestados a las empresas	65%	35%	76%	24%	65%	35%	79%	21%	54%	46%	69%	31%
Servicios sociales básicos y prestados a las personas	35%	65%	40%	60%	45%	55%	56%	44%	30%	70%	36%	64%
Total	64%⁴	36%⁴	66%	34%	61%	39%	77%	23%	46%	54%	68%	32%

Fuente: Encuesta de Indicadores Laborales (EIL), SSPEyEL, MTEySS

¹ Dirección: presidencia, dirección y gerencias, que no sean personas propietarias.

² Jefaturas intermedias: jefatura de sector, jefatura de departamento, capataces, etc.

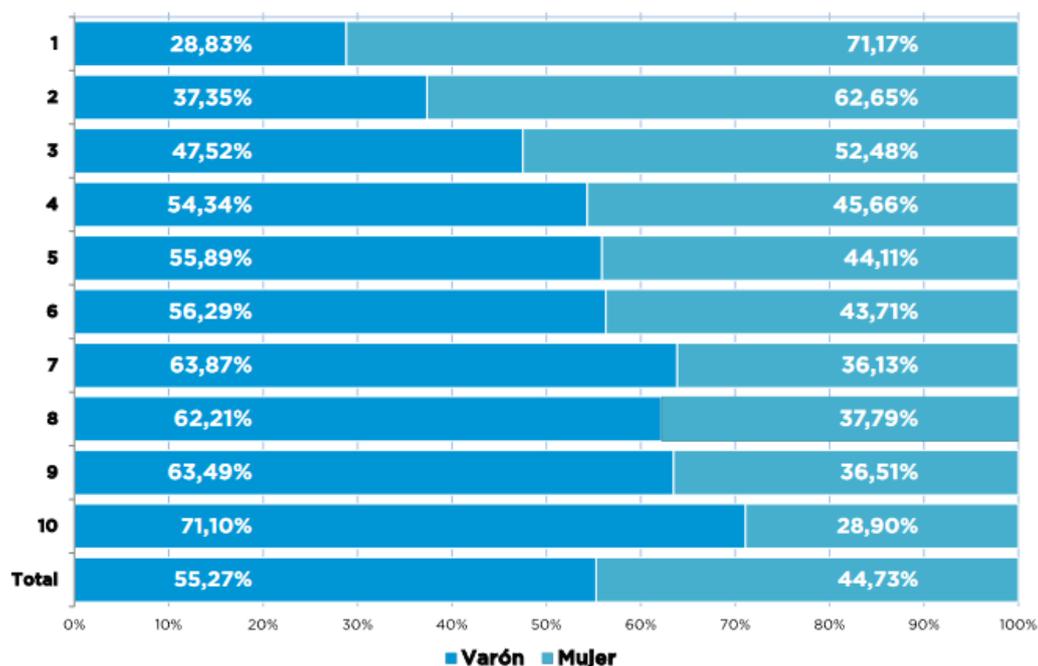
³ Resto dotación: profesionales, operadores/as, etc.

⁴ Valores para 2do. Trim. 2017

Figura 15: Participación de hombres y mujeres en puestos de decisión.

Además de esto, se observa una notable brecha salarial entre varones y mujeres.

Según datos del INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo), las mujeres se sitúan mayoritariamente dentro del grupo de menores ingresos. En el decil 1, el inferior de la escala, se concentran 1.103.056 mujeres, mientras que los varones son 525.382. Por el contrario, en el decil 10, donde se agrupa la población de mayores ingresos, la proporción es inversa. Allí, los varones son 1.029.050 y las mujeres son 596.869.

Gráfico 4. Distribución por decil de ocupación principal de varones y mujeres. 1er Trim. 2017
EPH. INDEC.

Fuente: Evolución de la distribución del ingreso. EPH. INDEC.

Figura 16: Porcentaje de ocupación de hombres y mujeres, desde el "Decil 1"(población de menor ingreso) y "Decil 10" (población de mayor ingreso).

(Ministerio de trabajo, Empleo y Seguridad Social, 2017)

5.1.3. Sostenibilidad económica

El rubro de la construcción es de gran importancia para la economía del país; en principio porque da empleo a más de 700 mil personas y beneficia a otras 66 ramas de las industrias manufactureras, según estadísticas del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía).

Este gran alcance del rubro, despierta la necesidad de utilizar responsablemente los recursos (agua, energía, materiales, etc.) y generar la menor cantidad de desechos posibles, debido a que el consumo de materiales y la generación de residuos es una carga tanto económica como ecológica. La reducción del uso de materiales en la construcción de edificios ofrece un beneficio financiero inmediato a los constructores y residentes. Huellas de construcción más pequeñas y simples, así como un uso más eficiente de los materiales en el sitio (ya sean nuevos o reutilizados de una construcción existente), son formas claras de mejorar el resultado final al reducir el costo general de los materiales para un proyecto. (Minnesota, 2021)

Para que el rubro sea sostenible económicamente, se pueden implementar, por ejemplo:

- Construcciones que utilicen energía solar, geotermia, terrazas verdes o los reciclados que propician una mejor calidad de vida a la obra y a sus habitantes. De este modo, logramos que, durante la vida útil de la construcción, consuma menos cantidad de energía.
- Aplicar economía circular en la construcción, lo que consiste en reutilizar los recursos y maximizar, por ende, el aprovechamiento de los mismos. En una economía circular se busca entonces que los recursos aporten el máximo valor, es decir, que se mantengan en el proceso (aplicado a la construcción en este caso) durante el mayor tiempo posible. Pasar de una economía lineal (un usar y tirar a grandes rasgos) a una economía circular.

(S&P, La economía circular en la construcción. Aplicación, materiales y beneficios, 2020)

Para generar construcciones de economía sostenible, se requiere de un cambio en la perspectiva de empresas, instituciones y gobiernos, donde los modelos tengan un enfoque solidario y favorezcan la inclusión desde lo económico, social, cultural, político y ecológico.

Cuando se trata de describir un proyecto, no podemos dejar al margen temas como el uso de suelo, la habitabilidad y especialmente la sostenibilidad. Las variables de la economía se encuentran intrínsecamente relacionadas con la arquitectura, y es un hecho que es importante explorarlas para dar pie a propuestas que combinen estos dos aspectos, para que, al momento de construir cada obra, se beneficien nuestras ciudades y el medio ambiente.

La arquitectura verde, ecológica o sostenible representa un ahorro significativo cuando hacemos una correcta administración de los materiales, especialmente si son alternativas que en un principio pueden representar una considerable inversión pero que al mediano plazo se recupera y genera ganancia con creces.

(Álvarez Coghlan, s.f.)

Otro aspecto importante en el que debemos enfocarnos, es en la poca inversión en el sector de I+D+i (Investigación, desarrollo e innovación).

La industria de la construcción en general se encuentra rezagada con respecto a: el nivel tecnológico comparado con otros sectores de la industria; el nivel tecnológico alcanzado en la investigación tanto en productos de construcción y técnicas constructivas, así como también; el nivel de desarrollo de la construcción en otros países. Diversos factores influyen en la lentitud en que se adoptan los nuevos avances tecnológicos en nuestro medio. Entre estos factores encontramos: (i) las empresas constructoras son altamente conservadoras y adversas al riesgo; (ii) hasta la fecha éstas no han encontrado la necesidad de mejorar sus procesos ya que la rentabilidad que han obtenido los ha satisfecho; (iii) sus competidores son también altamente conservadores. Estos factores generan una cierta negación de la industria de la construcción ante el cambio y la modernización. Así pues, son pocas las empresas que vislumbran las innovaciones tecnológicas como oportunidades poderosas de generar negocios

Es importante, por lo tanto, que se promueva la innovación tecnológica en la industria de la construcción, mediante la incorporación de la filosofía de innovación entre los estudiantes, profesionales, y empresarios de la industria. Es necesario, además, que se divulguen las diferentes oportunidades de negocios que la innovación tecnológica puede ofrecer, y que se planteen recomendaciones concretas para la innovación en la construcción, en donde se enfatizen las ventajas que las empresas puedan llegar a obtener de las innovaciones, y el rol que éstas ocupan en el desarrollo del país. Esto generaría una ola de competitividad en la industria, que a la larga permitiría aumentar el nivel tecnológico promedio del país, y con ello su productividad y calidad.

En el ámbito de la construcción la propagación de nuevas tecnologías ha sido tradicionalmente un proceso muy lento y limitado cuyo resultado es que en la actualidad esta actividad es de baja sofisticación y muy dependiente de la mano de obra. Por lo tanto, la introducción de nuevas tecnologías en la industria de la construcción tiene un impacto significativamente mayor del que se puede esperar en otros sectores productivos. Esto genera una excelente oportunidad de negocio para el empresario de la construcción, donde las nuevas herramientas son muy importantes para sobrevivir en un mercado cada vez más competitivo.

La innovación tecnológica en la construcción, no sería un problema, debido a que la industria de la construcción en Argentina, así como en muchos otros países, se caracteriza por su bajo nivel tecnológico. Las edificaciones desde hace 20 años, utilizan prácticamente los mismos sistemas constructivos, así como los mismos materiales que se emplean en la actualidad.

Oportunidades Basadas en Tecnologías Existentes: Captación y Adaptación de Tecnologías Innovadoras

El mecanismo más sencillo de innovación tecnológica es la adopción de tecnologías ya existentes, las que han sido desarrolladas en otros países por investigadores, por fabricantes de productos o equipos, o bien que están siendo utilizadas en la actualidad por las empresas de la competencia. Los fabricantes y/ o distribuidores de equipo de construcción, por ejemplo, realizan un gran esfuerzo en el desarrollo y mejoramiento tecnológico, y promoción de sus productos.

No obstante, muchas de las empresas constructoras no han profundizado en el tema, y pese a que existen diferentes mecanismos de disseminación de la tecnología innovadora, la utilización de estas innovaciones parece no interesarles aun cuando esto les podría generar una mayor competitividad, o incrementos en los márgenes de ganancias de la empresa. Probablemente la fuente más importante de información de tecnologías es la Universidad, ya que los académicos por lo general se encuentran en constante contacto con el medio de la construcción a nivel nacional e internacional, por lo que se ven expuestos a los desarrollos innovadores de un gran número de empresas.

El profesional tiene, por lo general, una mentalidad permeable a cambios y mejoramientos continuos, ya que ciertos materiales y técnicas que fueron los más eficientes en un determinado momento, pueden no ser tan eficientes en la actualidad. El ejemplo clásico de esto son los cambios en costos de construcción relacionados al incremento en el costo de mano de obra. Lo que hace que ciertas herramientas o métodos que reduzcan la intensidad de utilización de mano de obra, comiencen a ser más atractivas bajo determinadas circunstancias.

Oportunidades Basadas en la Investigación

La universidad juega un rol altamente importante en el desarrollo de un país. Esto es de conocimiento general en los países desarrollados, y actualmente en algunos países

como Argentina existe un desconocimiento del potencial que ofrecen las universidades en las áreas de investigación y desarrollo, así como la posibilidad de convertirse en incubadoras de empresas innovadoras.

La universidad ofrece primero, la oportunidad de encontrar el estado del arte de la información necesaria para cada tema. Además, tiene una gran fuente de publicaciones nacionales e internacionales, en forma de revistas, tesis, libros, etc. Adicionalmente, la comunicación a través de internet facilita la ubicación no sólo de las publicaciones, sino también de las personas que condujeron la investigación y que escribieron dichos artículos. Por lo tanto, se puede decir sin temor a equivocarse que, la tecnología de punta está sobre nuestro escritorio debido a la facilidad que existe actualmente para acceder a dicha tecnología.

Adicionalmente, la universidad ofrece la posibilidad de conducir investigación para adaptar tecnologías que han sido desarrolladas en otros países o en otros sectores de la industria. Probablemente, el más conocido de los trabajos que realiza la universidad es la investigación. Sin embargo, cuando hablamos de investigación es frecuente asumir que se trata de desarrollos tecnológicos que tienen poco que ver con los problemas que queremos resolver en la práctica. Aunque esto es posible en algunos casos, la mayoría de los proyectos de investigación financiados por el sector privado, y gran parte de los proyectos financiados por el estado, tienen relación directa con problemas relevantes de la industria de la construcción actual. De hecho, es mucho más barato, sencillo, y rápido desarrollar innovaciones en la universidad debido a que se trabaja directamente con los expertos en cada área, la mano de obra de los estudiantes envueltos en el proyecto es más baja (considerando el costo/calidad de la misma), y finalmente existen una serie de incentivos económicos provenientes del estado para que las empresas emprendan investigación en la universidad. Algunas de las formas más importantes que existen para vincular a la empresa constructora con la universidad son:

- Incubadoras de empresas innovadoras.
- Contratos de investigación y desarrollo.
- Estancias de profesionales en la universidad.
- Instalaciones compartidas o coadministradas.
- Parques tecnológicos.
- Comités y directorios conjuntos.

- Asesorías especializadas.
- Etc.

(Ghio Castillo & Bascuñan Walker)

Otro problema actual, referido a la sostenibilidad económica y social en parte, es que en la actualidad es más difícil acceder a la vivienda propia, respecto años atrás.

Casa propia es sinónimo de seguridad. Pero desde hace ya algunos años, por el fuerte encarecimiento del metro cuadrado de los departamentos se clausuró casi totalmente el acceso de la clase media argentina a la vivienda.

Un detallado informe de L.J. Brokers estimó con datos propios que el ingreso familiar promedio en 1999 era de unos US\$ 3200 en el segmento medio de la sociedad. En 2009, tras la devaluación que siguió a la gran crisis de 2001, este se redujo a US\$ 1500.

Por otro lado, afirma que el valor del metro cuadrado de un departamento en Buenos Aires a fines de la década del 90 era de aproximadamente US\$ 1000, mientras que en la actualidad alcanza los US\$ 1400.

“La clase media está cada vez más empobrecida debido a la inestabilidad laboral, el aumento del costo de vida que ha mermado la capacidad de ahorro, y la imposibilidad de acceder al crédito hipotecario”, afirmó Luis Ramos, presidente de la empresa inmobiliaria que lleva su nombre ante la consulta de **lanacion.com** sobre los motivos por los que ese segmento no logra el acceso a la vivienda.

(LA NACIÓN, 2009)

5.2. Sostenibilidad en la construcción con CLT.

Disrupción tecnológica

La tecnología disruptiva es aquella tecnología o innovación que conduce a la aparición de productos y servicios. Se usa el término disruptivo porque produce una ruptura brusca, en ocasiones causando cambios profundos en nuestro modo de vida, con el fin de competir contra una tecnología dominante, buscando una progresiva consolidación en un mercado.

La industria de la construcción hoy en día tiene que desempeñarse y estar atenta a escenarios de disrupción tecnológica que provienen de los avances tecnológicos que van a afectar a la industria.

La curva de Foster explica cómo se dan los saltos tecnológicos, que no son graduales, sino disruptivos.



Figura 17: Curva de Foster.

En la medida en que nosotros estemos estancados productivamente, cosa que sucede hoy en día con la industria de la construcción, vamos a empezar a ver el surgimiento de nuevas tecnologías que permiten mejorar las cosas, y de repente en un lapso de tiempo bastante reducido, se genera la renovación del sistema por otro sistema productivo. Esto sucede en todas las tecnologías, por ejemplo, fue el caso de los teléfonos. Existían los teléfonos con teclas y sólo algunas alternativas que no las tenían; la interfaz de estos últimos no era lo suficientemente productivas o buenas, como para competir con los celulares con teclas. Finalmente surgió un cambio en el que se mejoró la interfaz, y en un lapso de pocos años cambiaron todos los celulares, dejando de existir aquellos con teclas. Con la construcción va a pasar algo similar, por eso hay que observar de dónde va a venir esa disrupción.

Tenemos dos posibilidades en ese escenario:

Posibilidad N°1: *Mejorar lo que estamos haciendo.*

En este caso vamos a afectar la primera curva, vemos que la productividad está estancada, porque hay alternativas menos productivas. Por lo tanto, seguimos haciendo las cosas de la misma forma, porque son más productivas que la alternativa.

Si queremos mejorar la productividad de esa curva que está estancada a nivel global desde hace por lo menos 20 años (en algunos países por más tiempo), debemos implementar las siguientes acciones:

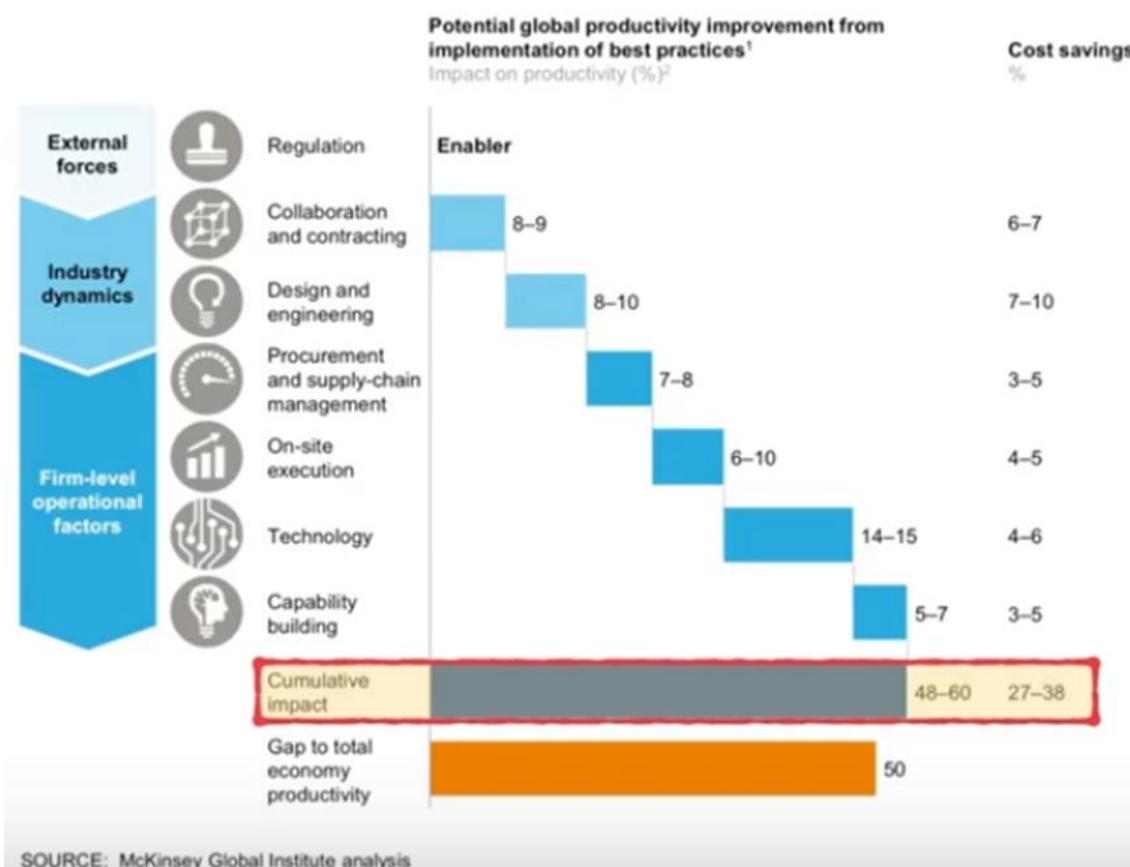


Figura 18: Acciones para incrementar el potencial de productividad global a partir de la implementación de mejores prácticas.

Las alternativas son múltiples y tienen que ver con fuerzas externas e internas a la industria; y fuerzas que son más bien de tendencia tecnológica.

La principal medida son las regulaciones que en definitiva son habilitadoras. Si no existen regulaciones adecuadas para permitir que se produzcan cambios incrementales en la productividad, entonces ninguna de las otras medidas va a surgir efecto.

Las que siguen, son procesos que cada uno en su medida va a aportar a un cambio incremental (se ve graficado en azul) para poder llegar a sumar un cambio incremental global. Si realmente se ejecutaran todas esas medidas, el impacto alcanzaría alrededor de un 48 a 60% de mejora en la productividad. Para lograr esto, se reitera, que las regulaciones son el eje en el cual debiéramos estar trabajando, para lograr con celeridad esos cambios incrementales.

Podemos entender las regulaciones de la siguiente forma:



Figura 19: Forma de interpretar a las regulaciones.

Las regulaciones, no son restricciones. Para entender esto acudimos a una metáfora, donde las regulaciones son como el entrenador que entrena a su equipo motivándolos a ser cada vez más rápidos, en la medida en que tengan la capacidad para hacerlo.

Por ejemplo, en Argentina, se publicó en el Boletín Oficial el 21 de noviembre de 2019, la Ley 13903 – Etiquetado de Eficiencia Energética de Inmuebles Destinados a Vivienda; hasta el momento que esto no se exija en cada construcción, viéndose impactada la eficiencia energética a la hora de alquilar, vender o comprar; entonces la industria poco motivo tiene para hacer más eficientes sus construcciones, sino que siguen haciendo exactamente las mismas cosas. Pensar que eso es bueno para la industria, como dice el refrán, es pan para hoy y hambre para mañana.

Posibilidad N°2: *Cambiar la manera de hacer las cosas.*

Vamos a enfocarnos nuevamente en la curva de Foster, la que hoy es potencialmente menos productiva y que sin embargo tiene el potencial para revolucionar la manera en la cual hoy en día se ejecutan las cosas.

En esa curva de Foster, están los procesos de industrialización como base, tal como estudio McKinsey:



Figura 20: Impacto de la industrialización según estudio McKinsey.

Con la industrialización podemos alcanzar entre 5 y 10 veces el aumento de productividad. Estamos hablando, de que en la obra se ejecuten las construcciones mediante componentes (de alto nivel) que vienen prefabricados y que solamente deben montarse.



Figura 21: Montaje de estructura de CLT.

Esto genera mejores condiciones laborales para los trabajadores, lo que se traduce en mejoras en cuanto al **impacto social**:



Figura 22: Manufactura de panel CLT.

- Reducción de los traslados: solamente se generan durante la etapa de montaje, y no durante la etapa de construcción completa.
- Se producen menos ruidos en obra.
- Menor probabilidad de producirse accidentes en obra.
- Mayor empleabilidad femenina.
- Se generan menos desechos en la construcción.

Necesitamos analizar un poco más a fondo por qué necesitamos la industrialización en madera.

Analizando la cifra:

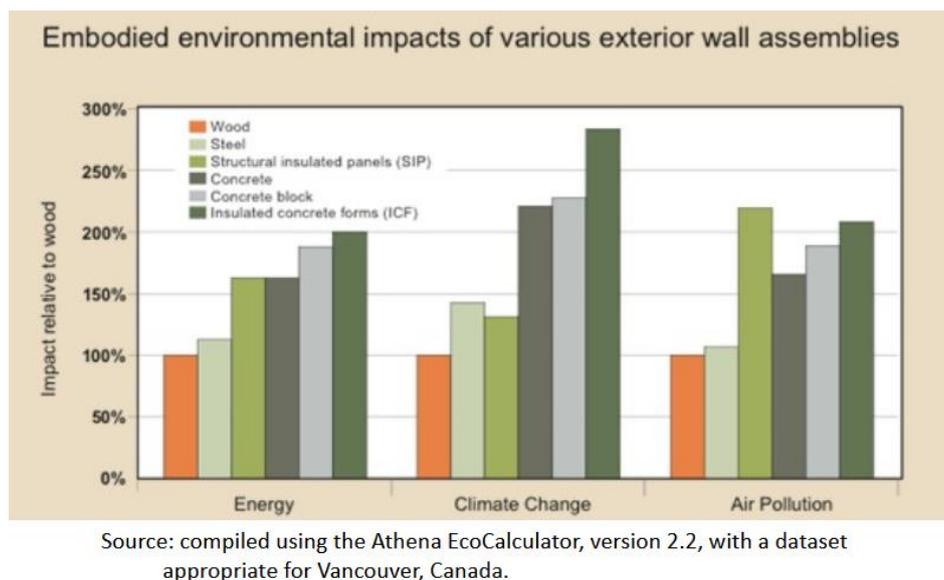


Figura 23: Impacto ambiental de distintos materiales.

En la imagen anterior, se observa el impacto de la construcción con distintos materiales, vemos que consistentemente la madera, siempre presenta los menores indicadores en uso de energía, en potencial de cambio climático, en contaminación del aire y en uso del agua.

La madera necesita energía solar principalmente, siendo la responsable del crecimiento del árbol. Por lo tanto, la energía que se genera o que se necesita para poder generar el material, proviene del sol a diferencia de otros materiales que necesitan energía no renovable o de combustibles fósiles para poder ser extraídos y generados.

Asimismo, captura CO₂ en su fase de crecimiento, no solamente, que no libera nuevo CO₂, sino que reduce la cantidad de CO₂ al ambiente fijando el carbono en la estructura de la madera. Si posteriormente la madera no se pudre o se quema, tiene “secuestrado” ese carbono de la etapa de crecimiento, sin liberarlo a la atmósfera.

Lógicamente, la construcción con madera debe realizarse bajo una reforestación controlada, es decir, repoblando el área que ha perdido su población de árboles, lo que se traduce en un manejo sustentable de los bosques. Claramente, si uno destruye los bosques y no los vuelve a plantar, entonces el esquema no funciona.

Son varios los beneficios de la madera en la construcción:

- La madera es un excelente aislante, siendo sumamente importante para la eficiencia energética. Deja pasar 10 veces menos energía que el hormigón y 100

veces menos que el acero, lo cual se traduce directamente en eficiencia energética, mejorando el uso de la energía al interior del recinto edificado.

A continuación, observamos los distintos espesores que se necesitan para llegar a un mismo valor aislante.

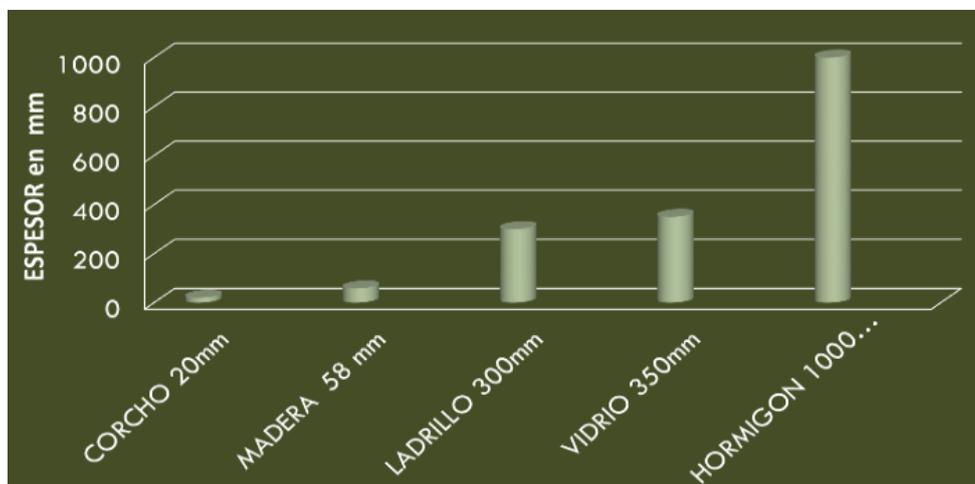


Figura 24: Espesor necesario del material para llegar al mismo valor de aislamiento térmico (Valor u) - Holzbau, Gripo Rubner, Universidad de Trento.

Claramente la madera tiene un alto desempeño como aislante. Es el material elegido en la construcción de “Passivhaus”

Passivhaus es un tipo de vivienda creada para mantener las condiciones atmosféricas ideales en su interior logrando **un ahorro energético que oscila entre el 70% y el 90%** respecto a una vivienda convencional. Son construcciones que deben contar con un aislamiento térmico óptimo, ventilación mecánica con recuperación de calor y; ventanas y puertas de altas prestaciones.

- La madera es reciclable. Culminado el ciclo de vida de la edificación, se puede generar una alta diversidad de productos que a su vez tienen un nuevo ciclo de vida.

La madera triturada puede recuperarse y desarrollar un nuevo papel en la composición de tableros y aglomerados utilizados en distintos campos: arquitectura, industria y decoración. Además, se puede utilizar la viruta para transformarla en celulosa. Es importante destacar que, para producir una tonelada de aglomerado, se necesitarían seis árboles; gracias al reciclaje de madera, no será necesario talar ningún árbol.

A su vez, la madera, puede convertirse en una mezcla orgánica descompuesta y transformada en un fertilizante natural para la tierra, porque la

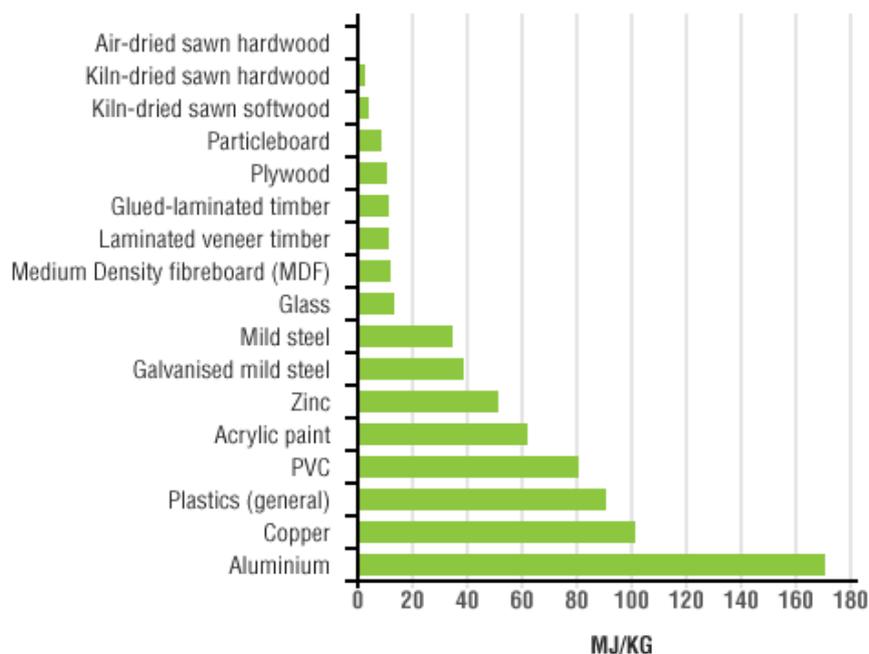
viruta y el aserrín son materiales ricos en carbono, lo cual es ideal para generar compost.

En cuanto al panel CLT, puede reutilizarse en la fabricación de muebles, vigas, otras viviendas y una infinidad de productos más.

Este nuevo material no sólo tiene un nuevo ciclo de vida, sino que luego de ello, puede seguir reciclándose.

- La madera es un material blando, por lo tanto, es fácil de trabajar. Para poder procesar 1m^3 de madera, necesito menos energía que la empleada para poder procesar 1m^3 de hormigón, u otros materiales.

Process energy requirements for some common building materials



Graph courtesy of Hazelwood & Hill

Figura 25: Requisito de energía de procesos para algunos materiales de construcción comunes.

(Greenspec, s.f.)

- La madera es liviana, y eso tiene una correlación directa con sus posibilidades de prefabricación e industrialización.

Se necesita un equipamiento menos robusto y por lo tanto menos costoso para poder levantar un panel de madera, que un panel de hormigón. A su vez, menos camiones, porque puedo cargarlos más en comparación de los que necesitaría si fuesen elementos de hormigón.



Figura 26: Montaje de panel CLT.

- La madera tiene una alta resistencia mecánica, es decir, que la proporción peso-resistencia es extremadamente buena, mejor que el hormigón, en algunos casos se acerca a la del acero.
- Precisión y rapidez de montaje. La rapidez de ejecución en obra, es una de las características más importantes.

Por su ligereza y fácil ajuste, 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.

Vemos en la siguiente imagen, una obra que empezó a las 7 de la mañana y que termina a las 8 de la noche con la casa totalmente montada. Todo esto es un proceso extremadamente preciso, que tiene que estar muy bien diseñado, y planificado para poder ser ejecutado.



Figura 27: Inicio del montaje de vivienda 7 a.m.



Figura 28: Finalización del montaje de vivienda 20 p.m.

- Otra cualidad de la madera es la libertad expresiva, que otros materiales no consiguen:

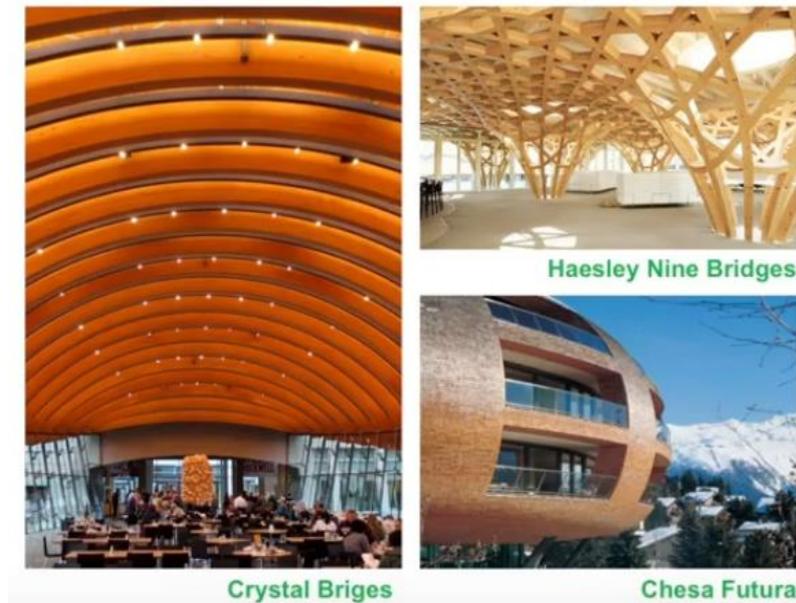


Figura 29: Libertad expresiva de la madera.

Tiene un sinfín de configuraciones, difíciles de lograr con otros materiales.



Figura 30: Libertad expresiva de la madera.

- La madera además es resistente al fuego. Suena ridículo para mucha gente expresarlo de esta forma, porque generalmente se asocia la madera a incendio, pero la verdad es que la madera de sección considerable, es más resistente al fuego que otros materiales.

A continuación, vemos una foto que tiene 3 números, el número “1” es una viga de acero derretida, en número “2” son las barras de una losa de hormigón que

también colapsó con el incendio y en el número” 3” vemos una viga de madera laminada que se mantuvo a pesar de todo el incendio.



Figura 31: Estructura de madera, hormigón y acero, posterior a la acción del fuego.

El carbón es una manera de proteger la madera, y la tasa de carbonización es absolutamente conocida, por lo tanto, se pueden dimensionar las piezas para resistir el incendio que se necesite.



Figura 32: Viga maciza sometida a la acción del fuego.

Eso empíricamente uno lo puede comprobar al momento de prender una fogata, a nadie se le ocurriría prender una fogata con un tronco, pero sí con pequeñas astillas. Luego si se incorpora el tronco dentro de la fogata, probablemente el mismo dure toda la noche e incluso al día siguiente todavía siga quemándose.

- Una propiedad importante es la vida útil. Con un diseño y mantenimiento adecuados, las estructuras de madera pueden proporcionar una vida útil larga equivalente a otros materiales de construcción. La clave es la planificación

cuidadosa y la comprensión de las cargas ambientales y otros factores externos que puedan afectar a un edificio durante su vida útil.

Uno de los ejemplos de antiguos edificios con estructura de madera es la iglesia de Maderade Borgund, Noruega (año 1.200).



Figura 33: Iglesia de Borgund, Noruega (año 1.200). Actualmente museo.

- La madera genera menos desechos, que otros procesos constructivos. Esos desechos que se generan incluso se pueden quemar para producir energía que alimenta el mismo proceso.

Todo este cúmulo de ventajas de la madera, son los que respaldan la decisión de las Naciones Unidas, de plantear la construcción en madera como la medida que puede tomar la industria de la construcción para combatir el cambio climático. Su objetivo es emisión cero de CO₂ para 2050.



Figura 34: Silvicultura para un futuro con bajas emisiones de carbono.

Recién con la industrialización en madera, podemos lograr una sostenibilidad social, económica y ambiental.

5.2.1. CLT en la actualidad

El CLT es una manera de componer madera con tablas que están cruzadas y que conforman paneles que tienen una alta rigidez. Con dichos paneles hoy en día se hacen edificaciones en altura, cosa que hace 15 años atrás no se podía hacer. Uno de los tantos ejemplos es el edificio de 18 pisos, Brock Commons ubicado en Canadá.



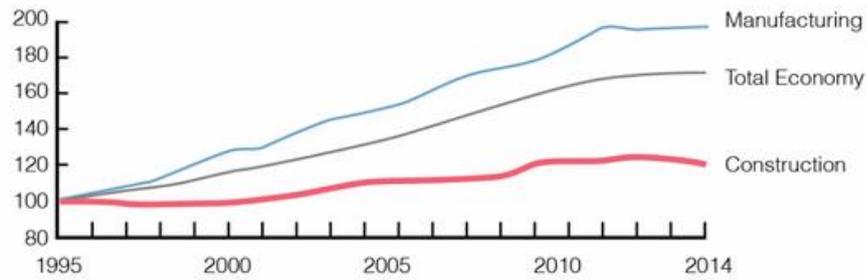
Figura 35: Edificio Brock Commons – Canadá -Estructura en CLT de 18 pisos.

Volviendo a la curva de Foster, la industria de la construcción tiene un material privilegiado, el hormigón, que está estancado en su productividad y que no puede presentar cifras sostenibles de crecimiento.

La industria de la construcción ha tenido un crecimiento de productividad muy limitado durante las últimas décadas en comparación con otras industrias. Al imitar los métodos y procesos de estas industrias exitosas, se cree que la industria de la construcción puede aumentar drásticamente su productividad. Para ello se necesita transformar la construcción artesanal, en una industrializada.

Global Productivity Growth Trends

Real gross value added per hour worked by persons engaged



Based on a sample of 41 countries that generate 96% of global GDP.

Source: McKinsey Global Institute analysis. Index: 100 = 1995

Figura 36: Curva de productividad laboral: valor a agregado bruto real por hora trabajada por personas contratadas.

(Consultancy, s.f.)

Si superponemos esta curva con la de Foster:

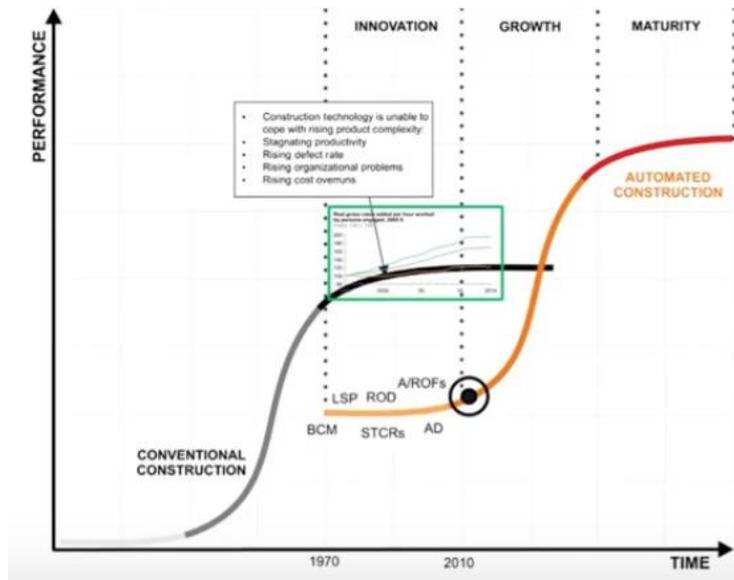


Figura 37: Curva de productividad laboral de la construcción en superposición con la curva de Foster.

Observamos entonces, que para el lapso de tiempo que corresponde, encaja perfecto el estancamiento de la productividad laboral de la construcción tradicional con la meseta que forma la curva de Foster.

A continuación, se muestra una curva de demanda del CLT, que no representa realmente la productividad. Pero esta curva se encuentra en el mismo lapso temporal que la curva de productividad de la construcción.

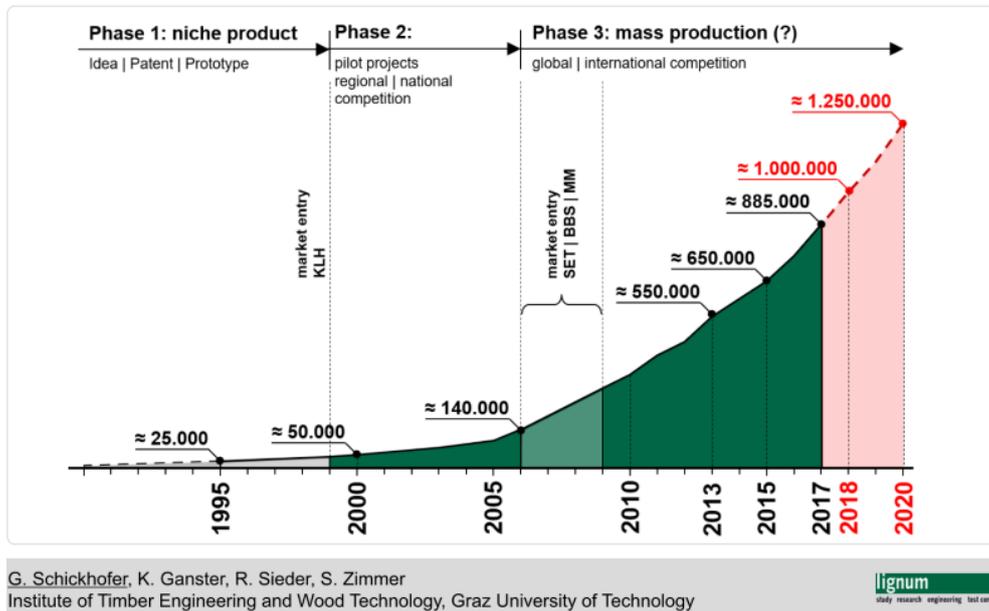


Figura 38: Curva de demanda del panel CLT, con cantidad de m³ producidos.

Si superponemos esta curva con la de Foster, vemos que encaja perfecto con la curva disruptiva que puede cambiar la industria.

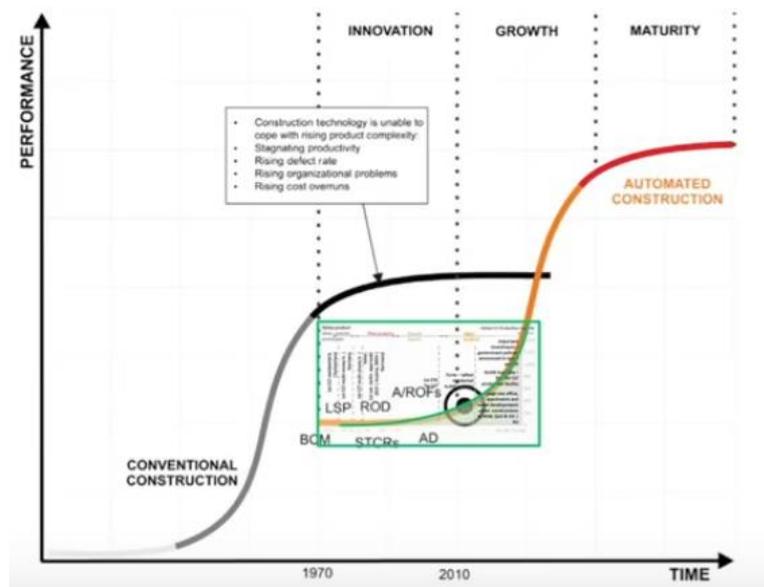


Figura 39: Curva de demanda del panel CLT en superposición con la curva de Foster.

Es por todo esto, que sobran los argumentos para potenciar a nivel nacional, la construcción en CLT.

6. Proyecto de módulo habitacional

6.1. Uso del módulo habitacional

La vivienda proyectada, es un módulo habitacional diseñado especialmente para satisfacer necesidades de turismo. Si bien, puede ser utilizado como una vivienda convencional, las ventajas de traslado y rapidez de ejecución, hacen que sea conveniente para tal fin.



Figura 40: Módulo habitacional.

6.2. Localización

El módulo podrá localizarse en cualquier parte de Argentina, por lo que deberá ser adecuado estructuralmente, para resistir los distintos esfuerzos de sismo, nieve y viento.



Figura 41: Módulos habitacionales en complejo vacacional.

6.3. Diseño arquitectónico

El módulo habitacional tiene una dimensión de 3m x 11m (33m²). Para el diseño del interior, se utilizó como referencia el libro “El arte de proyectar en arquitectura” escrito por Ernst Neufert.

Se verificó además que el ancho y largo del módulo sea transportable. Para posibilitar esto, sólo debe solicitarse un permiso de tránsito. Dicho permiso puede otorgarse para un vehículo convencional (camión y semirremolque) que transporte:

- Cargas indivisibles con respecto al ancho en vehículo convencional, la carga no podrá exceder el TREINTA POR CIENTO (30%).
- Cargas indivisibles con simultaneidad de exceso en ancho definido en el punto anterior y hasta DOS METROS (2 m) de saliente en la parte trasera.

Para trasportar la vivienda en un semirremolque, que posee 2,6m de ancho, tenemos que su 30% corresponde a 0,78m, por lo tanto, puede excederse como máximo hacia los costados: 39cm, quedando por debajo de este valor con 25cm.

En cuanto a la longitud del módulo (11m), no sobresale del transporte.

El interior del módulo, tendrá resueltas las instalaciones de agua, gas, electricidad y cloacas, esta última será suspendida bajo la losa de CLT, lo cual trae aparejada dos ventajas:

- El paquete de piso no será de gran espesor, lo que le quitaría altura interior al módulo.
- En caso de algún desperfecto, no afectaríamos la losa de CLT.

El módulo incluirá el revestimiento exterior e interior, aberturas y mobiliario (mesada, placar y sanitarios).

A continuación, se muestra la plata y el corte del módulo habitacional.

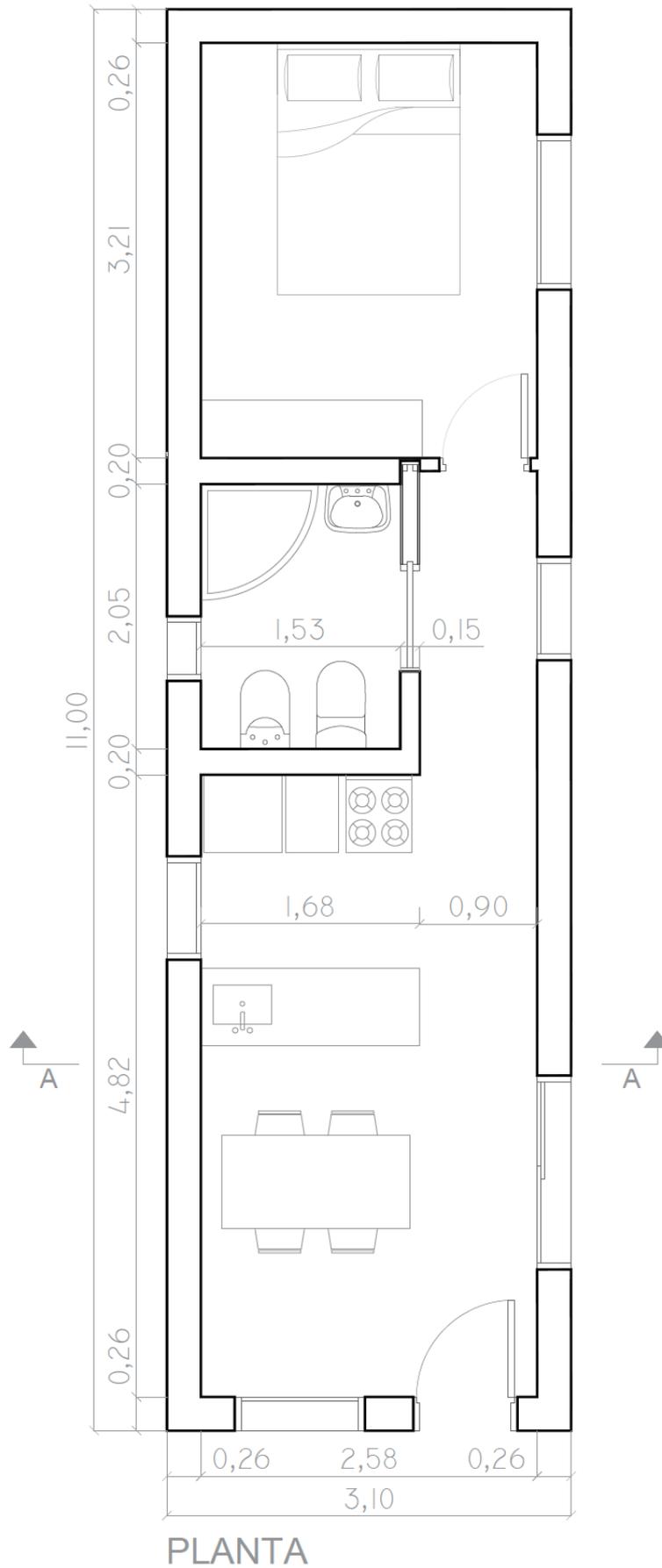


Figura 42: Planta de módulo habitacional.

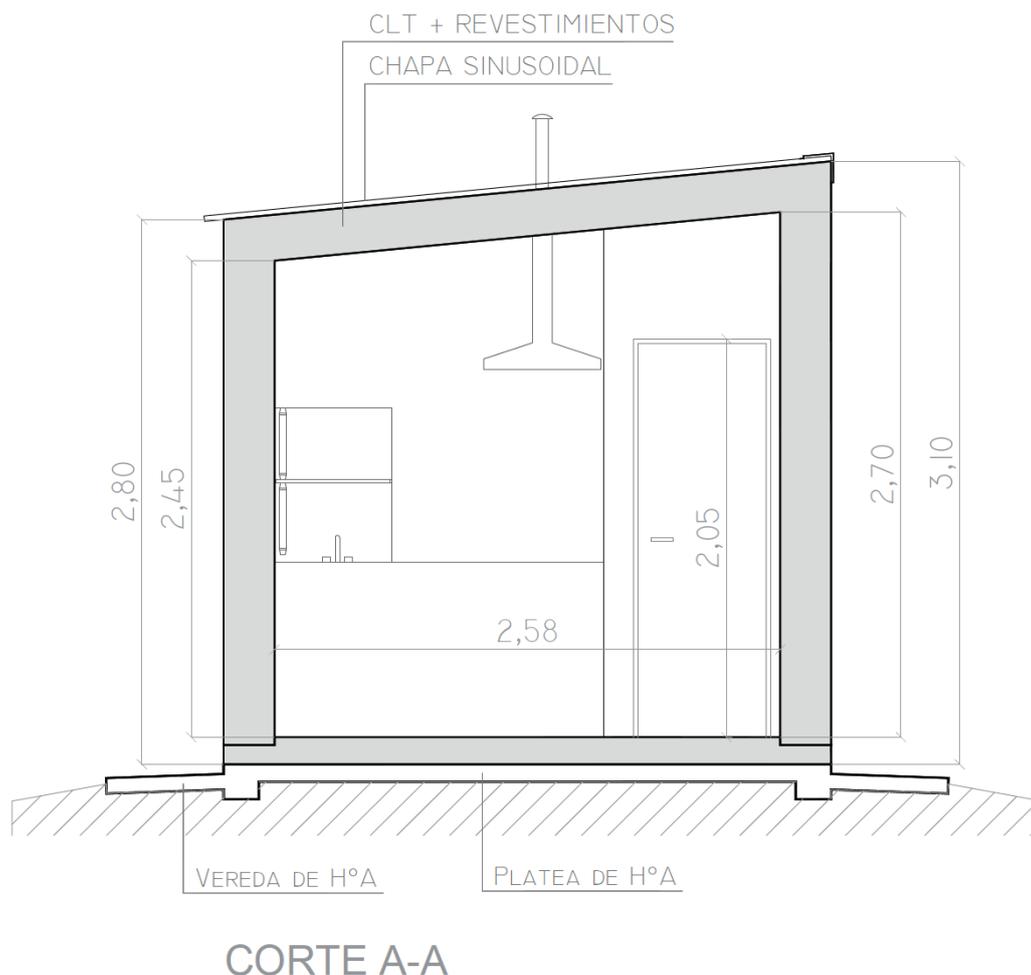


Figura 43: Corte A-A de módulo habitacional.

6.4. Terreno

El terreno de emplazamiento de la obra, deberá prepararse para recibir la estructura. Para esto, es necesaria la construcción de una platea, que tendrá una viga perimetral con el objetivo de vincular la estructura a dicha viga por medio de los mecanismos de unión. La platea tendrá la superficie exacta del módulo, para poder materializar la unión. En la zona del baño y una franja de la cocina, no habrá platea de hormigón, de modo que quedará suspendida la instalación cloacal, y esto permitirá que el montaje sea más fácil.

Por otro lado, deberá realizarse una vereda perimetral de hormigón para que el agua de lluvia escurra con celeridad, alejándose de la estructura.

Asimismo, es notoria la necesidad de realizar las obras complementarias correspondientes a la provisión de agua, cloacas, electricidad y gas.

6.5. Sistema estructural propuesto

El CLT tienen la ventaja de cumplir una función estructural y a su vez conformar el cerramiento. Es por ello que el módulo habitacional constará de 6 paneles, los cuales corresponden a estructura y cerramientos laterales, de techo y piso.

Lo dicho anteriormente, se expresa con la siguiente imagen ilustrativa.



Figura 44: Imagen ilustrativa del diseño estructural del módulo habitacional.

El diseño del módulo cuenta con caída de techo hacia un solo lado, con una pendiente de 6° , valor mínimo que necesita una cubierta de chapa sinusoidal.

7. Cálculo

7.1. Reglamentación

A continuación, haré una breve reseña de la normativa en materia de construcción con madera:

- Directiva de Productos de la Construcción: marca el inicio de la normativa en materia de construcción con madera y su principal innovación es el establecimiento de los procedimientos necesarios para el mercado CE (Conformidad Europea) de productos de construcción, incluidos aquellos productos innovadores.

- Eurocódigos (normas europeas): surgen con el objetivo de la eliminación de las barreras técnicas al comercio en la Comunidad Europea. Sirvieron para la armonización de las especificaciones técnicas en el sector de la construcción, aquí se encuentra el Eurocódigo 5, que se aplica al proyecto de edificios y obras de ingeniería civil con madera en sus distintos productos. Sólo afecta a los requisitos de resistencia mecánica, adecuación al servicio, durabilidad y resistencia al fuego.

- Código Técnico de la Edificación (CTE) (España): una de las principales novedades que introduce fue el enfoque por objetivos o prestaciones, que supone en la práctica, la eliminación de una serie de barreras técnicas que obstaculizaban la aplicación de innovaciones tecnológicas al proceso de edificación. El uso de las nuevas tecnologías en el sector de la construcción, lo que en el caso de la madera ha permitido grandes aportes al proceso constructivo.

- Reglamento de Productos de la Construcción (RPC) (Unión Europea): establece las condiciones relativas a la introducción en el mercado de productos de construcción, y define criterios para evaluar las prestaciones de dichos productos, así como las condiciones del mercado CE. En esta revisión normativa se observa cómo la evolución ha ido dirigida a fomentar la investigación en el sector de la construcción, a la fabricación de productos innovadores que pudieran cumplir con la normativa existente en pro de una construcción más sostenible.

(Galván, Carabaño, Oteiza, & Martínez, 2014)

- Norma UNE-EN 16.351: en el año 2016 AENOR publicó la versión en castellano de la norma europea UNE-EN 16351 “Estructuras de madera. Madera

contralaminada. Requisitos”. Esta norma europea establece los requisitos correspondientes a las características de prestación de la madera contralaminada estructural, de directriz recta o curva, con o sin empalmes por unión macrodentada, como material para la fabricación de elementos estructurales para su utilización en edificios y puentes. Establece también los requisitos mínimos de fabricación, así como los procedimientos de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones.

((CTN), 2017)

Actualmente en Argentina no existe norma disponible para paneles de CLT y tampoco son fabricados. Por este motivo fue aplicada la norma española para el cálculo y verificación de los paneles CLT que constituyen el módulo habitacional.

7.2. Determinación de cargas

A continuación, se muestra la determinación de cargas a las que estará sometido el módulo habitacional, según los reglamentos argentinos.

Como se expresó anteriormente, el módulo habitacional puede ubicarse en cualquier parte del país, por lo que serán variables las cargas de viento, sismo y nieve.

Se decidió entonces, encontrar tres poblaciones, donde la primera tenga la mayor carga de viento del país, la segunda la mayor carga de sismo y la tercera la mayor carga de nieve. El objetivo de esto, es encontrar las acciones más desfavorables para poder dimensionar el módulo y que verifique la estructura en todo el país.

Se obtuvo la mayor acción de viento para Comodoro Rivadavia en Chubut, la mayor acción de sismo para Las Heras en Mendoza y; la mayor acción de nieve para Andacollo en Neuquén. Luego se procedió a calcular el resto de las acciones para cada una, resultando:

Ciudad	Provincia	Presiones de diseño de viento (kN/m ²)		Carga de nieve (kN/m ²)	Carga de sismo: Esfuerzo de corte en la base de la construcción (kN)
		Paredes	Cubierta	Cubierta	
Comodoro Rivadavia	Chubut	1,82	-2,155	0,42	No aplica
Andacollo	Neuquén	0,958	-1,15	2,6	51,6
Las Heras	Mendoza	0,671	-0,766	0,25	67,89

Tabla 1: Cargas de viento, nieve y sismo para las ciudades de Comodoro Rivadavia, Andacollo y Las Heras.

7.2.1. Viento

La carga de viento se determinó con el reglamento CIRSOC 102-2005: “Reglamento Argentino de acción del viento sobre las construcciones”.

Se utilizó el método simplificado del reglamento, ya que las características de la estructura posibilitaban su aplicación.

El procedimiento de cálculo consistió en utilizar la Figura 1B “Velocidades básicas del viento en ciudades” del reglamento:

CIUDAD	V (m/s)
BAHIA BLANCA	55,0
BARILOCHE	46,0
BUENOS AIRES	45,0
CATAMARCA	43,0
COMODORO RIVADAVIA	67,5
CORDOBA	45,0
CORRIENTES	46,0
FORMOSA	45,0
LA PLATA	46,0
LA RIOJA	44,0
MAR DEL PLATA	51,0
MENDOZA	39,0
NEUQUEN	48,0
PARANA	52,0
POSADAS	45,0
RAWSON	60,0
RESISTENCIA	45,0
RIO GALLEGOS	60,0
ROSARIO	50,0
SALTA	35,0
SANTA FE	51,0
SAN JUAN	40,0
SAN LUIS	45,0
SAN MIGUEL DE TUCUMAN	40,0
SAN SALVADOR DE JUJUY	34,0
SANTA ROSA	50,0
SANTIAGO DEL ESTERO	43,0
USHUAIA	60,0
VIEDMA	60,0

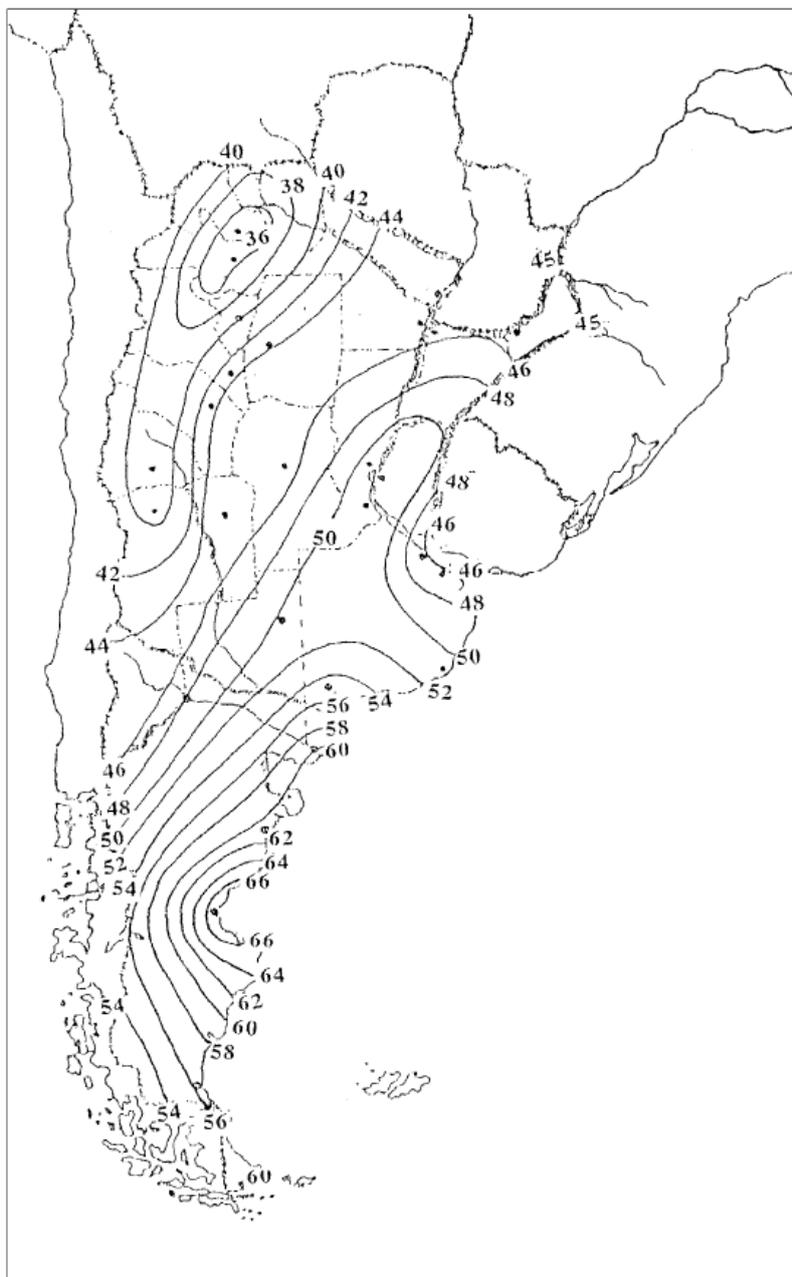
Nota:

Los valores se refieren a velocidad de ráfaga de 3 segundos en m/s a 10 m. sobre el terreno para Categoría de Exposición C y están asociadas con una probabilidad anual de 0,02.

Figura 45: Figura 1B - Velocidades básicas del viento en ciudades, perteneciente al reglamento CIRSOC 102-2005.

En esta figura se detectó que Comodoro Rivadavia tiene la mayor velocidad básica de viento, cuyo valor es 67,5 m/s.

Para obtener la velocidad básica de viento en Andacollo y Las Heras se utilizó la siguiente figura:



Notas:

1. Los valores se refieren a velocidad de ráfaga de 3 segundos en m/s a 10 m. sobre el terreno para Categoría de Exposición C y están asociadas con una probabilidad anual de 0,02.
2. Es aplicable la interpolación lineal entre contornos de velocidades del viento.
3. Islas y áreas costeras fuera del último contorno se deben usar este último contorno de velocidad del viento del área costera.
4. Los terrenos montañosos, quebradas, promontorios marinos y regiones especiales de viento se deben examinar para condiciones inusuales de viento.

Figura 46: Figura 1A - Velocidad básica del viento, perteneciente al reglamento CIRSOC 102-2005.

Para Andacollo en Neuquén, la velocidad básica ronda los 48 m/s. Mientras que, para La Heras en Mendoza 40 m/s.

Con este dato, se ingresó a la tabla que se muestra a continuación, para obtener las presiones de viento para paredes y cubierta.

PRESION DEL VIENTO DE DISEÑO (N/m ²)									
Ubicación	Clasificación del edificio	Velocidad básica del viento (m/seg)							
		38	40	45	49	54	58	63	67
Cubierta	Cerrado	-670	-766	-958	-1150	-1389	-1580	-1868	-2155
	Parcialmente cerrado	-910	-1006	-1245	-1485	-1772	-2107	-2443	-2778
Paredes	Cerrado total o parcialmente	575	671	814	958	1150	1389	1580	1820

Notas:

- Las presiones del viento indicadas representan lo siguiente:
Cubierta: Presión neta (suma de las presiones externa e interna) aplicada normalmente a todas las superficies de la cubierta.
Paredes: Presión neta combinada (suma de las presiones a barlovento y sotavento, externas e internas) aplicada normalmente a toda superficie de pared a barlovento.
- Los valores indicados son para exposición B. Para otras exposiciones, estos valores se deben multiplicar por los siguientes factores:

Exposición	Factor
C	1,40
D	1,66

- Los valores indicados para la cubierta se basan en un área tributaria menor o igual que 10 m². Para áreas tributarias mayores, los valores se deben multiplicar por los siguientes factores de reducción:

Area (m ²)	Factor de reducción (Se permite interpolación lineal)
≤ 10	1,0
25	0,9
≥ 100	0,8

- Los valores indicados corresponden a un factor de importancia $I = 1,0$. Para otros valores de I , los mismos se deben multiplicar por I .
- Los signos más y menos indican presiones que actúan hacia y desde la superficie exterior, respectivamente.

Figura 47: Tabla 2 - Presiones del viento de diseño, perteneciente al reglamento CIRSOC 102-2005.

7.2.2. Sismo

La carga de sismo se determinó con el reglamento CIRSOC 103-2013: “Reglamento Argentino para construcciones sismorresistentes” – Parte I: Construcciones en general.

Se utilizó el método simplificado del reglamento, ya que las características de la estructura posibilitaban su aplicación.

7.2.2.1. Coeficiente sísmico de diseño

El procedimiento simplificado consiste en calcular en primer lugar el “Coeficiente sísmico de diseño”,

$$C = C_n \cdot \psi_r$$

Donde:

C: Coeficiente sísmico de diseño.

C_n : coeficiente sísmico normalizado, en función de la zona sísmica.

Zona Sísmica	C_n
1	0,23
2	0,38
3	0,44
4	0,50

Figura 48: Tabla 4.1. - Coeficiente sísmico normalizado C_n en función de la zona sísmica, perteneciente al reglamento CIRSOC 102-2005.

ψ_r : coeficiente de minoración o mayoración, según el destino y función de la estructura. La misma puede pertenecer al “Grupo A_o”, “Grupo A”, “Grupo B” o “Grupo C”. En el “Grupo B” se encuentran las construcciones destinadas a viviendas unifamiliares, por lo que correspondería para este caso, dicha categoría, cuyo valor $\psi_r = 1$.

Por otro lado, el reglamento facilita la “Figura 2.1. – Zonificación sísmica de la República Argentina”:

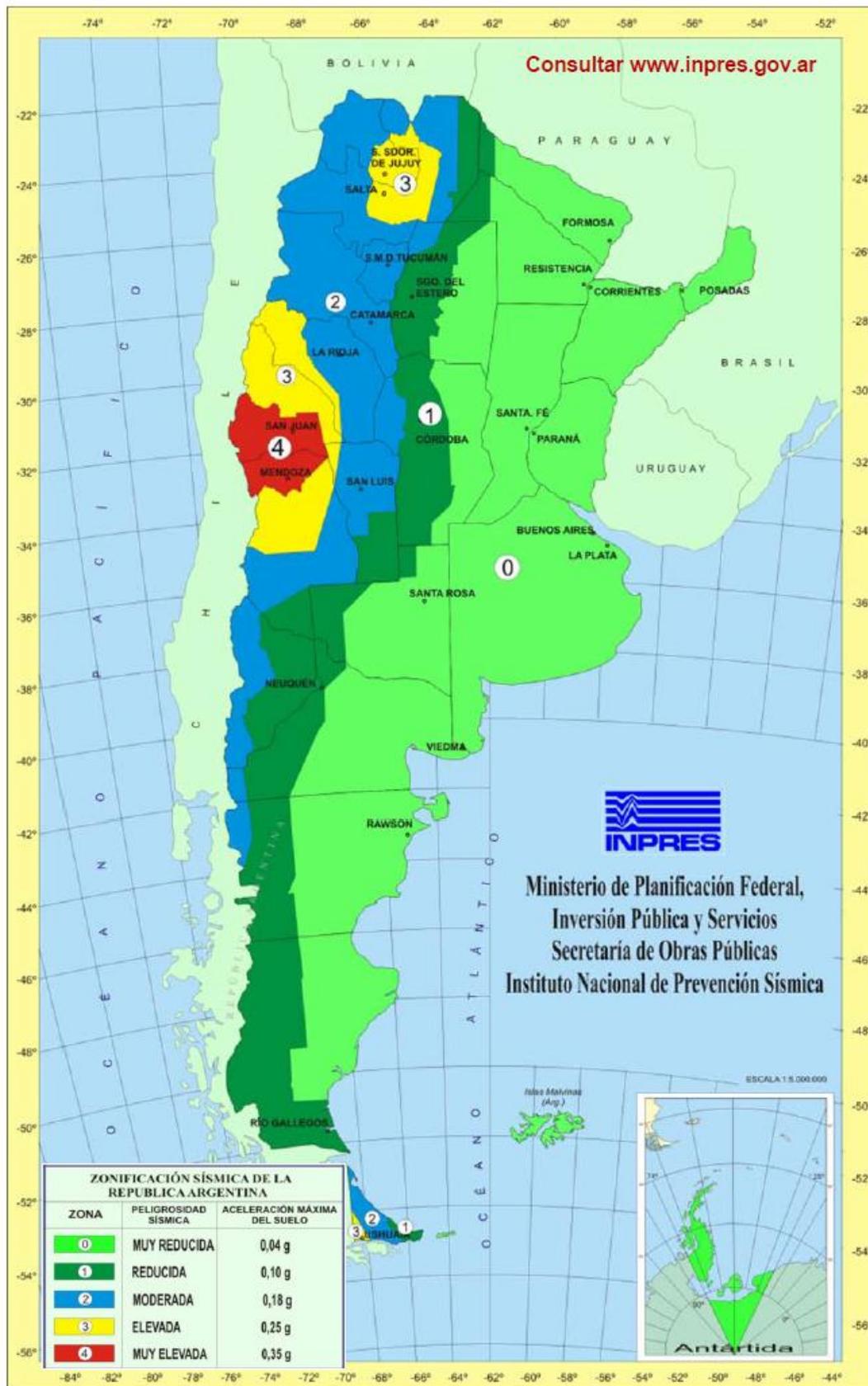


Figura 2.1. Zonificación sísmica de la República Argentina.

Figura 49: Figura 2.1. - Zonificación sísmica de la República Argentina, perteneciente al reglamento CIRSOC 103-2013.

Podemos identificar entonces que Las Heras pertenece a la zona sísmica 4, con la peligrosidad más alta. Luego continúa Andacollo con la zona sísmica 2 de peligrosidad sísmica moderada. Por último, Comodoro Rivadavia en zona sísmica 0, con peligrosidad muy reducida, en la cual no debe realizarse análisis sísmico.

El coeficiente sísmico de diseño para Las Heras resulta: $C = 0,5 \times 1 = \mathbf{0,5}$

El coeficiente sísmico de diseño para Andacollo resulta: $C = 0,38 \times 1 = \mathbf{0,38}$

7.2.2.2. Resultante de las fuerzas horizontales equivalentes o esfuerzo de corte en la base de la construcción

La resultante de las fuerzas horizontales equivalentes a la acción sísmica operante según la dirección de análisis considerada se determinará mediante la siguiente expresión:

$$V_o = C \cdot W$$

Donde:

V_o : resultante de fuerza horizontal equivalente o esfuerzo de corte en la base de la construcción.

C : Coeficiente sísmico de diseño.

W : carga gravitatoria total de la construcción sobre el nivel de base. Al momento del cálculo consideré que el volumen de las paredes, piso y techo del módulo habitacional eran 23m^3 y la densidad de la madera 602 kg/m^3 , por lo que resulta un peso de 13.846 kg , valor con el que realicé los cálculos. Posteriormente, al terminar todo el dimensionamiento y revestimiento del módulo, obtuve un peso aproximado de 9.000kg , estando entonces del lado de la seguridad en cuanto a la verificación sísmica.

El esfuerzo de corte en la base de la construcción para Las Heras resulta:

$$V_o = 0,5 \times 13.846\text{ kg} = \mathbf{6.923\text{ kg}} = \mathbf{67,89\text{ kN}}$$

El esfuerzo de corte en la base de la construcción para Andacollo resulta:

$$V_o = 0,38 \times 13.846\text{ kg} = \mathbf{5.262\text{ kg}} = \mathbf{51,6\text{ kN}}$$

7.2.2.3. Verificación de la seguridad estructural

Es suficiente evaluar la capacidad a corte de los muros para cada dirección y compararla con el esfuerzo de corte en la construcción, V_o . Si la capacidad a corte es mayor o igual que el esfuerzo de corte de diseño la construcción se considera segura. Se debe verificar la seguridad de las conexiones entre los muros y las losas o diafragmas.

Más adelante, en la descripción del software empleado se explica el módulo utilizado para verificar los muros sometidos a corte por la acción sísmica.

7.2.2.4. Deformaciones

No es necesario estudiar las deformaciones de las construcciones comprendidas dentro de la verificación simplificada.

Cuando se aplique este procedimiento simplificado la construcción deberá estar separada de las construcciones vecinas para permitir el libre movimiento.

7.2.3. Nieve

La carga de nieve se determinó con el reglamento CIRSOC 104-2005: “Reglamento Argentino de acción de la nieve y del hielo sobre las construcciones”.

7.2.3.1. Carga de nieve

La carga de nieve p_f , sobre una cubierta con pendiente igual o menor a 5° , se debe determinar utilizando la siguiente expresión:

$$p_f = 0,7 C_e C_t I p_g \text{ (kN)}$$

Donde:

p_f : carga de nieve.

C_e : factor de exposición.

C_t : factor térmico.

I : factor de importancia

p_g : carga de nieve a nivel del terreno.

Notar que la pendiente de la cubierta del módulo habitacional es de 6° . Aun así, se utilizó este procedimiento porque el incremento de 1° en la cubierta, no presenta cambios significativos en el resultando, estando por su parte del lado de la seguridad.

El valor p_f debe ser mayor o igual que los siguientes valores mínimos para las cubiertas con baja pendiente:

$$p_f = I p_g, \text{ (factor de importancia multiplicado por } p_g) \text{ para } p_g \leq 1 \text{ kN/m}^2$$

$$p_f = I (1), \text{ (factor de importancia multiplicado por 1) para } p_g > 1 \text{ kN/m}^2$$

7.2.3.2. Factor de exposición, C_e

El valor de C_e se debe obtener de la Tabla 2 del reglamento.

Tabla 2. Factor de Exposición, C_e

Categoría de terreno	Exposición de la cubierta (*)		
	totalmente expuesta	parcialmente expuesta	protegida
A (ver Apéndice A)	N/A	1,1	1,3
B (ver Apéndice A)	0,9	1,0	1,2
C (ver Apéndice A)	0,9	1,0	1,1
D (ver Apéndice A)	0,8	0,9	1,0
Encima de la línea de árboles en áreas montañosas barridas por el viento	0,7	0,8	N/A

La categoría de terreno y las condiciones de exposición de la cubierta elegidas deben ser representativas de las condiciones previstas durante la vida de la estructura. Se debe determinar un factor de exposición para cada cubierta de una estructura.

(*) Definiciones

Cubiertas parcialmente expuestas: Son todas las cubiertas excepto las que se indican a continuación:

Cubiertas totalmente expuestas: Son las cubiertas expuestas en todos sus lados sin la protección(**) aportada por el terreno, por estructuras más altas o por árboles. Las cubiertas que contienen varias piezas grandes de equipo mecánico, parapetos que se extienden por encima de la altura de la carga balanceada de nieve h_o , u otras obstrucciones, no se incluyen en esta categoría .

Cubiertas protegidas: Son las cubiertas ubicadas muy cerca o entre árboles tipo coníferas que califican como obstrucciones.

(**)Las obstrucciones comprendidas en una distancia de $10 h_o$ brindan “protección”, siendo h_o la altura de la obstrucción por encima del nivel de la cubierta. Si las únicas obstrucciones son unos pocos árboles de hojas caducas que están sin hojas en invierno, se deberá utilizar la categoría “**cubierta totalmente expuesta**” excepto para terreno de categoría “**A**”. Se hace notar que éstas son alturas por encima de la cubierta. Las alturas utilizadas para establecer las Categorías de Terreno en el Apéndice A son alturas por encima del suelo

N/A no aplicable

Figura 50: Tabla 2 - Factor de exposición, perteneciente al reglamento CIRSOC 104-2005.

La categoría del terreno se refiere a la exposición de la estructura respecto al entorno. La misma puede ser exposición A, B, C o D.

En este caso, la exposición adoptada es la B, ya que describe a la construcción localizada en áreas urbanas y suburbanas, áreas boscosas, o terrenos con numerosas obstrucciones próximas entre sí, del tamaño de viviendas unifamiliares o mayores.

7.2.3.3. Factor térmico, C_t

El valor de C_t se debe obtener de la Tabla 3.

Tabla 3. Factor Térmico, C_t

Condición Térmica (*)	C_t
Todas las estructuras excepto las que se indican a continuación	1,0
Estructuras mantenidas justo por encima del congelamiento y otras con cubiertas frías ventiladas en las cuales la resistencia térmica, R , entre el espacio ventilado y el espacio calefaccionado sea $> 4,4 \text{ K m}^2/\text{W}$ (kelvin metro cuadrado por watt)	1,1
Estructuras no calefaccionadas y estructuras intencionalmente mantenidas debajo del punto de congelamiento	1,2
Invernaderos continuamente calefaccionados (**) con una cubierta con resistencia térmica, R , $< 0,4 \text{ K m}^2/\text{W}$ (kelvin metro cuadrado por watt)	0,85
(*) Estas condiciones deben ser representativas de aquellas previstas para los inviernos durante la vida de la estructura.	
(**) Los invernaderos continuamente calefaccionados son aquellos con una temperatura interior constantemente mantenida de 10° C ó más, en cualquier punto a 1 m sobre el nivel de piso durante los inviernos y que tengan un asistente de mantenimiento constante, o un sistema de alarma de temperaturas para avisar en caso de falla de la calefacción.	
$1 \text{ K m}^2 / \text{W} = 1^\circ \text{C m}^2 / \text{W}$	

Figura 51: Tabla 3 - Factor térmico, perteneciente al reglamento CIRSOC 104-2005.

El factor térmico que le corresponde a la estructura es 1.

7.2.3.4. Factor de importancia, I

El valor de I se debe obtener de la Tabla 4.

Tabla 4. Factor de Importancia, I (Cargas de Nieve)

Categoría *	I
I	0,8
II	1,0
III	1,1
IV	1,2

* Ver Apéndice B

Figura 52: Tabla 4 - Factor de importancia I, perteneciente al reglamento CIRSOC 104-2005.

El factor de importancia corresponde con una categoría, que puede ser I, II, III o IV. Para el caso del módulo habitacional corresponde la categoría II.

7.2.3.5. Carga de nieve a nivel del terreno, p_g

La carga de nieve a nivel del terreno se obtiene de las diferentes tablas que proporciona el reglamento. De las cuales obtuve la población con la mayor carga de nieve.

Tabla 1.9. Provincia del Neuquén



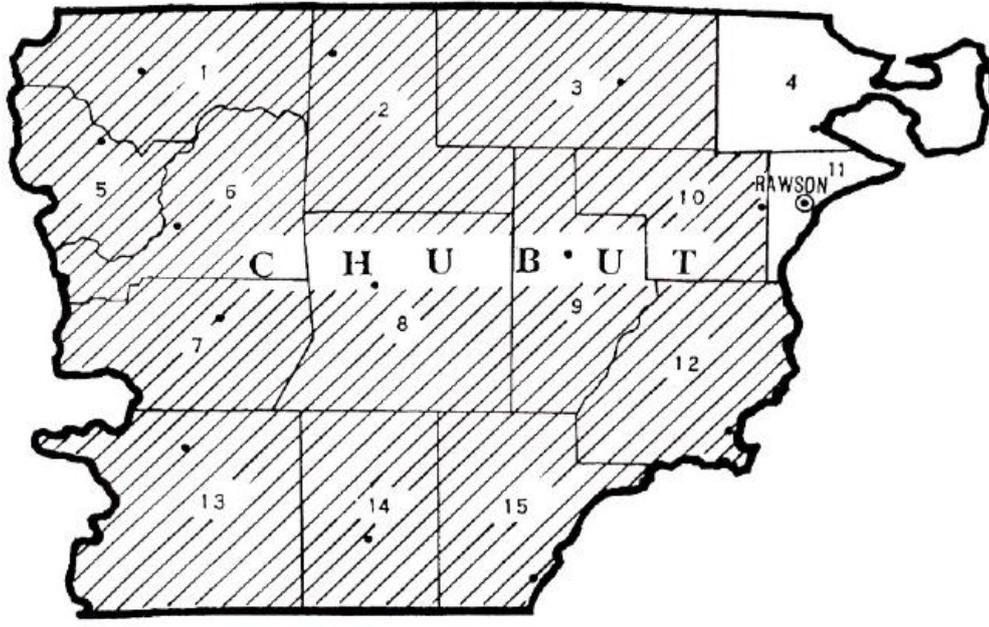
Puede utilizarse indistintamente esta distribución de cargas o la presentada en el Anexo a esta Tabla. En las obras en las que se exija el cumplimiento obligatorio del presente Reglamento, se deberá especificar en la documentación técnica, cual de los dos criterios se ha de aplicar.

Nº	LOCALIDAD	DEPARTAMENTO	HSNM	p_g (kN/m ²)
10	Aluminé	Aluminé	1260	2,3
1	Andacollo	Minas	1415	3,1
6	Añelo	Añelo	405	0,9
3	Buta Ranquil	Pehuenches	850	2,0
2	Chos Malal	Chos Malal	866	2,4
4	El Huecú	Ñorquín	1150	2,5
13	Junín de los Andes	Huiliches	773	2,3
11	Las Coloradas	Catán Lil	960	2,0
7	Las Lajas	Picunches	710	1,9
5	Loncopué	Loncopué	892	2,3
9	Neuquén	Confluencia	265	0,9
12	Picún Leufú	Picún Leufú	391	0,9
14	Piedra del Aguila	Collón Curá	573	1,4
15	San Martín de los Andes	Lácar	625	2,5
16	Villa la Angostura	Los Lagos	845	2,5
8	Zapala	Zapala	1012	1,5

1 kN/m² \cong 100 kgf/m²

Figura 53: Tabla 1.9. – Provincia de Neuquén, perteneciente al reglamento CIRSOC 104-2005.

Tabla 1.4. Provincia del Chubut



Nº	LOCALIDAD	DEPARTAMENTO	HSNM	p_g (kN/m ²)
12	Camarones	Florentino Ameghino	23	0,3
15	Comodoro Rivadavia	Escalante	10	0,5
5	Esquel	Futaleufú	530	1,2
10	Gaiman	Gaiman	24	0,3*
2	Gastre	Gastre	1050	0,9*
7	José de San Martín	Tehuelches	800	2,0
9	Las Plumas	Mártires	377	0,3*
1	Leleque	Cushamen	266	2,0
8	Paso de Indios	Paso de Indios	475	0,9
13	Río Senguer	Río Senguer	690	0,9
14	Sarmiento	Sarmiento	269	0,9
6	Tecka	Languiñeo	775	2,0
3	Telsen	Telsen	500	0,3*

1 kN/m² \cong 100 kgf/m²

Figura 54: Tabla 1.4. – Provincia de Chubut, perteneciente al reglamento CIRSOC 104-2005.

7.2.4. Montaje

El montaje de la estructura se prevé con una hidro grúa. El módulo tiene dimensiones parecidas a las de un container, por lo que puede ser izado de la misma manera que se observa en la siguiente figura de una hidro grúa de 50tn levantando un container. Este mismo sería adecuado para izar al módulo que pesa alrededor de 9.000kg.



Figura 55: Izaaje de container.

La ventaja de utilizar una hidro grúa, es que no solo realiza el izaje, sino que también posee un carretón que puede transportar la estructura al lugar de destino.

Para hacer esto posible, se proveerá al módulo habitacional, de 4 esquineros metálicos del lado exterior, los cuales estarán perforados para unirlos a las paredes de CLT mediante clavos.

La terminación superior del esquinero será tipo ojal sobre la pared frontal, lo cual permitirá conectar el gancho y las eslingas a la grúa para producir el montaje; y una vez finalizada la etapa de montaje, se colocarán las cenefas de terminación que tapan el ojal. De este modo se podrá acceder fácilmente a los mismos si se desea cambiar la ubicación del módulo habitacional.

7.3. Cálculo estructural

7.3.1. Software

El cálculo estructural lo realicé por medio de un software en línea llamado “CLTengineer” creado por la empresa Stora Enso, originada por la fusión de dos empresas, Sueca y Finlandesa. Uno de sus productos son justamente paneles de CLT.

El programa tiene diversos módulos de cálculo, de los cuales utilicé tres:

- **Haz continuo – panel de CLT.**
- **Pared CLT.**
- **Comprobación de diafragma rígido.**

7.3.1.1. Haz continuo – panel de CLT

El módulo panel CLT está hecho para CLT con carga perpendicular al plano del panel (suelo, techo, etc.)

7.3.1.1.1. Conceptos básicos de diseño

CLT se crea laminando listones de laminación de madera en forma transversal (ortogonal) en capas. Por lo tanto, un panel tiene capas longitudinales y capas transversales. Si un panel está sujeto a una carga fuera del plano, las capas transversales influyen en la distribución de las fuerzas internas y las propiedades mecánicas de una sección CLT.

El hecho de que las capas transversales son bastante débiles en comparación con las capas longitudinales, no quiere decir que deban ignorarse estas capas débiles. Su efecto debe incluirse en el análisis estructural. Hay muchos métodos de análisis que son aplicables al diseño CLT, como la Teoría Gamma Modificada, la Analogía de Corte, la Teoría de Timoshenko y Análisis de elementos finitos. Este módulo de software se basa en la teoría de Timoshenko.

Para el diseño de estado límite de servicio (ELS), las deformaciones que se originan por momentos de flexión y por cortante deben ser tomadas en cuenta. La teoría de Timoshenko es para los paneles CLT un método de análisis sólido y bueno, que proporciona resultados de diseño razonables, en comparación con todos los demás métodos, dentro del rango de la construcción práctica.

7.3.1.1.1. Teoría de Timoshenko

El modelo de viga flexible de Timoshenko es un método analítico relativamente sencillo que permite predecir las tensiones y deformaciones de losas uniaxiales, y en general cualquier elemento tipo placa que esté principalmente solicitado en una dirección de flexión fuera del plano. Este método consiste en idealizar la tensión y deformación de la losa como una viga flexible. Se construye asumiendo las siguientes suposiciones:

- 1) La sección no es perpendicular a la deformada elástica, pero permanece plana.
- 2) Pese a que contradiga lo anterior, se asume que la sección adquiere curvatura debido al corte. Esto se logra aplicando un factor de corrección por corte K , lo que permite calcular más adecuadamente la rigidez, tensión y deformación por corte.
- 3) La tensión por corte se obtiene del equilibrio local de corte y momentos de una rebanada de la viga.

(Guindos, 2019)

Con el fin de no entrar en detalles en cuanto al método de cálculo, se muestra a continuación, la típica distribución de tensiones axiales y cortantes en un panel de CLT bajo el modelo de viga flexible de Timoshenko:

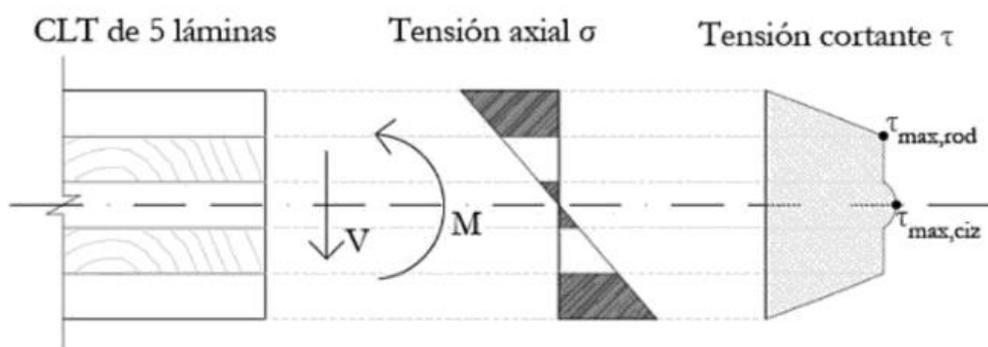


Figura 56: Típica distribución de tensiones axiales y cortantes en un panel de CLT bajo el modelo de viga flexible de Timoshenko.

En la figura se observa que el para el cálculo de la tensión axial σ , se consideran contribuyendo al corte las capas longitudinales al apoyo; mientras que las transversales al apoyo, tienen tres funciones: en primer lugar, mantener la cohesión de las capas longitudinales, en segundo lugar, separar las capas longitudinales una cierta distancia para proporcionarle a la sección más inercia, y, en tercer lugar, distribuir una parte de los esfuerzos en sentido perpendicular.

Con respecto a la tensión cortante τ , todo el material contribuye al corte, alcanzándose el valor máximo en las fibras perpendiculares al apoyo, lo cual es lógico por la morfología de la fibra de la madera.

Ventajas y desventajas del método

- Ventajas: permite el cálculo analítico manual, pero además el modelo suele estar disponible en la mayoría de software computacionales, pudiéndose aplicar bajo cualquier tipo de carga y condiciones de contorno. Las predicciones de flecha suelen ser aceptables.
- Desventajas: la predicción de tensiones para el caso de vigas continuas, puede dar resultados bastante alejados de la realidad.

(Guindos, 2019)

7.3.1.2. Pared CLT

El módulo CLT muro está hecho para paneles CLT con carga en el plano y fuera del plano del CLT.

El elemento CLT también puede incluir huecos para aberturas de puertas y ventanas.

7.3.1.2.1. Conceptos básicos de diseño

Este sería normalmente un caso para un análisis de elementos finitos. El objetivo del fabricante del programa fue crear un módulo de diseño que pudiera manejar un análisis bajo condiciones de contorno, pero utilizando una ingeniería simplificada. La solución a este enfoque de diseño fue describir el panel CLT como un modelo de cuadrícula de vigas. Este enfoque de ingeniería se publicó en “Cross-Laminated Diseño de estructuras de madera”.

El modelo consiste en vigas que corren en dirección principal de los paneles y vigas que corren en dirección transversal. Los rayos en la dirección principal tienen la rigidez y el momento de inercia del panel CLT en la dirección principal y; las vigas en la dirección transversal tienen las propiedades del CLT en dirección transversal. En este módulo de diseño, el panel CLT se modela mediante una rejilla de vigas con un ancho de malla cuadrada de unos 40 cm. El ancho exacto será un múltiplo de la dimensión del panel.

Toda la carga se aplica como carga puntual en la intersección de nodos del modelo de rejilla de vigas.

La deformación del sistema se está analizando de acuerdo con la teoría de la viga de Timoshenko, teniendo en cuenta la deformación debida a momentos de flexión y cortante.

Dado que esto es sólo un método de cálculo, los resultados se desvían del modelo de elementos finitos, pero estando del lado conservador. El grado máximo de desviación es de aproximadamente 15%.

7.3.1.3. Comprobación de diafragma rígido

El módulo de análisis de diafragma rígido (RDA) ayuda al ingeniero a distribuir una carga horizontal resultante que se aplica a una estructura, en todos los muros de corte. Una carga horizontal de este tipo suele ser una carga sísmica o una carga de viento. Las cargas sísmicas y de viento generalmente actúan en el centro de masa del piso sobre el piso analizado.

Las fuerzas que actúan sobre el suelo en la dirección horizontal (en el plano del suelo) se distribuyen a través de la estructura dependiendo de su rigidez (aberturas en muros de cortante, tipo de panel, grado de madera, geometría del muro, etc.) y; ubicación relativa al centro de masa o centro de gravedad y su orientación (ángulo entre la dirección de la fuerza y la dirección de la pared).

7.3.2. Propiedades mecánicas de la especie Pino Ponderosa

Para el cálculo de los paneles CLT, fue necesario introducir al software las características mecánicas de la especie Pino Ponderosa.

DATOS DE LA ESPECIE PINO PONDEROSA DE RÍO NEGRO			
1	densidad	Esta es la densidad del material para el cálculo del peso propio.	602,00 kg/m ³
2	ρ_k	Densidad característica según EN 1995-1-1 y EN 338 (percentil 5%).	321,00 kg/m ³
3	ρ_{media}	Densidad media según EN 1995-1-1 y EN 338.	389,00 kg/m ³
4	$E_{0,media}$	Valor medio del módulo de elasticidad paralelo a la fibra.	5168,00 N/mm ²
6	$E_{0,5}$	Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad.	4082,00 N/mm ²
7	E_{90}	Valor medio del módulo de elasticidad perpendicular a la fibra.	172,27 N/mm ²

8	G_{media}	Módulo de corte medio.	323,00 N/mm ²
9	$G_{r, media}$	Módulo de cizallamiento medio por laminación.	32,30 N/mm ²
10	G_{90}	Valor medio del módulo de corte perpendicular a la fibra.	32,30 N/mm ²
11	$G_{0,5}$	Valor del quinto percentil del módulo de corte.	215,31 N/mm ²
13	$f_{c, 0, k}$	Resistencia a la compresión característica, paralela a la fibra.	18,44 N/mm ²
14	$f_{c, 90, k}$	Resistencia a la compresión característica, perpendicular a la fibra.	2,25 N/mm ²
15	$f_{m, k}$	Valor característico (del percentil 5%) de la resistencia a flexión, N/mm ² .	18,40 N/mm ²
16	$f_{r, k, min}$	Resistencia característica mínima al cizallamiento por rodadura.	1,53 N/mm ²
17	$f_{r, k, base}$	Resistencia al cizallamiento por laminación de base característica.	1,71 N/mm ²
18	$f_{t, 0, k}$	Resistencia a la tracción característica, paralela a la fibra.	10,36 N/mm ²
19	$f_{t, 90, k}$	Resistencia a la tracción característica, perpendicular a la fibra.	0,40 N/mm ²
20	$f_{v, k}$	Resistencia al cizallamiento característica, paralela a la fibra.	3,44 N/mm ²
21	$f_{t, nodo, k}$	Resistencia al cizallamiento por torsión característica en la superficie de encolado frontal, en el plano de CLT.	2,25 N/mm ²
22	$f_{IP, bruto, k}$	Resistencia al corte característica en sección bruta, en el plano CLT.	3,15 N/mm ²
23	$f_{IP, neto, k}$	Resistencia al corte característica en sección neta, en el plano de CLT.	3,51 N/mm ²

Tabla 2: Propiedades mecánicas de la especie Pino Ponderosa .

La mayoría de los datos de la especie fueron obtenidos por investigaciones en el laboratorio GIDEC (Grupo de Investigación y Desarrollo de Estructuras Civiles) de la UTN-FRVT, mediante ensayos que siguieron los lineamientos de la norma europea. Respecto a los valores faltantes, se acudió a fórmulas proporcionadas por dicha norma, o en otros casos, se establecieron relaciones.

Cabe destacar que la elección de la norma europea para el cálculo de los paneles CLT, no es casual, ya que resulta conveniente seguir los lineamientos de una misma norma tanto para los ensayos como para los cálculos que se ajustan a datos empíricos.

7.3.3. Cálculo de paneles CLT

Como se explica anteriormente, se utilizaron en el cálculo los siguientes módulos del software:

- **Haz continuo – panel de CLT.**
- **Pared CLT.**
- **Comprobación de diafragma rígido.**

Fueron necesarios introducir los valores de la especie de madera, los datos geométricos, valores de carga y condiciones de vínculo. A partir de ello, se produce el dimensionamiento de los elementos, por los mecanismos antes descriptos.

El resultado del dimensionamiento fue:

Ciudad	Pared frontal		Pared lateral		Techo		Piso	
	N° de capas	Espesor (mm)	N° de capas	Espesor (mm)	N° de capas	Espesor (mm)	N° de capas	Espesor (mm)
Comodoro Rivadavia	5	100	5	100	3	80	5	100
Andacollo	5	100	5	100	5	140	5	100
Las Heras	5	100	5	100	3	80	5	100

Tabla 3: Resultado del dimensionamiento de los paneles de CLT.

Podemos observar que, para las tres ciudades, tanto en las paredes como en el piso, se emplearían paneles de 5 tableros o capas, con un espesor total de 100mm. En cambio, para el techo, en las ciudades de Comodoro Rivadavia y Las Heras se utilizarían paneles de 3 capas, con un espesor total de 80mm; mientras que para Andacollo correspondería uno de 5 capas y espesor total de 140 mm, lo cual se explica, debido a que en dicha ciudad se da la máxima carga de nieve.

Tendremos entonces dos configuraciones para el módulo habitacional, las cuales se van a diferenciar sólo por el espesor del panel de techo.

Se toma esta decisión, con el fin de optimizar el modelo desde el punto de vista económico.

7.3.3.1. Cálculo de haz continuo – panel de CLT.

Con este módulo se realizó el cálculo del techo y piso, ya que ambos se representan como una barra de ancho unitario simplemente apoyada.

7.3.3.1.1. Cálculo de techo

El techo se someterá a cargas de peso propio, viento y nieve. Tendremos entonces dos hipótesis de cálculo:

- Barra simplemente apoyada con carga de peso propio y viento.
- Barra simplemente apoyada con carga de peso propio y nieve.

El motivo de las dos hipótesis, es que generan los estados más desfavorables. Si combinamos en la misma barra, la carga de nieve que tiene una dirección opuesta a la del viento (succión) se estarían contrarrestando, solicitando menos a la losa de techo.

Resultó para el techo de Comodoro Rivadavia y Las Heras:

Sección: CLT 80 C3s

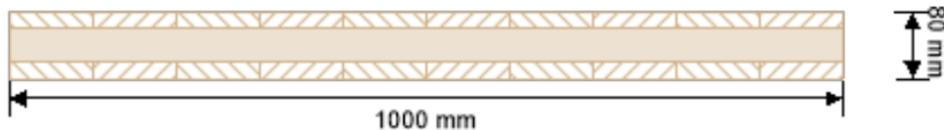


Figura 57: Sección de panel de CLT.

Capa 1: 20mm.

Capa 2: 40mm.

Capa 3: 20mm.

Resultó para el techo de Andacollo:

Sección: CLT 140 C5s

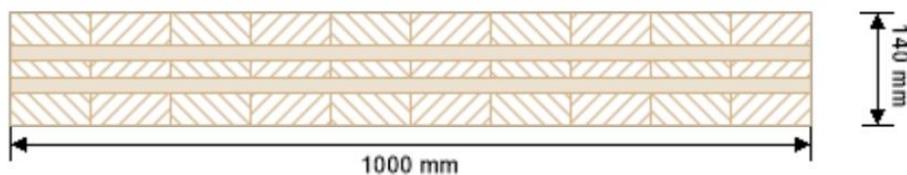


Figura 58: Sección de panel de CLT.

Capa 1: 40mm.

Capa 2: 20mm.

Capa 3: 20mm.

Capa 4: 20mm.

Capa 5: 40mm.

En el “ANEXO A” se encuentra el cálculo de techo de las tres ciudades con sus dos hipótesis.

7.3.3.1.2. Cálculo de piso

Para el piso se tienen dos estados. El primero es la losa de piso en servicio, es decir, apoyada sobre la platea donde habría una distancia sin apoyo en la zona del baño; el segundo estado y el más crítico para el cual se verificó, es el montaje. En este estado tendremos la losa soportando el peso del solado y su propio peso, se considera entonces simplemente apoyada a cada lado de los muros, ya que esa será su arista de unión.

Resultó para el piso de Comodoro Rivadavia, Andacollo y Las Heras:

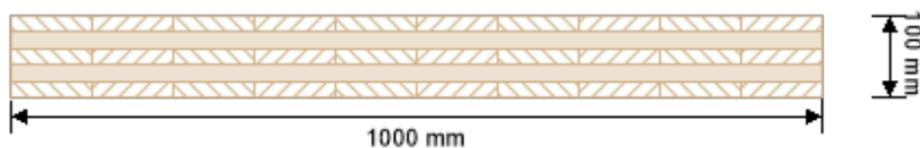


Figura 59: Sección de panel de CLT.

Capa 1: 20mm.

Capa 2: 20mm.

Capa 3: 20mm.

Capa 4: 20mm.

Capa 5: 20mm.

En el “ANEXO A” se encuentra el cálculo de piso, que es el mismo para las tres ciudades.

7.3.3.2. Pared CLT

Con este módulo se realizó el cálculo de las dos paredes más críticas; la primera es el muro lateral de más altura (2,90m) lo cual es crítico a la hora del pandeo, y el otro

aspecto de esta pared, es que tiene más cantidad de aberturas y como se explica con anterioridad, se consideran que esas franjas no reciben carga, repartiéndose en el resto del panel. El segundo muro más crítico es el frontal que posee aberturas que ocupan mucha superficie.

7.3.3.2.1. Cálculo de pared lateral

Para el cálculo de las paredes se consideró la geometría del panel (con los huecos de ventanas y puertas), la condición de vínculo cuya configuración empotrada-libre está del lado de la seguridad y; por último, las cargas de peso propio, de viento perpendicular al plano de la pared y la que corresponde al techo dado por su reacción en el apoyo.

Como el techo tuvo dos hipótesis de cálculo, tendremos dos hipótesis para la pared:

- Pared empotrada-libre con carga de peso propio, viento perpendicular al plano de la pared y reacción del techo debido a la carga de viento.
- Pared empotrada-libre con carga de peso propio, viento perpendicular al plano de la pared y reacción del techo debido a la carga de nieve.

Resultó para la pared lateral de Comodoro Rivadavia, Andacollo y Las Heras:

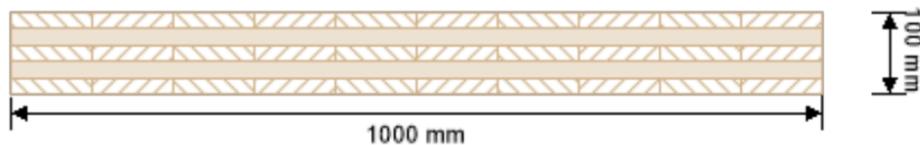


Figura 60: Sección de panel de CLT.

Capa 1: 20mm.

Capa 2: 20mm.

Capa 3: 20mm.

Capa 4: 20mm.

El resultado fue el mismo para las hipótesis de cálculo, con distintos porcentajes de aprovechamiento. Cabe destacar que el espesor del panel depende de la combinación de tablas de madera de espesores estándar, es decir, que el dimensionamiento de los paneles estará atado a las estratigrafías de pared posibles. En el caso donde el porcentaje de

aprovechamiento era bajo, se probó con la continuación de menor espesor (80mm) no verificando.

7.3.3.2.2. Cálculo de pared frontal

Como sabemos los paneles CLT trabajan en una sola dirección principal, lo que, por ejemplo, se conoce en estructuras de hormigón como losa derecha.

Se considera para el panel de techo, una distribución de esfuerzos sólo hacia las paredes laterales. De este modo para el dimensionamiento de la pared frontal, las cargas que soportaría son las de peso propio y las de viento perpendiculares al plano de dicha pared.

Resultó para la pared lateral de Comodoro Rivadavia, Andacollo y Las Heras:

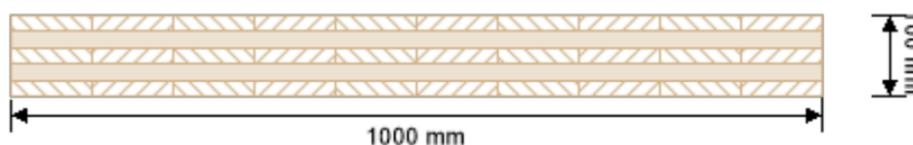


Figura 61: Sección de panel de CLT.

Capa 1: 20mm.

Capa 2: 20mm.

Capa 3: 20mm.

Capa 4: 20mm.

En el “ANEXO B” se encuentra el cálculo de paredes laterales para las tres ciudades, con sus dos hipótesis. Así como también el cálculo de la pared frontal para dichas ciudades.

7.3.3.3. Comprobación de diafragma rígido

Esta sección del software se utilizó para verificar a corte las paredes que componen el módulo. Este valor de corte, surge de la carga de sismo.

La mayor carga de sismo se produce en Las Heras, con un valor de corte de 67,89 kN aplicado a la base. Para configurar el cálculo, se introdujeron los parámetros geométricos que son los 4 paneles de la pared, y luego, se cargó el esfuerzo en dirección “x” e “y”, ambos valores de 67,89 kN, verificándose el modelo, con la combinación de

ambas. Esto se debe a que la aceleración provocada por el sismo en el terreno puede tener cualquier dirección y sentido, y se representa a través de tres componentes: dos horizontales perpendiculares entre sí (por ejemplo, norte-sur y este-oeste), y una vertical.

El resultado obtenido, refleja que el valor de corte que resiste el muro, es 350 veces más grande, que el valor de corte que produce en las paredes la acción del sismo.

Esta gran diferencia, refleja que el panel funciona como un tabique capaz de resistir grandes esfuerzos de sismo. Por tal motivo las estructuras de CLT presentan un excelente comportamiento a estos fenómenos, teniendo la ventaja de un bajo peso propio (el esfuerzo de corte en los paramentos horizontales de los edificios aumenta con el peso propio), de ser además infinitamente rígidas, y poseer uniones metálicas las cuales proporcionan una disipación de la energía mediante deformaciones, y si eventualmente se produce una rotura, ésta sería dúctil.

En el “ANEXO C” se encuentra el cálculo de la comprobación de diafragma rígido.

7.4. Cálculo de uniones

Para el cálculo de uniones, se tomó como guía el catálogo de placas y conectores de madera de la empresa Rothoblaas.

Rothoblaas es una multinacional italiana – originaria de la región alpina - líder en el desarrollo y la provisión de soluciones de alto contenido tecnológico para la construcción en madera.

En el catálogo presenta distintos tipos de uniones para paneles CLT y proporciona para cada una el esfuerzo resistente, que varía si la conexión está hecha con clavos o tornillos y; si se conecta a madera, hormigón sin fisurar o fisurado, e incluso hormigón en evento de sismo.

7.4.1. Uniones y solicitaciones

En la fase de proyecto de un edificio es necesario tener en cuenta su comportamiento, tanto para acciones de tipo verticales como para acciones de tipo horizontales, como el viento y el sismo.

Estas últimas pueden resumirse de manera simplificada como agentes en el nivel de los elementos horizontales de los edificios. Para garantizar un óptimo rendimiento

sísmico de un edificio de madera, teniendo en cuenta todas las modalidades de rotura, es fundamental un proyecto apropiado de todos los sistemas de conexión.

La distribución de las solicitaciones en una estructura de CLT, puede ocurrir de la siguiente manera:

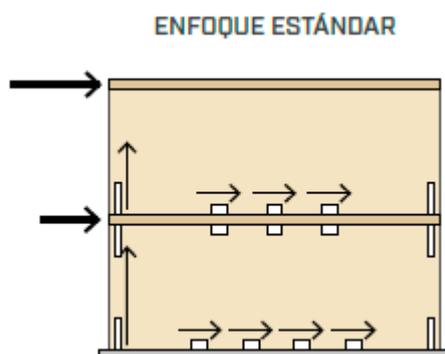


Figura 62: Distribución de solicitaciones en estructura de CLT - Enfoque estándar

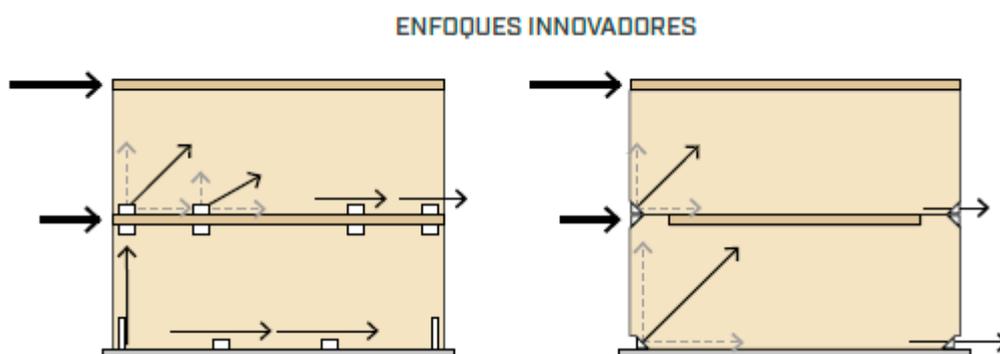
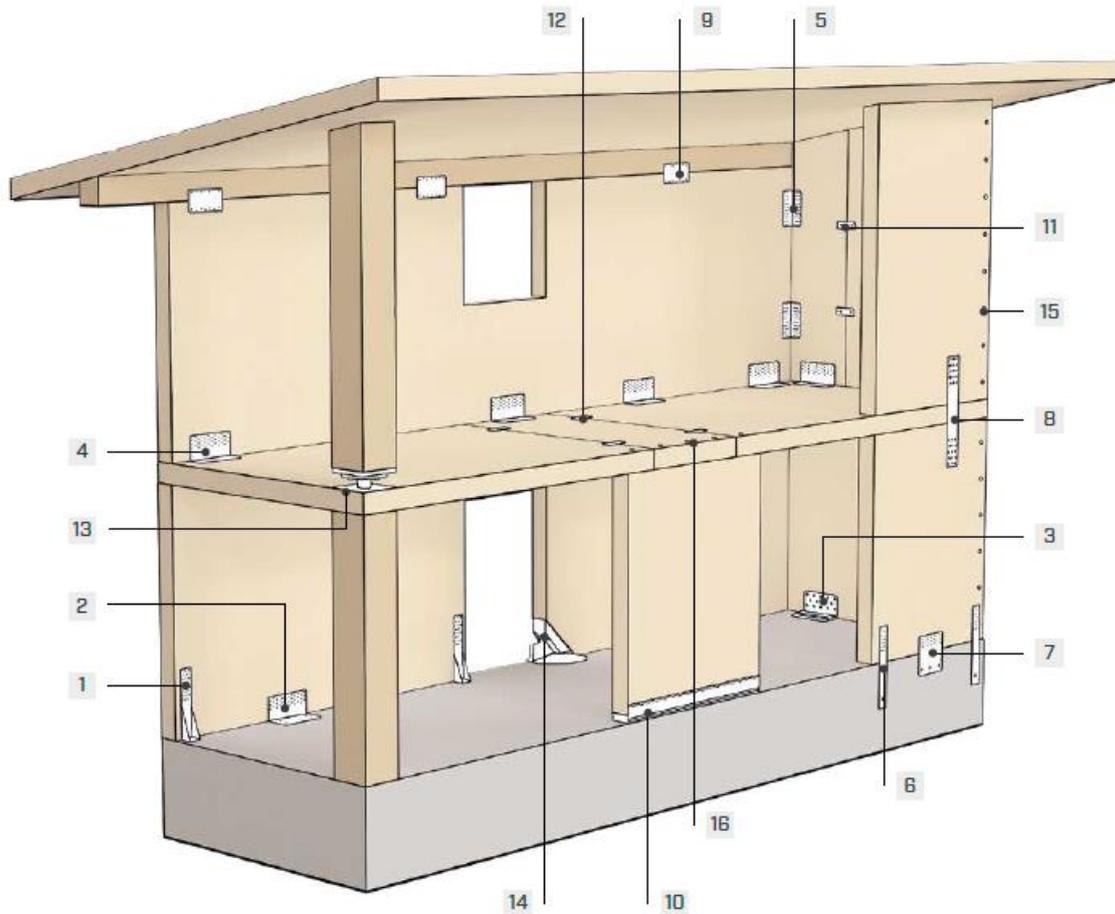


Figura 63: Distribución de solicitaciones en estructura de CLT – Enfoques innovadores

Las acciones horizontales en correspondencia con los forjados generan, en el interior del edificio, fuerzas de corte y de tracción entre los distintos elementos estructurales; tales fuerzas tendrán que ser absorbidas por conexiones idóneas.

Estas conexiones pueden absorber esfuerzos de corte o tracción como muestra el enfoque estándar. Así como también, existen modelos de conectores que pueden absorber ambos esfuerzos, de corte y tracción, según enfoques más innovadores.

7.4.2. Tipología de conexiones



Angulares

Se utilizan para conexiones madera-madera y madera-hormigón. En función del modelo específico, se pueden usar para transferir fuerzas de tracción, de corte o una combinación de ambas. El uso con arandelas especiales mejora su rendimiento y versatilidad.

- 1 WHT
- 2 TITAN N
- 3 TITAN S + WASHER
- 4 TITAN V
- 5 TITAN F

Placas bidimensionales

Permiten transferir tanto fuerzas de tracción como de corte; en función del tipo utilizado son adecuadas tanto para conexiones madera-madera como madera-hormigón. La posibilidad de utilizar fijaciones de diferente diámetro permite cubrir una amplia gama de resistencias.

- 6 WHT PLATE C
- 7 TITAN PLATE C
- 8 WHT PLATE T
- 9 TITAN PLATE T

Conectores especiales

Una nueva gama de soluciones simples para resolver problemas complejos, tanto en pequeños edificios residenciales como en edificios de varios pisos.

- 10 ALU START
- 11 SLOT
- 12 SLOT
- 13 SPIDER/PILLAR
- 14 X-RAD

Tornillos autoperforantes

Para cada tipo de acción de sollicitación existe, dentro de la gama de conectores autoperforantes, la solución ideal para cumplir con los requisitos de proyecto.

- 15 tornillos HBS/TBS
- 16 tornillos VGZ

7.4.3. Dimensionamiento de uniones

En cuanto al dimensionamiento de las uniones, se buscaron los valores de carga más desfavorables de las tres ciudades, de modo tal, que la configuración de las conexiones sea la misma para los dos modelos de módulo habitacional.

7.4.3.1. Elemento de conexión para unión madera-madera

Se adoptó la conexión (2) TITAN N. Cuyo modelo es capaz de absorber esfuerzos de tracción y corte.



Figura 64: Conexión (2) “TITAN N”.

Se empleó del lado interior del módulo, entre piso-pared, pared-pared y techo-pared.



Figura 65: Imagen ilustrativa de utilización de conexión (2) “TITAN N”.

7.4.3.1.1. Datos técnicos de conexión (2) “TITAN N”

- Código del producto:

<i>Código</i>	<i>B</i> (mm)	<i>P</i> (mm)	<i>H</i> (mm)	<i>n_H Ø5</i> (un.)	<i>n_V Ø5</i> (un.)	<i>S</i> (mm)
<i>TTN240</i>	240	93	120	36	36	3

Tabla 4: Datos técnicos de conexión (2) "TITAN N", proveniente del catálogo “Placas y conectores para madera” de Rothoblaas.

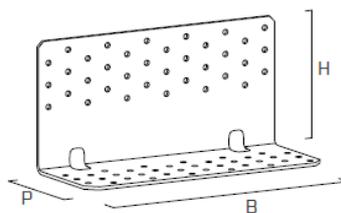


Figura 66: Conexión (2) “TITAN N”

- Dimensiones del producto:

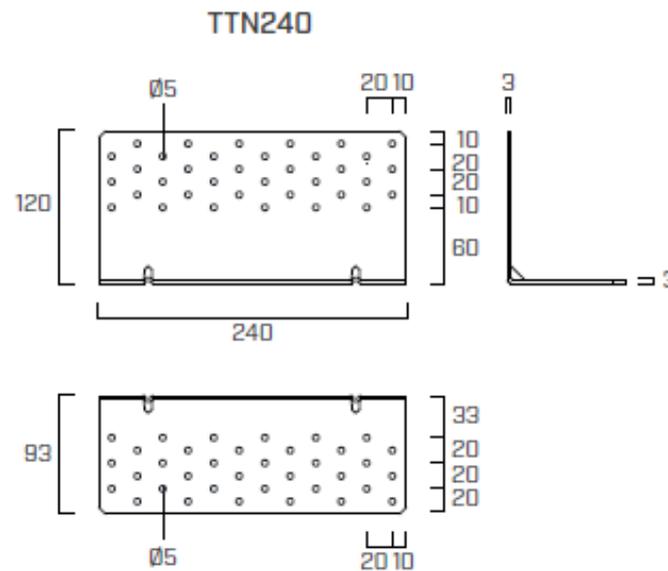


Figura 67: Conexión (2) “TITAN N”

- Material: acero al carbono DX51D+Z275.
- Valores estadísticos: Unión de corte $F_{2/3}$ – Madera-Madera

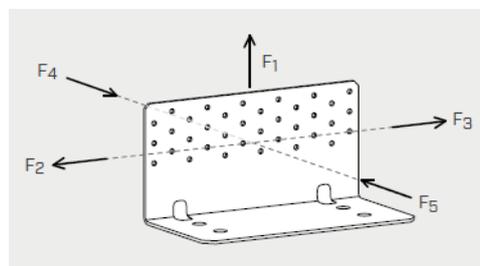


Figura 68: Convención de dirección de esfuerzos.

Producto	Fijaciones agujeros Ø5				$R_{2/3, k\ timber}$ (kN)
	Tipo de unión	$\varnothing \times L$ (mm)	n_v (un.)	n_H (un.)	
TTN240	Clavos	Ø4,0 x 60	36	36	37,9
	Tornillos	Ø5,0 x 50	36	36	46,7

Tabla 5: Valores estadísticos de resistencia a corte de conexión TTN240, proveniente del catálogo “Placas y conectores para madera” de Rothoblaas.

- Valores estadísticos: Unión de tracción F_1 – Madera-Madera

<i>Fijaciones agujeros Ø5</i>					<i>R_{2/3,k timber}</i> (kN)
<i>Producto</i>	<i>Tipo de unión</i>	<i>Ø x L</i> (mm)	<i>n_v</i> (un.)	<i>n_H</i> (un.)	
TTN240	Clavos	Ø4,0 x 60	36	36	7,4
	Tornillos	Ø5,0 x 50			17,1

Tabla 6: Valores estadísticos de resistencia a tracción de conexión TTN240, proveniente del catálogo “Placas y conectores para madera” de Rothoblaas.

7.4.3.2. Dimensionamiento de las uniones madera-madera

Para la unión se emplearán tornillos, por tanto, la conexión tendrá una resistencia a corte de 46,7 kN y a tracción de 17,1 kN.

Como se explicó anteriormente, para la unión de piso-pared y pared-techo, las conexiones de esquina tomarán los esfuerzos de tracción, mientras que las de tramo, los esfuerzos de corte.

7.4.3.2.1. Esfuerzo de tracción

7.4.3.2.1.1. Unión piso-pared y pared-techo

Esfuerzo de tracción por carga de sismo en pared frontal y lateral:

El esfuerzo de tracción provocado por el sismo se obtiene de la siguiente manera:

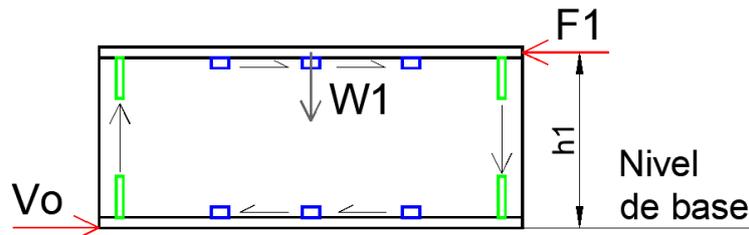


Figura 69: Esquema de cargas de sismo.

En primer lugar, conocemos el valor de corte en la base para Las Heras, $V_o = 67,89$ kN. La fórmula genérica para obtener el esfuerzo en los demás niveles, si la estructura tuviera varios pisos sería:

$$F_i = \frac{W_i h_i}{\sum_{i=1}^n W_i h_i} V_o$$

Notar que, al tener un solo nivel, el cociente se anula, por lo que $F1 = V_o = 67,89$ kN. Entonces el esfuerzo $F1$ forma un brazo de palanca respecto el nivel de la base, lo cual equivale a, $M1 = 67,89 \text{ kN} \times 3\text{m} = \mathbf{204 \text{ kNm}}$.

La forma de tomar este esfuerzo, es que el brazo de palanca que generan las conexiones de esquina por la distancia entre sí, sea igual o mayor a la que genera el sismo.

Según esto, adoptamos para las paredes frontales, dos conexiones en cada una. Teniendo en cuenta que cada placa resiste a tracción 17,1 kN, el brazo de palanca resultará: $2 \text{ un.} \times 17,1 \text{ kN} \times 11\text{m} = \mathbf{376,2 \text{ kNm} > M1}$

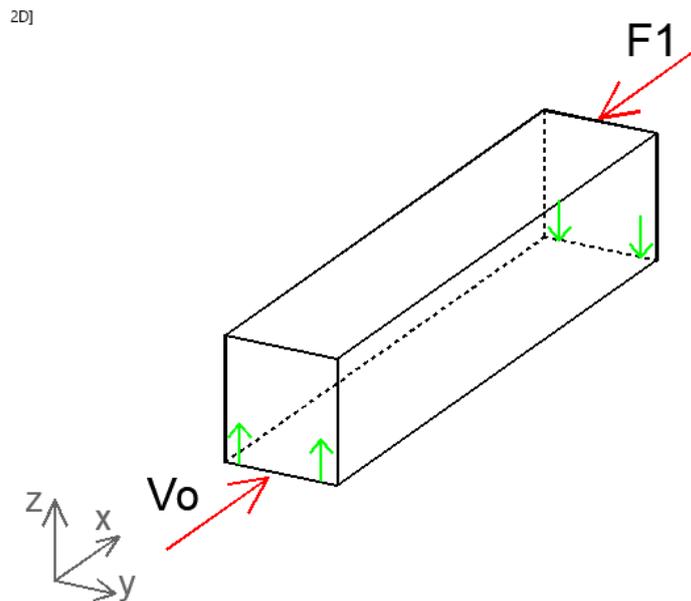


Figura 70: Esfuerzo de sismo en dirección “x”.

Considerando el esfuerzo en el otro sentido, adoptamos para las paredes laterales, cuatro conexiones en cada una. El brazo de palanca resultará: $4 \text{ un.} \times 17,1 \text{ kN} \times 3\text{m} = \mathbf{205,2 \text{ kNm} > M1}$

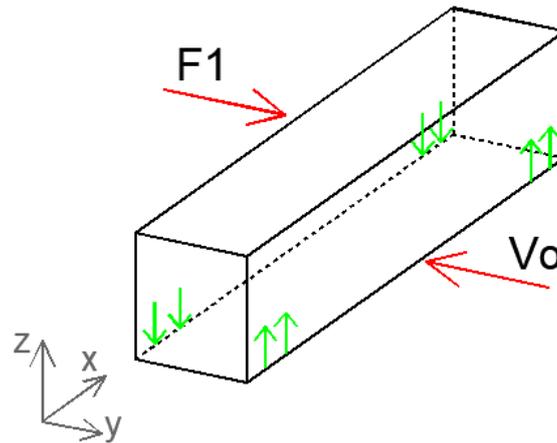


Figura 71: Esfuerzo de sismo en dirección "y".

Esfuerzo de tracción por viento en la pared lateral:

El esfuerzo de tracción a causa del viento, estando la estructura en servicio, se produce en Comodoro Rivadavia, donde tenemos la mayor acción de viento, que genera una succión en el techo, transmitiéndola también a la pared lateral.

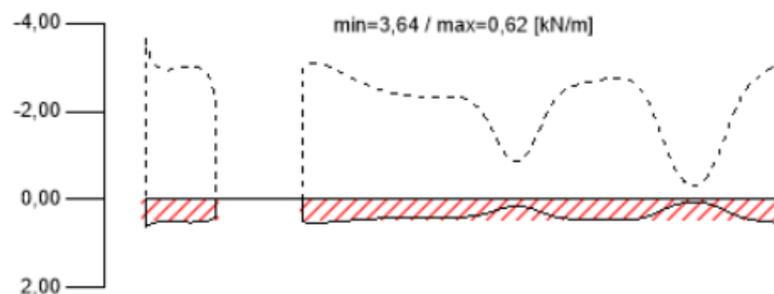


Figura 72: Reacción vertical mínima y máxima en el apoyo. Pared lateral de Comodoro Rivadavia.

Vemos que el valor máximo de tracción es 3,64 kN/m. Ahora bien, la totalidad del esfuerzo de tracción es el área bajo la curva, que puede estimarse como: 2kN/m x 11m, resultando: **22 kN**.

Según esta reacción, necesitaríamos dos conexiones de tracción. Pero sigue siendo más crítico el efecto de sismo.

Esfuerzo de tracción por montaje en la pared lateral:

En cuanto al montaje, estas conexiones de tracción, deben asegurar que son capaces de tomar los esfuerzos de tracción producidos por el panel CLT de piso y el solado:

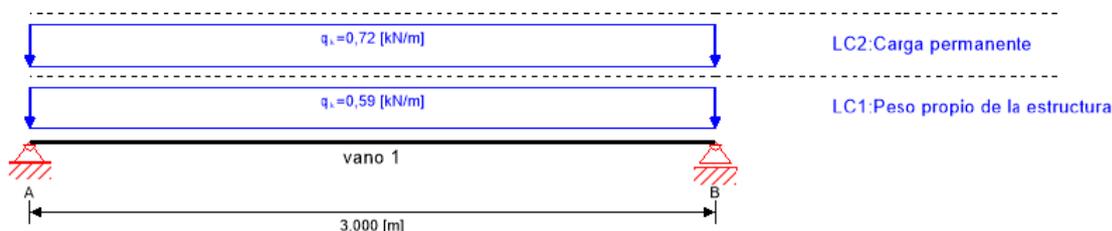


Figura 73: Esquema de cálculo del piso del módulo habitacional.

Se observa el esquema de cálculo del piso del módulo habitacional, realizado para la verificación del panel durante el montaje. Como ya se explicó en el cálculo, soporta su peso propio y el del solado. El piso representa una carga total de $(0,72 \text{ kN/m} + 0,59 \text{ kN/m}) \times 3\text{m} = 3,93 \text{ kN}$ para una faja de 1 metro de ancho; entonces para los 11m que mide el piso, se tienen 43,23 kN. Como se reparte a cada lado, la tracción en una pared lateral valdría 21,62 kN, valor semejante al causado por la succión del viento sobre el techo.

Esfuerzo de tracción por viento en la pared frontal:

El techo sólo transmite los esfuerzos a las paredes laterales, por ello la pared frontal, no tendrá que soportar esfuerzos de tracción debida a la succión del viento.

Esfuerzo de tracción por montaje en la pared frontal:

Las paredes laterales fueron calculadas para soportar la totalidad del esfuerzo del piso, durante el montaje. Sin embargo, la unión en esquina de dos paneles, es crítica por la discontinuidad del material, entonces debe sí o sí, colocarse el mecanismo de unión en ambos lados de la esquina para asegurar una correcta transmisión de los esfuerzos. Entonces será suficiente con las conexiones resultantes del esfuerzo de sismo.

7.4.3.2.2. Esfuerzo de corte

7.4.3.2.2.1. Unión piso-pared y pared-techo

El mayor esfuerzo de corte de la estructura, viene dado por la carga de sismo de la ciudad de Las Heras, cuyo valor es 67,89 kN y está aplicado a la base de la construcción. Ya verificamos que el panel puede absorber dicho esfuerzo, queda

corroborar que las uniones de corte también sean capaces de transmitir los esfuerzos del sismo.

Por ello se extrajo del cálculo del diafragma rígido, los valores de corte a los que estará sometida cada pared del módulo:

	Pared	Identificación	Fuerza resultante que recibe la pared en el plano de mayor inercia
			kN
1	Pared lateral	Contiene la puerta balcón	105,24
2	Pared lateral	Contiene la ventana del baño	216,91
3	Pared frontal	Contiene la puerta de ingreso	51,60
4	Pared frontal	No contiene aberturas	80,24

Tabla 7: Esfuerzo de corte en las paredes del módulo debido al sismo de Las Heras.

Si comparamos entre paredes laterales o frontales, aquellas que tienen menor cantidad de huecos por aberturas, son las más solicitadas al esfuerzo de corte, esto sucede por la diferencia de rigideces. La pared más rígida, siempre va a tomar más carga.

La conexión con tornillos, resiste a corte 46,7 kN. Entonces, considerando, los esfuerzos más desfavorables, se adopta para cada pared lateral: $216,91\text{kN} / 46,7\text{kN} = 5$ conexiones. Para cada pared frontal adoptamos: $80,24\text{kN} / 46,7\text{kN} = 2$ conexiones.

7.4.3.2.2. Unión pared-pared

La unión vertical de las paredes se materializará con conexiones que absorberán esfuerzos de corte. Estos surgen, de los esfuerzos de tracción que viajan en las esquinas de los muros y que pueden generar desplazamientos relativos entre la unión de ambas paredes, siendo este esfuerzo, de magnitud análoga a la de tracción, y que comparado con lo que resiste una placa a corte, no sería problema absorberlo. No obstante, la acción del montaje les provocará esfuerzos más significativos, ya que deben resistir el peso del módulo por debajo de ellos.

Si adoptamos una conexión de corte por esquina, el esfuerzo de estos cuatro conectores equivaldría a $37,9\text{ kN} \times 4 = 151,6\text{ kN}$. El peso completo del módulo es aproximadamente 90 kN, por lo que, verificaría sobradamente el esfuerzo de montaje.

7.4.3.3. Esquema de distribución de uniones madera-madera

Resumiendo, el cálculo de uniones madera-madera, se presenta a continuación con una isométrica del módulo habitacional con las respectivas uniones.

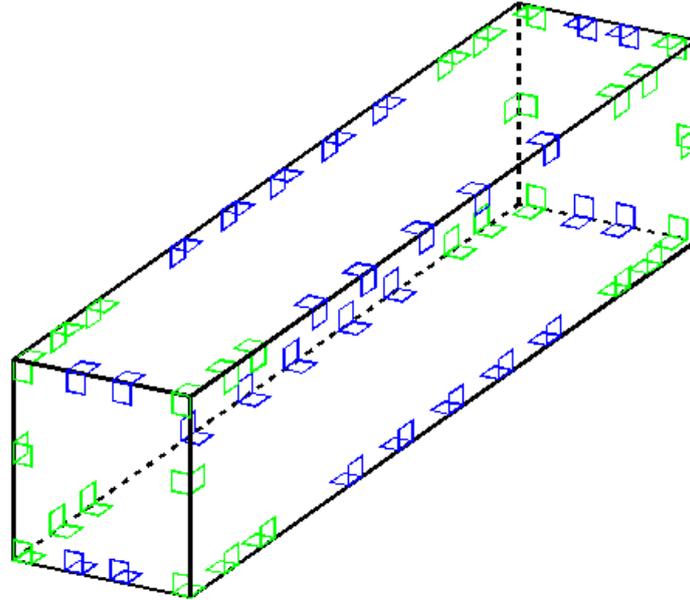


Figura 74: Conexiones madera-madera resultantes del cálculo. En verde se muestran las uniones de tracción y en azul las uniones de corte. Sumando un total de 56 unidades.

7.4.3.4. Elemento de conexión para unión madera-hormigón

Se adoptó la conexión (6) WHT PLATE C, para absorber esfuerzos de tracción.



Figura 75: Conexión (6) "WHT PLATE C".

Se localiza del lado exterior, uniendo el hormigón con el panel CLT.



Figura 76: Imagen ilustrativa de utilización de conexión (6) "WHT PLATE C"

Por otra parte, se eligió la conexión (7) TITAN PLATE C, para absorber esfuerzos de corte.



Figura 77: Conexión (7) "TITAN PLATE C".

Su utilización es exterior, uniendo el hormigón con el panel CLT.



Figura 78: Imagen ilustrativa de utilización de conexión (7) “TITAN PLATE C”.

7.4.3.4.1. Datos técnicos de conexión (6) “WHT PLATE C”

- Código del producto:

<i>Código</i>	<i>B</i> (mm)	<i>H</i> (mm)	<i>Agujeros</i> (mm)	<i>nv Ø5</i> (un.)	<i>S</i> (mm)
<i>WHTPLATE 440</i>	60	440	Ø17	18	3

Tabla 8: Datos técnicos de conexión (6) "WHT PLATE C", proveniente del catálogo “Placas y conectores para madera” de Rothoblaas.

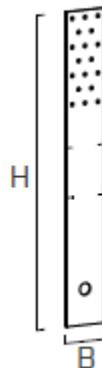


Figura 79: Conexión (6) "WHT PLATE C".

- Dimensiones del producto:

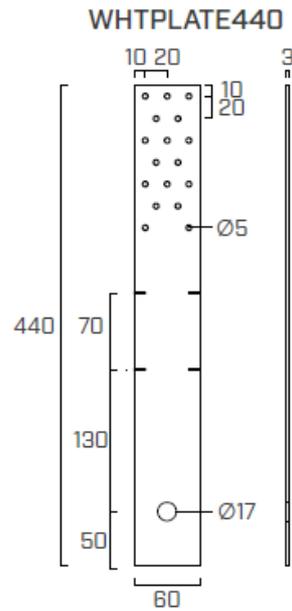


Figura 80: Conexión (6) "WHT PLATE C".

- Material: acero al carbono DX51D+Z275.
- Valores estadísticos: Unión de tracción – Madera-Hormigón

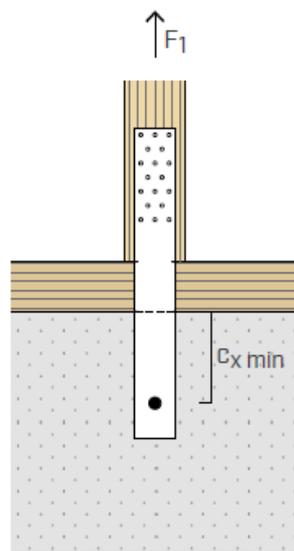


Figura 81: Esquema de esfuerzo y distancia mínima de colocación respecto el hormigón.

Configuración	$R_{1,k}$ MADERA				$R_{1,k}$ ACERO	$R_{1,d}$ HORMIGÓN	
	fijaciones agujeros Ø5				$R_{1,k}$ steel	$R_{1,d}$ seismic	
	Tipo de unión	Ø x L (mm)	n_v (un.)	$R_{1,k}$ timber (kN)	(kN)	Ø x L (mm)	(kN)
$C_{xmin}: 130mm$	Clavos	Ø4,0 x 60	18	35	34,8	M16 x 190	17,6
	Tornillos	Ø5,0 x 50	18	31,8			

Tabla 9: Valores estadísticos de resistencia a tracción de conexión WHTPLATE 440, proveniente del catálogo "Placas y conectores para madera" de Rothoblaas.

7.4.3.4.2. Datos técnicos de conexión (7) "TITAN PLATE C"

- Código del producto:

Código	B (mm)	H (mm)	Agujeros (mm)	n_v Ø5 (un.)	S (mm)
TCP200	200	214	Ø13	30	3

Tabla 10: Datos técnicos de conexión (7) "TITAN PLATE C", proveniente del catálogo "Placas y conectores para madera" de Rothoblaas.

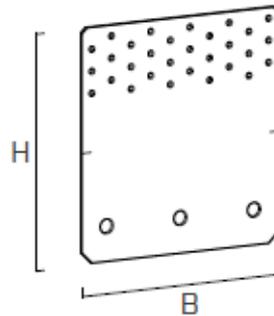


Figura 82: Conexión (7) "TITAN PLATE C".

- Dimensiones del producto:

TCP200

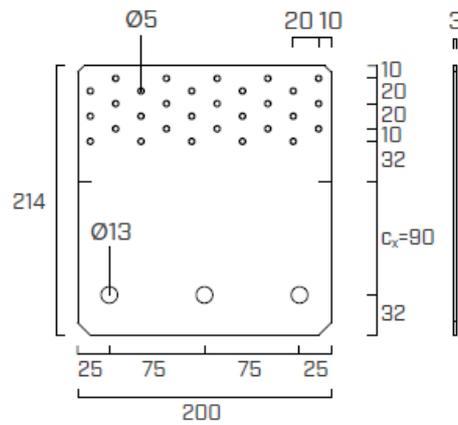


Figura 83: Conexión (7) "TITAN PLATE C".

- Material: acero al carbono DX51D+Z275.
- Valores estadísticos: Unión de corte – Madera-Hormigón

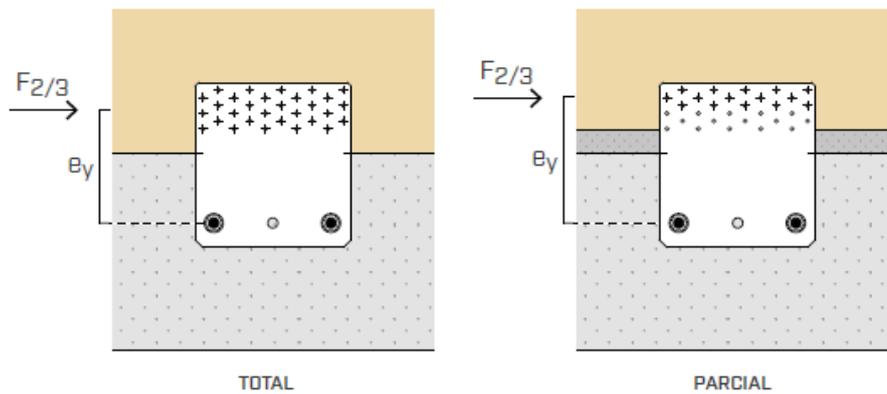


Figura 84: Esquema de esfuerzo y distancia mínima de colocación según fijación parcial o total.

Configuración sobre madera	MADERA				ACERO	HORMIGÓN		ey (mm)
	fijaciones agujeros Ø5				R _{2/3,k} steel	fijaciones agujeros Ø13		
	Tipo de unión	Ø x L (mm)	n _v (un.)	R _{2/3,k} CLT (kN)	(kN)	Ø (mm)	n _v (un.)	
fijación total	Clavos	Ø4,0 x 60	30	70,8	21,8	M12	2	147
	Tornillos	Ø5,0 x 50	30	69,9				
fijación parcial	Clavos	Ø4,0 x 60	15	35,5	20,5	M12	2	162
	Tornillos	Ø5,0 x 50	15	35				

Tabla 11: Valores estadísticos de resistencia a corte de conexión TCP200, proveniente del catálogo “Placas y conectores para madera” de Rothoblaas.

7.4.3.5. Dimensionamiento de las uniones madera-hormigón

Las uniones entre la madera y el hormigón, deben materializarse para vincular el módulo habitacional con la viga y platea de fundación.

7.4.3.5.1. Esfuerzo de tracción

El esfuerzo de tracción que debe resistir la unión, es el mismo que se calculó para las uniones interiores.

Notar, que los datos estadísticos de la capacidad de la unión, otorgan distintos valores de resistencia a tracción para la madera, el acero y el hormigón. Este último tiene tres variables: sin fisurar, fisurado y sismo. Mostré entonces el valor de resistencia del hormigón para sismo, ya que era el más bajo. Luego debe elegirse el menor valor entre de capacidad de la madera, el acero y el hormigón.

Por último, la resistencia a tracción de la conexión en situación de sismo para el hormigón, vale 17,6 kN; valor parecido a la resistencia a tracción de la unión interior (17,1 kN). Por lo tanto, se adopta esta conexión madera-hormigón en la misma disposición y cantidad empleadas en planta, en el interior.

7.4.3.5.2. Esfuerzo de corte

El esfuerzo de corte que debe resistir la conexión, es el mismo que resultó del cálculo del diafragma rígido.

Notar que, en los datos estadísticos de la conexión, se da la resistencia a corte de la madera y el acero, quedando por fuera el hormigón ya que es superior al de estos dos. El acero entonces, es el que menos resistencia proporciona por lo que el cálculo se basará en este.

La conexión para una fijación total, tiene una resistencia del acero de 21,8 kN. Entonces, se adopta para cada pared lateral: $216\text{kN} / 21,8\text{kN} = 10$ unidades. Para cada pared frontal se adopta: $80,24\text{kN} / 21,8\text{kN} = 4$ unidades.

7.4.3.6. Esquema de distribución de uniones madera-hormigón

Resumiendo, el cálculo de uniones madera-hormigón, se presenta a continuación con una isométrica del módulo habitacional con las respectivas uniones.

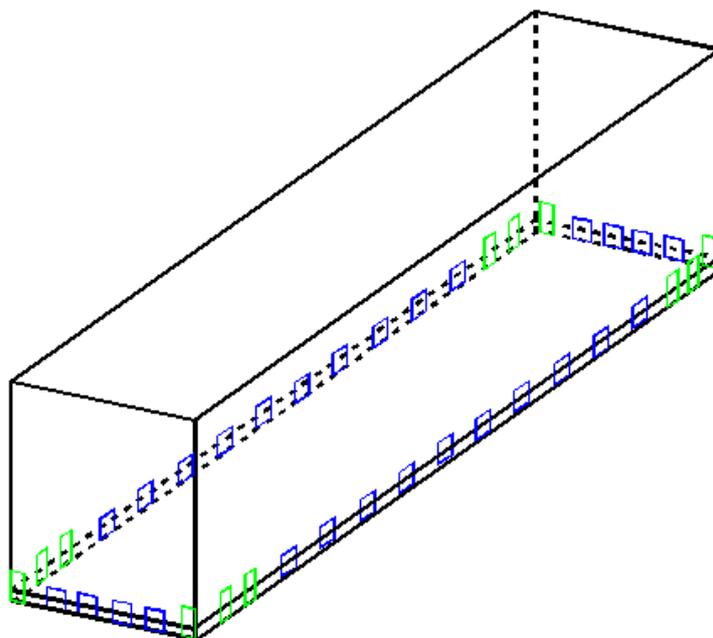


Figura 85: Conexiones madera-hormigón resultantes del cálculo. En verde se muestran las uniones de tracción y en azul las uniones de corte. Sumando 12 unidades de tracción y 28 de corte.

8. Estratigrafías de piso, pared y techo

8.1. Software “Ubakus”

El software Ubakus es de origen alemán, por lo que utiliza para los cálculos las normas DIN (Deutsches Institut für Normung).

Lo utilicé con motivo de definir las estratigrafías de pared y techo.

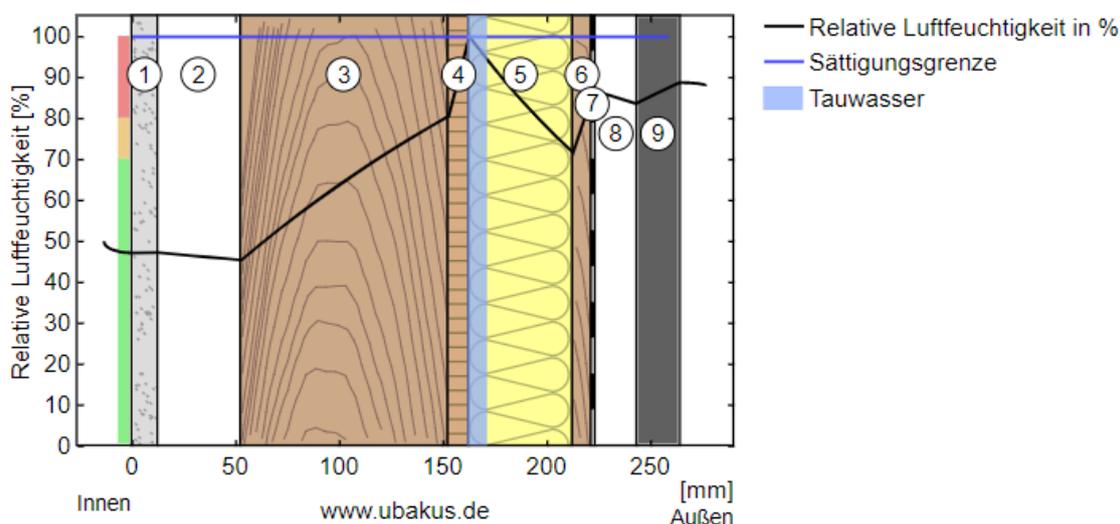
El programa consiste en armar la estratigrafía del piso, pared o techo de la construcción, colocando todos los componentes con su respectivo espesor, en orden, de adentro hacia afuera o viceversa. Luego se carga la temperatura y humedad, interior y exterior.

Una vez ingresados los datos, el programa calcula los siguientes parámetros:

- a) *Transmitancia térmica (Valor U), W/m^2K* : es la medida del calor que fluye por unidad de tiempo y superficie, transferido a través de un sistema constructivo, formado por una o más capas de material, de caras plano paralelas, cuando hay un gradiente térmico entre los dos ambientes que separa el compuesto.
- b) *Contribución al efecto invernadero*: se evalúan las emisiones de gases de efecto invernadero durante la fabricación del componente y su uso, por 30 años. Para evaluar el uso, se estima la cantidad necesaria de energía de calefacción y se evalúan las emisiones de gases de efecto invernadero resultantes de la generación de calor (supuesto: generación de calor por bombas de calor aire / agua). A su vez, en esta sección se encuentra la calculadora de demanda de calor, para cuantificar la energía necesaria para calefaccionar el local.
- c) *Condensación, kg/m^2* : en invierno, en determinadas circunstancias, la humedad del aire de la habitación puede condensarse en el interior del componente y producir allí una humedad no deseada. Este parámetro indica la cantidad de condensación que puede esperarse dentro de los 90 días bajo las condiciones climáticas ingresadas. Dependiendo del componente, se permiten de $0,5 kg/m^2$ a $1 kg/m^2$.
- d) *Humedad de la madera, %*: se aplica en el caso de componentes que contengan madera. La humedad para este material solo puede incrementarse moderadamente por la condensación. Se permite un aumento del 3 al 5%.
- e) *Tiempo de secado*: indica cuánto tiempo necesita el agua de descongelación para secarse en verano. Se permite un máximo de 90 días.
- f) *Humedad de la superficie interior, %*: resulta necesario calcular este valor, ya que, cuanto más frío esté el componente en el interior, mayor será la humedad en la superficie interior del componente. Se puede formar moho

a partir de aproximadamente un 70% de humedad. Por tanto, deben evitarse valores superiores al 70% mediante un aislamiento térmico adecuado.

- g) *Amortiguación de la amplitud de temperatura*: indica cuánto se atenúan las fluctuaciones de temperatura externa.
- h) *Desplazamiento de fase, h_s* : indica el retraso con el que el calor máximo llega al interior del componente. Idealmente, la onda de temperatura debe llegar al interior del componente en las horas frías de la noche. Por lo tanto, los cambios de fase de 12 horas son ideales.
- En el caso de componentes con una protección térmica particularmente buena, el desplazamiento de fase alcanzará valores significativamente más altos. Sin embargo, esto no es un inconveniente, ya que la amortiguación de la amplitud de temperatura suele ser tan fuerte que de todos modos apenas se puede sentir la onda de temperatura.
- i) *Espesor, cm* : indica el espesor total del compuesto.
- j) *Peso, kg/m^2* : indica el peso por metro cuadrado de compuesto.
- k) *Diagramas*: ofrece una variedad de diagramas muy útiles, entre ellos, la evolución de la humedad dentro del componente.



- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ⑥ Pino Ponderosa (10 mm) |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑦ OMEGA WD Winddichtung |
| ③ Pino Ponderosa (100 mm) | ⑧ Luftschicht (20 mm) |
| ④ OSB-Platte, OSB/3 (10 mm) | ⑨ Profilholz (21 mm) |
| ⑤ Glaswolle WLG032 (50 mm) | |

Figura 86: Gráfico de la evolución de la humedad a través de un compuesto.

Este diagrama muestra en el eje vertical la humedad relativa en %, y en el eje horizontal el espesor del compuesto. El lado izquierdo corresponde al interior del local y el derecho, al exterior.

Entonces la línea negra representa la evolución de la humedad relativa (Relative Luftfeuchtigkeit) a través del compuesto. Mientras que la línea celeste horizontal, es el límite de saturación (Sättigungsgrenze). Lo que significa que, si la línea negra alcanza la línea celeste, se llega al 100% de humedad, situación para la cual se produce la condensación (Tauwasser) que se representa con la franja celeste vertical.

8.2. Estudio climático

Como se mencionó anteriormente, para utilizar software Ubakus, fue necesario introducir la temperatura y humedad, interior y exterior.

Como bien sabemos, nuestro módulo habitacional puede encontrarse en cualquier lugar del país. Lo cual se tuvo en cuenta para definir los parámetros de humedad y temperatura.

8.2.1. Humedad y temperatura interior

Según los parámetros establecidos por el reglamento español RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios), las condiciones interiores en invierno se deben situar entre 21-23 °C y un 40-50% de humedad relativa. Mientras que, en verano la temperatura se situará entre los 23-25 °C y la humedad relativa en 45-60%.

(S&P, El Blog de la ventilación eficiente , 2017)

Se eligió entonces una temperatura interior de 23°C y 50% de humedad, valores que se adecúan tanto para el invierno como para el verano.

8.2.2. Humedad y temperatura exterior

En este caso, elegí tres ciudades de Argentina, cuya variabilidad en temperatura y humedad, es amplia, para tener modelos representativos de los distintos climas. El objetivo de esto, es verificar que un tipo de compuesto para pared y techo se adecúe a cualquier clima del país, estandarizando el revestimiento del módulo habitacional para que el proceso productivo sea en serie.

Las ciudades elegidas fueron San Salvador de Jujuy, Río Gallegos y Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

De la página Web “Meteored” se extrajeron los valores de humedad y temperatura, máximos y mínimos del mes de enero y julio, para las tres ciudades nombradas. Se eligieron esos meses, porque representan estaciones opuestas (verano e invierno) y por lo tanto variadas condiciones de temperatura y humedad.

Ciudad	Enero		Julio	
	Tmáx	HR	Tmín	HR
	°C	%	°C	%
San Salvo de Jujuy	36	88	0	18,5
Ciudad autónoma de Buenos Aires	33	88,2	4	46,8
Río Gallegos	26	50	-4	70

Tabla 12: Temperatura y humedad cargadas en el software Ubakus.

Los cálculos realizados en el programa, se encuentran en el “ANEXO D”.

8.3. Estratigrafía de pared

En el siguiente detalle se observa la estratigrafía de la pared del módulo habitacional.

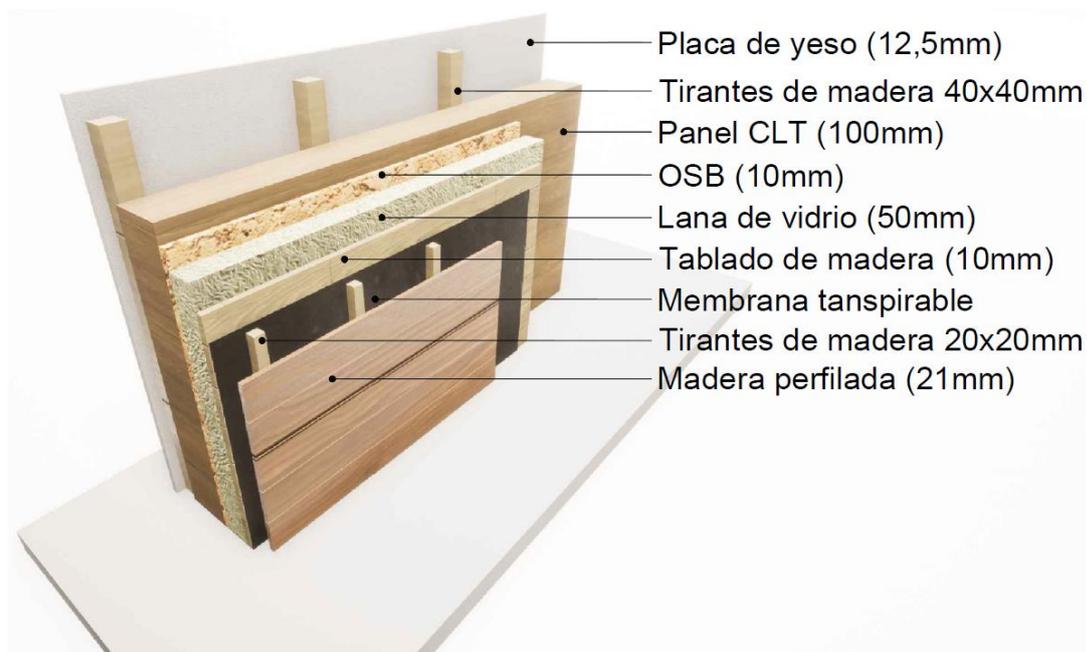


Figura 87: Estratigrafía de pared del módulo habitacional.

Desde el interior al exterior la estratigrafía se compone de:

- Placa de yeso*: este material compone el revestimiento interior, junto con una terminación de pintura.

- b) *Tirantes de madera de 40 x 40 mm*: da lugar a un espacio técnico de instalaciones.
- c) *Panel CLT*: además de cumplir una función estructural, el CLT interactúa con el vapor que se encuentra en el ambiente del local. Al ser un material higrométrico, tiende a prevalecer estable la humedad.
De tal manera, si la humedad ambiente es alta, el CLT absorbe la misma y la libera nuevamente cuando la humedad ambiente disminuye.
- d) *OSB*: el tablero de OSB es un conglomerado de virutas de madera. Si las juntas del tablero están bien selladas, funciona como barrera de vapor.
La barrera de vapor es necesaria en cualquier estratigrafía, ya que, como lo indica su nombre, ofrece gran resistencia al paso de vapor de agua, para evitar las condensaciones intersticiales. La barrera de vapor no solo ofrece estanqueidad al vapor, sino también al viento y el agua.
Es importante asegurar la continuidad de la barrera de vapor, para evitar puentes térmicos que generen condensación sobre el panel CLT. Por ello se ubica posterior al panel, para que no se perforen con fijaciones de las instalaciones interiores del módulo.
- e) *Lana de vidrio de espesor 50mm*: su función es actuar como aislante. El aislante se caracteriza por su alta resistencia térmica. Establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura.
- f) *Tablado de madera*: su función es sostener la lana de vidrio y brindar una superficie plana para la colocación de la membrana transpirable.
- g) *Membrana transpirable*: dicha membrana es estanca al paso del viento y agua, pero permeable al vapor de agua. En condiciones climáticas de alta humedad exterior, puede suceder que, si el espesor de aislante no es suficiente, se producirá la condensación dentro de la pared. Entonces el aislante absorberá este rocío de agua y por medio de la membrana transpirable y la posterior ventilación, permitirá que esta agua se vaya evaporando y secando.
- h) *Tirantes de madera de 20 x 20 mm*: es muy importante que exista este espacio de ventilación, por las eventuales condensaciones que pueden producirse. Es fundamental el correcto funcionamiento de esta capa, por

lo que, las terminaciones superior e inferior, deben permitir la circulación del aire. Esto forma parte de la llamada fachada ventilada.

- i) *Madera perfilada*: esta es la terminación exterior del módulo.

(Speranza, 2019)

8.4. Estratigrafía de techo

A continuación, se muestra la estratigrafía del techo:

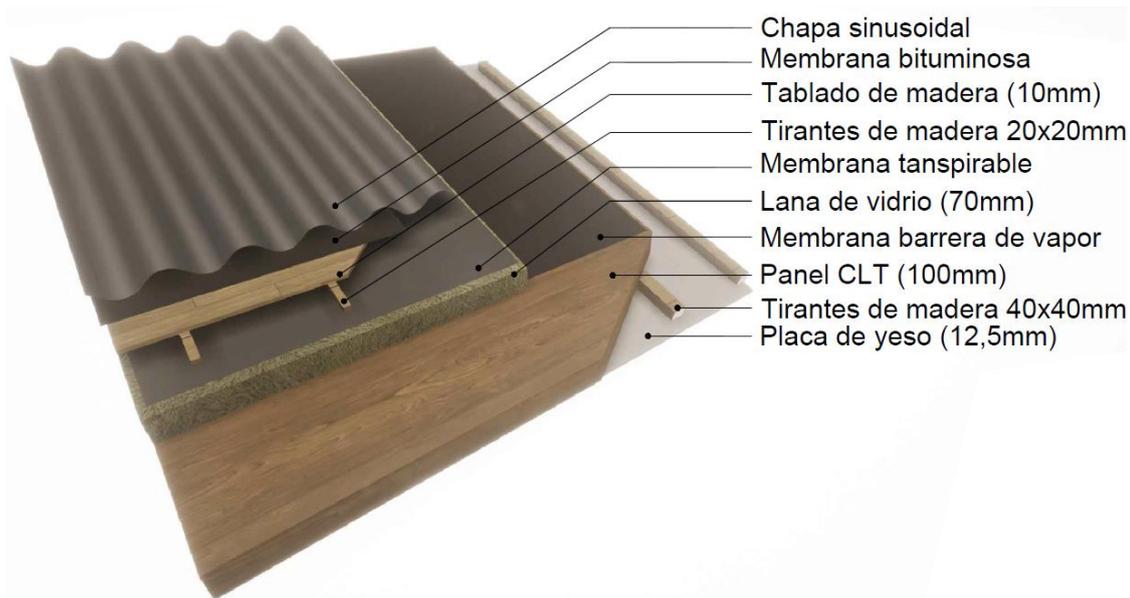


Figura 88: Estratigrafía de techo del módulo habitacional.

Desde el interior al exterior la estratigrafía se compone de:

- a) *Placa de yeso*: revestimiento interior, junto con una terminación de pintura.
- b) *Tirantes de madera de 40 x 40 mm*: al igual que para la pared, ofrece un espacio técnico para las instalaciones.
- c) *Panel CLT*: igual que en la pared, cumple una función estructural e higrométrica.
- d) *Membrana como barrera de vapor*: en este caso es una membrana la que funciona como barrera de vapor.
- e) *Lana de vidrio de espesor 70mm*: cumple una función aislante, y se adoptó mayor espesor para alcanzar una similar transmitancia térmica que la pared.
- f) *Membrana transpirable*: cumple la misma función que en la pared.

- g) *Tirantes de madera de 20 x 20 mm*: el comportamiento es similar al de la pared. Funciona como ventilación bajo revestimiento exterior.
- h) *Tablado de madera*: el objetivo es lograr una terminación suficientemente plana para colocar por encima la membrana bituminosa.
- i) *Membrana bituminosa*: actúa como material impermeable al agua, al aire y al vapor. Por otro lado, impide la corrosión de la cubierta metálica y la degradación del tablado de madera por la condensación que se producirá en la cubierta.
- j) *Cubierta metálica*: conforma la terminación exterior, y genera por su parte una microventilación que favorece a secar el vapor de agua producido por las condensaciones debidas a las diferencias de temperatura o acumulación de nieve.

(Speranza, 2019)

8.5. Estratigrafía de piso

8.5.1. Estratigrafía del piso del baño

A continuación, podemos observar las capas que conforman el piso del baño:

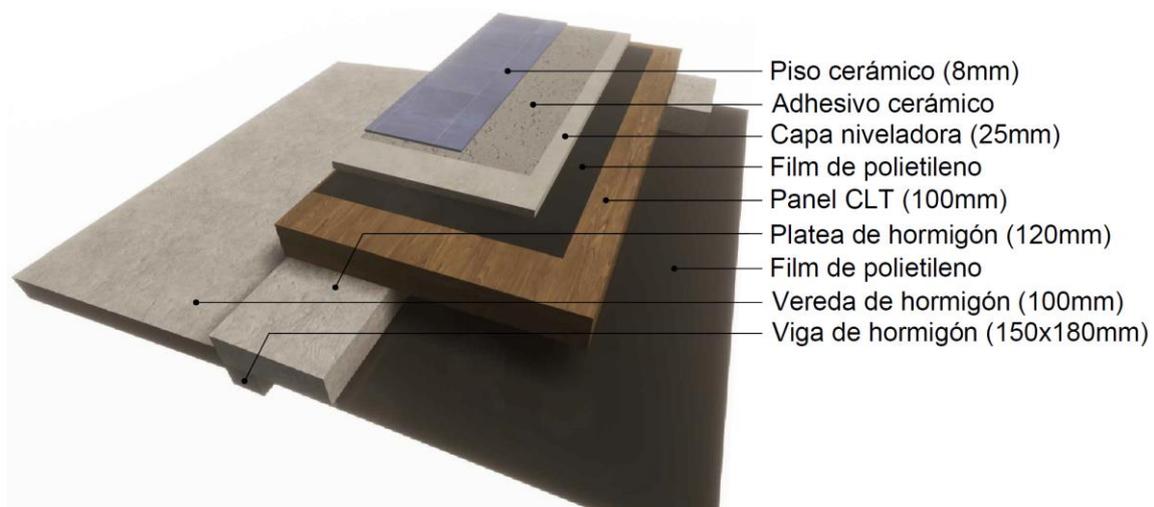


Figura 89: Estratigrafía de piso del módulo habitacional.

Desde el interior al exterior la estratigrafía se compone de:

- a) *Piso cerámico*: la terminación del piso del baño, es un cerámico con su correspondiente toma de juntas.
- b) *Adhesivo cerámico*: utilizado para pegar los cerámicos.

- c) *Capa niveladora*: la capa niveladora es un mortero 1;3 (una porción de cemento por cada tres de arena).
- d) *Film de polietileno*: se coloca esta membrana impermeable al agua, para evitar que, durante la colocación del mortero fresco, la madera absorba el agua.
- e) *Panel CLT*: su función es estructural.
- f) *Platea de hormigón*: su función es estructural y además separa el CLT del terreno natural, lo cual generaría la degradación del panel. Notar, que como se explicó, en la zona del baño la platea se ve interrumpida, para dar espacio a la instalación cloacal que se colocará suspendida, debajo del panel CLT.
- g) *Film de polietileno*: funciona como membrana impermeable al agua, impidiendo que suba por capilaridad la humedad del terreno y que se conduzca a través del hormigón pudiendo dañar el panel de CLT.
- h) *Vereda*: la vereda perimetral, favorece la eliminación con celeridad, del agua de lluvia o proveniente del descongelamiento; alejándola de la estructura.

(Speranza, 2019)

8.5.2. Estratigrafía de piso del resto de los locales

A continuación, podemos observar las capas que conforman el piso de los locales:

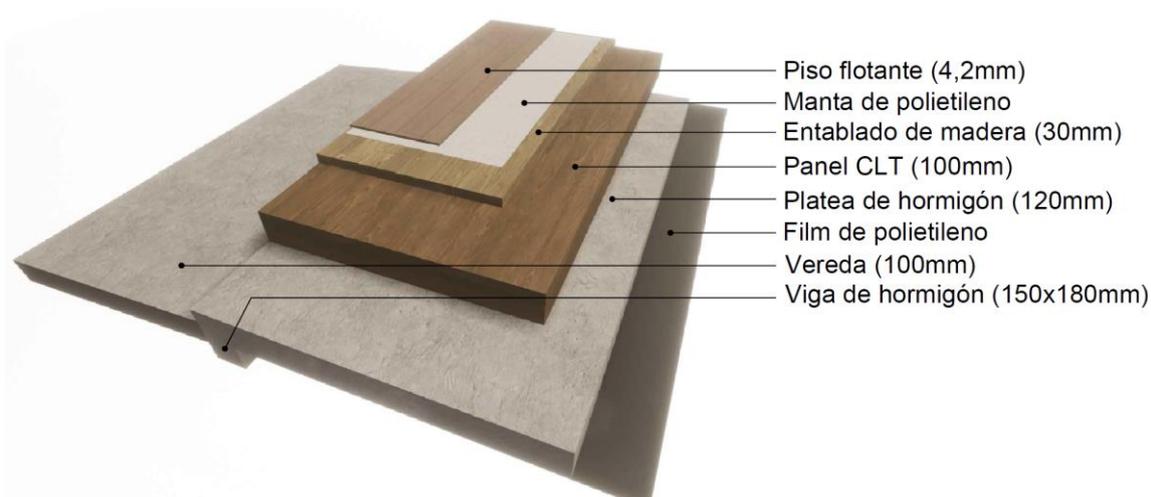


Figura 90: Estratigrafía de piso del módulo habitacional.

Desde el interior al exterior la estratigrafía se compone de:

- a) *Piso flotante*: es la terminación de los locales.
- b) *Manta de polietileno*: el sistema constructivo de piso flotante consiste en la colocación previa de una membrana para asentar el piso.
- c) *Entablillado de madera*: la función de esta capa, es igualar la altura del piso del baño con el resto de los locales.
- d) *Panel CLT*.
- e) *Platea de hormigón*.
- f) *Film de polietileno*.
- g) *Vereda*.

8.6. Coeficientes de transmitancia térmica

Como se mencionó anteriormente, en el “ANEXO D” se encuentran los cálculos de las estratigrafías. De allí obtenemos:

Elemento	Coeficiente de transmitancia térmica W/m ² K
Muro	0,31
Techo	0,29

Tabla 13: Coeficiente de transmitancia térmica de estratigrafía de pared y techo.

El futuro de las edificaciones apunta al etiquetado por eficiencia energética de edificios. Esto es una herramienta que indica el consumo energético necesario para climatizar una edificación.

A la hora de comprar un electrodoméstico o un auto, por ejemplo, nos preguntamos cuánta va a ser la energía que consumirá, para saber el costo que implicará su utilización. Lo mismo debería pasar con las edificaciones, incluyéndose esta característica legalmente en las escrituras, lo que influiría en el valor del inmueble.

Una vivienda eficiente, no sólo es beneficiosa para el propietario desde el punto de vista económico, sino que también, para el medio ambiente, por la reducción del consumo de recursos no renovables en la calefacción de las viviendas.

La norma IRAM 11605 propone tres niveles A, B y C de coeficiente de transmitancia térmica:

Niveles de confort definidos por IRAM 11605	Valores de coeficiente de transmitancia térmica W/m^2K	
	Muros	Techos
Nivel A	0,34	0,29
Nivel B	0,93	0,75
Nivel C	1,63	1

Tabla 14: Niveles de confort definidos por IRAM 11605

Comparando los valores, vemos que el módulo sería una construcción de Nivel A, que es la categoría más alta.

Para relacionar estos valores podemos compararlos con un ejemplo de construcción tradicional:

Muro exterior	Capa de materiales	Espesor (m)	Transmitancia térmica total (W/m^2K)
Ladrillo cerámico revocado	Enlucido de yeso	0,003	1,684
	Revoque grueso	0,02	
	Muro	0,2	
	Revoque grueso	0,02	

Tabla 15: Transmitancia térmica de muro convencional.

(Delacoste, 2015)

Puede observarse que el compuesto está muy lejos de la clasificación energética. Por lo tanto, sería una construcción poco eficiente y demandaría altos consumos energéticos.

9. Costo del módulo habitacional

Para estimar el costo del módulo habitacional, recurrí a un artículo publicado por “Todo madera” en noviembre del año 2020, cuyo nombre de la publicación fue “La madera como material de aplicación en la industria de la construcción”. Allí se relatan los detalles de la primera obra construida con CLT en la Argentina, que consistió en una oficina corporativa en Villa María, Córdoba. Los paneles de CLT fueron fabricados y exportados desde Austria.

En dicho artículo, hacen referencia al costo del metro cuadrado de construcción terminada en CLT, valiendo US\$ 850 al tipo de cambio oficial.

Si tomamos en cuenta el costo por metro cuadrado de obra terminada, proporcionado por CECCDU (Centro de Estudio de Construcciones Civiles y Desarrollo Urbano) de la UTN – FRVT, obtenemos un valor de US\$ 908 al tipo de cambio oficial.

Se puede observar, que la construcción en CLT representa casi el mismo costo que la construcción tradicional, estando un poco por debajo.

10. Conclusiones

Se abordó la temática del proyecto, con el fin de promover un sistema constructivo más eficiente, que pueda fabricarse y aplicarse en el futuro en Argentina. El primer paso, es dar a conocer este tipo de alternativas.

Luego se requiere del estudio del material en laboratorio para conocer el comportamiento, y que puedan establecerse parámetros característicos, con el objetivo de lograr una normativa que abale su uso. Esto es fundamental, para que sea legal su utilización, su método de cálculo, que existan los parámetros normativos de fabricación para garantizar su calidad y por último que el profesional que colegia el proyecto tenga el respaldo legal.

El impulso del uso de CLT en el plano real, se logra con políticas públicas que no sólo promuevan y financien el estudio en los laboratorios, sino que también es fundamental que apliquen este sistema constructivo en edificaciones públicas. Surge la necesidad de hacer esto debido a que la construcción es una industria reacia para incorporar cambios y nuevas tecnologías.

A medida que avanzaba con el desarrollo del tema, se podían identificar claramente las innumerables ventajas con respecto a la construcción tradicional. No sólo hice hincapié en las ventajas desde el punto de vista constructivo, si no también, en el ciclo de vida del material. Comenzando con la obtención de la materia primera, donde se necesita mucha menos energía que otros materiales para su manufactura. Además, entre el proceso de fabricación y puesta obra, tiene una huella de carbono negativa, esto es posible, ya que en la generación del material que es el crecimiento del árbol, toma dióxido de carbono y lo devuelve como oxígeno, mientras que el proceso constructivo implica la generación de dióxido de carbono, por los tipos de energía utilizadas desde su fabricación hasta la puesta en obra. Si se realiza un balance entre el dióxido de carbono suprimido y generado, se obtiene un mayor valor de dióxido de carbono sustraído del medio ambiente, que aquel que se generó.

El ciclo de vida del material, también incluye el destino de la construcción una vez que sale de servicio, y en este aspecto es superior a los otros sistemas, ya que pueden fabricarse innumerables productos en madera, como muebles, conglomerados, empleo para compost, revalorizando el material e incorporándolo a un nuevo ciclo de vida. Si el CLT fuera una alternativa muy utilizada, se disminuiría ampliamente la cantidad de

desechos que se generan en la industria de la construcción, por ende, la contaminación producida.

Una de las principales ventajas desde el punto de vista constructivo, es la velocidad de montaje que supera ampliamente a la construcción tradicional, cuyo tiempo incide significativamente en el costo de la obra. Otro aspecto es el energético, que influye directamente en el consumo de recursos no renovables, como también en el confort de la persona que habite este tipo de construcción. Por otra parte, debe descartarse que son infinitas las posibilidades de diseño de construcciones hechas en CLT, tanto para viviendas como para edificios.

La existencia del CLT, tiene alrededor de 20 años, y en este relativo corto lapso se logró introducir el sistema constructivo en varios países de Europa, en base al impulso de normativas que estudian y permiten la utilización del material. Gracias a ello, pude disponer de información suficiente para llevar adelante mi proyecto.

Diseñé entonces, un módulo habitacional con paneles de CLT, optimizando los espacios para lograr funcionalidad y confort.

Realicé el cálculo estructural para varias hipótesis de carga, como sismo, viento, nieve y por supuesto montaje, lo que permite verificar la implantación del modelo en cualquier parte del territorio argentino, variando solamente el panel de la cubierta para las zonas de mucha nieve. Se convierte entonces en la alternativa perfecta para instalar los módulos en complejos con destinos vacacionales, incluso teniendo la posibilidad de cambiar su lugar de emplazamiento las veces que se requiera.

Luego del cálculo estructural, fue necesario abordar el estudio de las uniones, que son las responsables de transmitir todos los esfuerzos dentro del módulo, como fuera del mismo, vinculándose con la base. Una de las principales empresas que más invierte en el empleo de esta tecnología, ofrece soluciones estándar para materializar de forma sencilla las uniones, así como también simplificar el trabajo del calculista otorgando valores estadísticos, con los que realicé el cálculo.

Otro aspecto importante que se abordó, es la definición de las estratigrafías, que son fundamentales para garantizar la eficiencia energética y el correcto funcionamiento para evitar condensaciones intersticiales, moho en paredes interiores, o degradación de la madera si no se diseña adecuadamente. Propuse una estratigrafía estándar y la verifiqué

para distintas humedades y temperaturas del país, logrando un funcionamiento adecuado en todos los casos.

Finalmente, investigué el costo de la construcción en CLT, teniendo como referencia la primera obra hecha en argentina, cuyos paneles fueron diseñados, calculados y fabricados en Austria. Y aun así, el costo resultó apenas menor, que el de la construcción tradicional. Este dato es muy importante, ya que, si se realizara la fabricación del producto en nuestro país, sin necesidad de importar, podrían reducirse notablemente los costos, volviendo a este tipo de construcción un nicho tecnológico de gran potencial.

11. Bibliografía

- (CTN), C. T. (Febrero de 2017). Norma Española UNE-EN 16351. *"Estructuras de madera - Madera contralaminada - Requisitos"*. España: Asociación Española de Normalización.
- Álvarez Coghlan, S. (s.f.). *KLAREA*. Obtenido de <https://www.klarea.mx/blog/construccion-sustentable-y-su-impacto-economico>
- Álvarez del Río, A. (Septiembre de 2016). El panel de madera contralaminada. Valladolid, España.
- Consultancy, t. (s.f.). *technology Consultancy*. Obtenido de <https://www.aplusv.solutions/consultancy/>
- De la Maza, J. (2021). Proyecto de una vivienda estandarizada en madera de álamo. Venado Tuerto, Santa Fe, Argentina.
- Delacoste, E. (Junio de 2015). AHORRO ENERGÉTICO EN CONSTRUCCIONES CON CERRAMIENTOS DE MAMPUESTOS NO CONVENCIONALES.
- Fernández Forcada, M. (Octubre de 2015). La madera contralaminada como alternativa en sistemas de baja energía estructural. Valencia, España.
- Filippetti, M. C., Guillaumet, A. A., & Manavella, R. D. (Publicación en proceso). Tablas de pino ponderosa caracterización y uso estructural. Venado Tuerto, Santa Fe, Argentina .
- Galván, J., Carabaño, R., Oteiza, I., & Martínez, E. (Junio de 2014). I Congreso Internacional sobre investigación en Construcción y Tecnologías Arquitectónicas. *Madera contralaminada (CLT), situación actual. Alternativa para una construcción sostenible en España*. Madrid, España.
- Ghio Castillo, V. A., & Bascuñan Walker, R. (s.f.). *INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA CONSTRUCCIÓN AHORA ES CUANDO*. Chile.
- Greenspec. (s.f.). *Greenspec*. Obtenido de <https://www.greenspec.co.uk/building-design/timber-and-the-environment/>

- Guindos, P. (2019). *Conceptos avanzados del diseño estructural con madera - Parte II: CLT, modelación numérica, diseño anti-incendios y ayudas al cálculo*. Ediciones UC .
- LA NACIÓN. (29 de Octubre de 2009). *Los motivos por los que cada vez es más difícil para la clase media acceder a la vivienda propia*. Obtenido de <https://www.lanacion.com.ar/economia/los-motivos-por-los-que-cada-vez-es-mas-dificil-para-la-clase-media-acceder-a-la-vivienda-propia-nid1191946/>
- Ministerio de trabajo, Empleo y Seguridad Social. (2017). *Las mujeres en el mundo del trabajo*. Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/mteyss_genero-y-diversidad-sexual-las-mujeres-en-el-mundo-del-trabajo_2017.pdf
- Minnesota, U. d. (2021). *Materiales: Información de antecedentes* . Obtenido de Centro de Investigación de Edificios Sostenibles: <http://www.mnshi.umn.edu/kb/et/materials2.html>
- RT. (11 de Marzo de 2020). *RT*. Obtenido de TV y diario digital: <https://actualidad.rt.com/actualidad/345203-asesinatos-laborales-534-trabajadores-argentina>
- S&P. (30 de Agosto de 2017). *El Blog de la ventilación eficiente* . Obtenido de S&P: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/5-claves-conseguir-una-humedad-ideal-casa/>
- S&P. (20 de Julio de 2020). *S&P*. Obtenido de La economía circular en la construcción. Aplicación, materiales y beneficios: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/economia-circular-construccion/>
- Sección Aire, C. C.-M. (2020). *Problemas, impactos y mitigaciones de las emisiones de dióxido de carbono en el sector de la construcción* . Obtenido de Sostenibilidad 2020: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/18/7427/htm>
- Speranza, A. (2019). *Eficiencia energética CLT*. Obtenido de POLOMADERA: <https://www.youtube.com/channel/UCyAGbl4g3o81Za94ujyvt1g/videos>
- Zilic, F. (8 de Abril de 2019). *POLOMADERA* . Obtenido de Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=__-zZCmmwHo

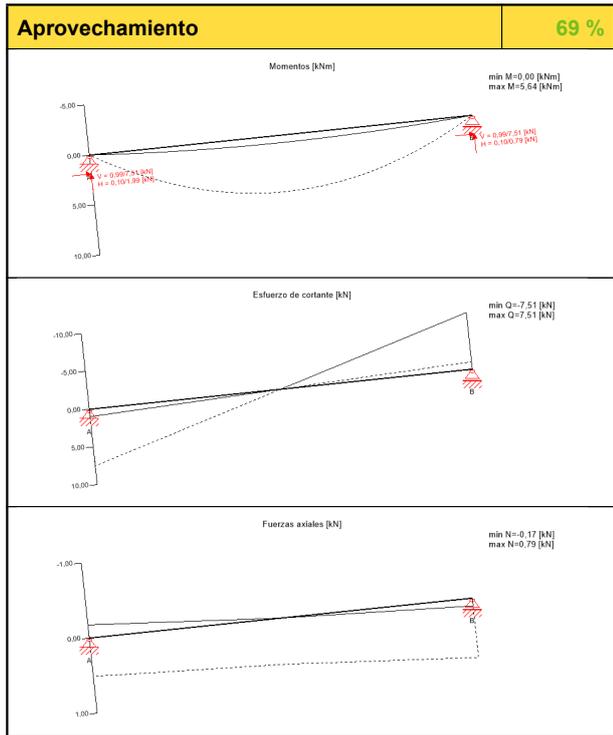
12.

ANEXO A

Sistema

LC2: Carga de nieve altitud > 1.000 m sobre nivel del mar
 LC1: Peso propio de la estructura

Sección: CLT 140 C5s; **Material:** Pino Ponderosa (Río Negro); **Clase de servicio:** Clase de servicio 1; **Clase de resistencia al fuego:** R 0



Análisis de tensiones en flexión 15 %

$M_{y,d}$	5,64 kNm	$f_{m,k}$	18,40 N/mm ²
$M_{z,d}$	0,00 kNm	$f_{m,k,z}$	18,40 N/mm ²
$N_{t,d}$	0,79 kN	$f_{t,0,k}$	0,00 N/mm ²
$\sigma_{t,d}$	0,01 N/mm ²	$f_{t,0,d}$	6,63 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d}$	1,87 N/mm ²	$f_{m,y,d}$	12,95 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d}$	0,00 N/mm ² <	$f_{m,z,d}$	0,00 N/mm ² ✓

Análisis de la tensión del cortante 3 %

V_d	-7,51 kN	$f_{v,k}$	3,44 N/mm ²
$T_{v,d}$	0,07 N/mm ² <	$f_{v,d}$	2,20 N/mm ² ✓

Análisis del cortante de rodadura 7 %

V_d	-7,51 kN	$f_{r,k}$	1,51 N/mm ²
$T_{r,d}$	0,07 N/mm ² <	$f_{r,d}$	0,97 N/mm ² ✓

$w_{inst} = w[char,inst]$

vano	K_{def}	Límite [-]	w_{limit} [mm]	$w_{calc.}$ [mm]	Índice
1	0,8	L/350	8,6	3,0	34 %

$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$

vano	K_{def}	Límite [-]	w_{limit} [mm]	$w_{calc.}$ [mm]	Índice
1	0,8	L/500	6,0	4,2	69 %

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$

vano	K_{def}	Límite [-]	w_{limit} [mm]	$w_{calc.}$ [mm]	Índice
1	0,8	L/300	10,0	2,7	27 %

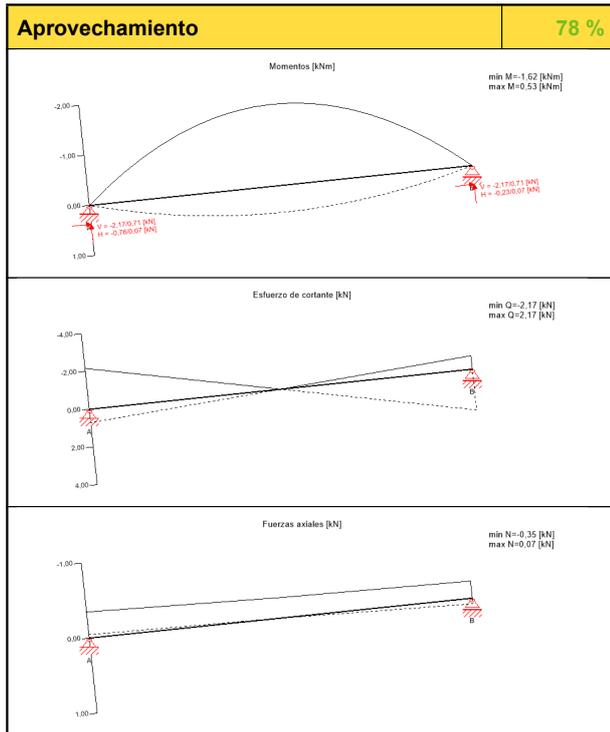
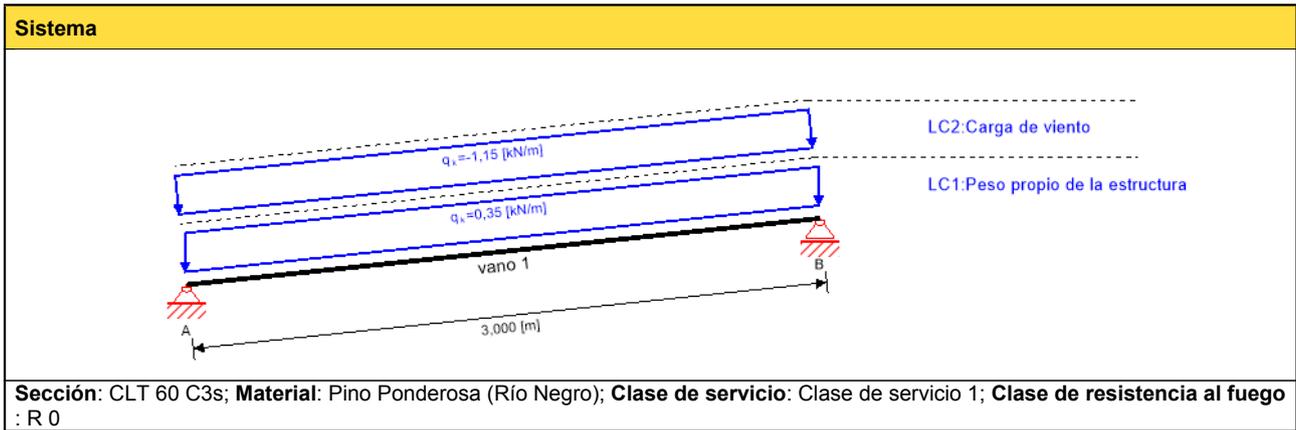
Reacción en el apoyo

Tipo de caso de carga	k_{mod}	A_V	A_H	B_V	B_H
		[kN]			
Peso propio de la estructura	0,6	1,24	0,00	1,24	0,00
Carga de nieve altitud > 1.000 m sobre nivel del mar	0,8	3,84	0,82	3,92	0,00
		0,00	0,00	0,00	0,00

Exención de responsabilidad

El programa ha sido creado para ayudar a los ingenieros en su trabajo diario. Es un software de ingeniería que se ocupa de cuestiones complejas de cálculo estructural y análisis de acondicionamiento de edificaciones. Por lo tanto, este programa sólo podrá ser utilizado por ingenieros cualificados y experimentados, con un conocimiento profundo del diseño, cálculo estructural y acondicionamiento ambiental aplicado a estructuras de madera. El usuario del programa está obligado a revisar todos los datos de entrada, sin importar si éstos han sido introducidos por el usuario o han sido proporcionados por defecto por el programa, así como a comprobar la plausibilidad de todos los resultados. La utilización de los resultados del programa no debe ser la base de cualquier hecho o decisión. Cualquier utilización de los resultados del programa está permitida únicamente si éstos han sido comprobados exhaustivamente y validados por un ingeniero o arquitecto especialista en estructuras y/o acondicionamiento higrotérmico de edificaciones. El usuario tiene la posibilidad de realizar impresiones desde el programa. No está permitida la modificación de ninguno de estos datos. Stora Enso Wood Products GmbH no asume ninguna garantía con respecto al software. El programa ha sido desarrollado con la máxima diligencia, sin embargo Stora Enso Wood Products GmbH, ni explícita ni implícitamente, ofrece ninguna garantía en cuanto a la exactitud, validez, vigencia e integridad de los datos y la información proporcionados por el programa. Stora Enso Wood Products GmbH tampoco asume ninguna garantía en relación con el uso general del programa, su idoneidad para un propósito especial o de la compatibilidad del software con otros de terceros o proveedores. Stora Enso Wood Products GmbH sólo es responsable de los daños causados por negligencia grave o dolo a través de Stora Enso Wood Products GmbH; la responsabilidad por negligencia leve queda excluida. Esto no se aplica a lesiones personales. Bajo las condiciones anteriormente mencionadas, Stora Enso Wood Products GmbH tampoco será





Análisis de tensiones en flexión 19 %

$M_{y,d}$	-1,62 kNm	$f_{m,k}$	18,40 N/mm ²
$M_{z,d}$	0,00 kNm	$f_{m,k,z}$	18,40 N/mm ²
$N_{t,d}$	0,07 kN	$f_{t,0,k}$	0,00 N/mm ²
$\sigma_{t,d}$	0,00 N/mm ²	$f_{t,0,d}$	7,46 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d}$	2,81 N/mm ²	$f_{m,y,d}$	14,57 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d}$	0,00 N/mm ² <	$f_{m,z,d}$	0,00 N/mm ² ✓

Análisis de la tensión del cortante 2 %

V_d	-2,17 kN	$f_{v,k}$	3,44 N/mm ²
$\tau_{v,d}$	0,05 N/mm ² <	$f_{v,d}$	2,48 N/mm ² ✓

Análisis del cortante de rodadura 5 %

V_d	-2,17 kN	$f_{r,k}$	1,51 N/mm ²
$\tau_{r,d}$	0,05 N/mm ² <	$f_{r,d}$	1,09 N/mm ² ✓

$w_{inst} = w[char,inst]$

vano	K_{def}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/350	8,6	0,0	0 %

$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$

vano	K_{def}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/500	6,0	3,5	58 %

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$

vano	K_{def}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/300	10,0	7,8	78 %

Reacción en el apoyo

Tipo de caso de carga	k_{mod}	A_V	A_H	B_V	B_H
		[kN]			
Peso propio de la estructura	0,6	0,53	0,00	0,53	0,00
		0,53	0,00	0,53	0,00
Carga de viento	0,9	0,00	0,00	0,00	0,00
		-1,70	-0,36	-1,73	0,00

Exención de responsabilidad

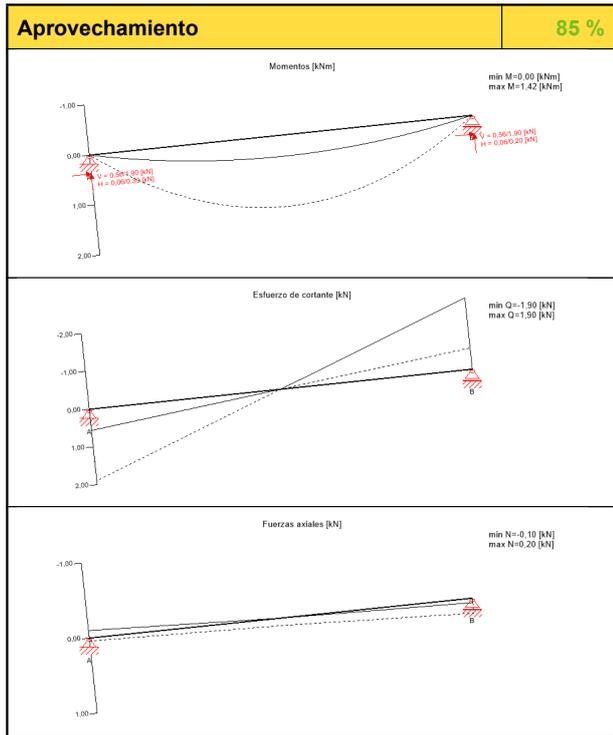
El programa ha sido creado para ayudar a los ingenieros en su trabajo diario. Es un software de ingeniería que se ocupa de cuestiones complejas de cálculo estructural y análisis de acondicionamiento de edificaciones. Por lo tanto, este programa sólo podrá ser utilizado por ingenieros cualificados y experimentados, con un conocimiento profundo del diseño, cálculo estructural y acondicionamiento ambiental aplicado a estructuras de madera. El usuario del programa está obligado a revisar todos los datos de entrada, sin importar si éstos han sido introducidos por el usuario o han sido proporcionados por defecto por el programa, así como a comprobar la plausibilidad de todos los resultados. La utilización de los resultados del programa no debe ser la base de cualquier hecho o decisión. Cualquier utilización de los resultados del programa está permitida únicamente si éstos han sido comprobados exhaustivamente y validados por un ingeniero o arquitecto especialista en estructuras y/o acondicionamiento higrotérmico de edificaciones. El usuario tiene la posibilidad de realizar impresiones desde el programa. No está permitida la modificación de ninguno de estos datos. Stora Enso Wood Products GmbH no asume ninguna garantía con respecto al software. El programa ha sido desarrollado con la máxima diligencia, sin embargo Stora Enso Wood Products GmbH, ni explícita ni implícitamente, ofrece ninguna garantía en cuanto a la exactitud, validez, vigencia e integridad de los datos y la información proporcionados por el programa. Stora Enso Wood Products GmbH tampoco asume ninguna garantía en relación con el uso general del programa, su idoneidad para un propósito especial o de la compatibilidad del software con otros de terceros o proveedores. Stora Enso Wood Products GmbH sólo es responsable de los daños causados por negligencia grave o dolo a través de Stora Enso Wood Products GmbH; la responsabilidad por negligencia leve queda excluida. Esto no se aplica a lesiones personales. Bajo las condiciones anteriormente mencionadas, Stora Enso Wood Products GmbH tampoco será responsable de fallos operativos o de la pérdida de programas y/o datos de sistema de procesamiento de datos del usuario.



Sistema

LC2: Carga de nieve altitud > 1.000 m sobre nivel del mar
 LC1: Peso propio de la estructura

Sección: CLT 80 C3s; **Material:** Pino Ponderosa (Río Negro); **Clase de servicio:** Clase de servicio 1; **Clase de resistencia al fuego:** R 0



Análisis de tensiones en flexión 12 %

$M_{y,d}$	1,42 kNm	$f_{m,k}$	18,40 N/mm ²
$M_{z,d}$	0,00 kNm	$f_{m,k,z}$	18,40 N/mm ²
$N_{t,d}$	0,20 kN	$f_{t,0,k}$	0,00 N/mm ²
$\sigma_{t,d}$	0,00 N/mm ²	$f_{t,0,d}$	6,63 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d}$	1,53 N/mm ²	$f_{m,y,d}$	12,95 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d}$	0,00 N/mm ² <	$f_{m,z,d}$	0,00 N/mm ² ✓

Análisis de la tensión del cortante 1 %

V_d	-1,90 kN	$f_{v,k}$	3,44 N/mm ²
$T_{v,d}$	0,03 N/mm ² <	$f_{v,d}$	2,20 N/mm ² ✓

Análisis del cortante de rodadura 4 %

V_d	-1,90 kN	$f_{r,k}$	1,31 N/mm ²
$T_{r,d}$	0,03 N/mm ² <	$f_{r,d}$	0,84 N/mm ² ✓

$w_{inst} = w[char,inst]$

vano	K_{def}	Límite [-]	w_{limit} [mm]	$w_{calc.}$ [mm]	Índice
1	0,8	L/350	8,6	2,5	29 %

$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$

vano	K_{def}	Límite [-]	w_{limit} [mm]	$w_{calc.}$ [mm]	Índice
1	0,8	L/500	6,0	5,1	85 %

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$

vano	K_{def}	Límite [-]	w_{limit} [mm]	$w_{calc.}$ [mm]	Índice
1	0,8	L/300	10,0	5,9	59 %

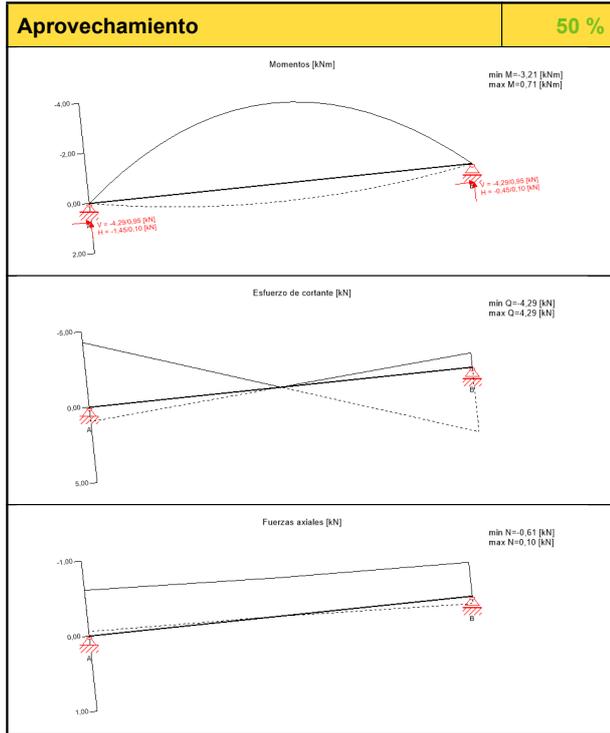
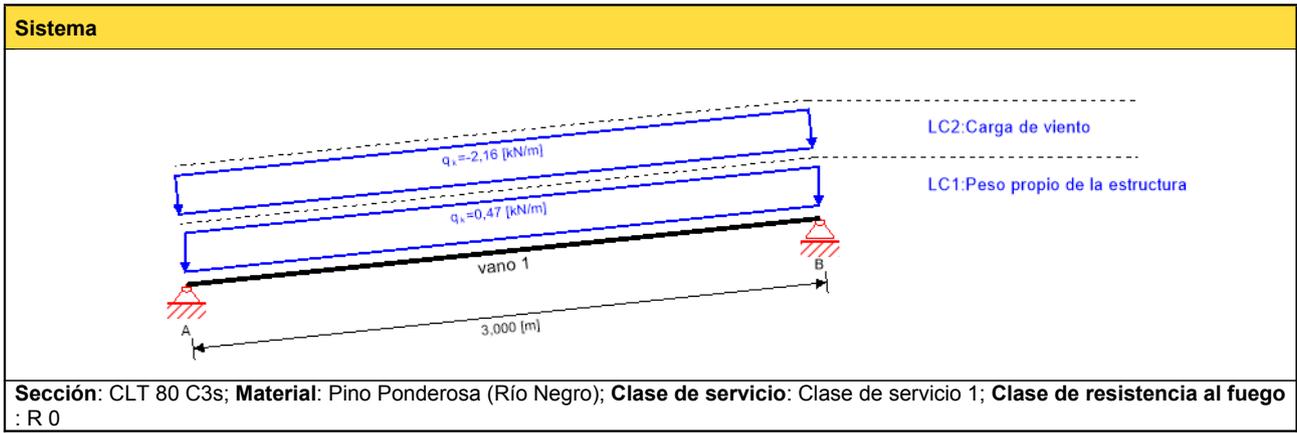
Reacción en el apoyo

Tipo de caso de carga	k_{mod}	A_V	A_H	B_V	B_H
		[kN]			
Peso propio de la estructura	0,6	0,71	0,00	0,71	0,00
		0,71	0,00	0,71	0,00
Carga de nieve altitud > 1.000 m sobre nivel del mar	0,8	0,62	0,13	0,63	0,00
		0,00	0,00	0,00	0,00

Exención de responsabilidad

El programa ha sido creado para ayudar a los ingenieros en su trabajo diario. Es un software de ingeniería que se ocupa de cuestiones complejas de cálculo estructural y análisis de acondicionamiento de edificaciones. Por lo tanto, este programa sólo podrá ser utilizado por ingenieros cualificados y experimentados, con un conocimiento profundo del diseño, cálculo estructural y acondicionamiento ambiental aplicado a estructuras de madera. El usuario del programa está obligado a revisar todos los datos de entrada, sin importar si éstos han sido introducidos por el usuario o han sido proporcionados por defecto por el programa, así como a comprobar la plausibilidad de todos los resultados. La utilización de los resultados del programa no debe ser la base de cualquier hecho o decisión. Cualquier utilización de los resultados del programa está permitida únicamente si éstos han sido comprobados exhaustivamente y validados por un ingeniero o arquitecto especialista en estructuras y/o acondicionamiento higrotérmico de edificaciones. El usuario tiene la posibilidad de realizar impresiones desde el programa. No está permitida la modificación de ninguno de estos datos. Stora Enso Wood Products GmbH no asume ninguna garantía con respecto al software. El programa ha sido desarrollado con la máxima diligencia, sin embargo Stora Enso Wood Products GmbH, ni explícita ni implícitamente, ofrece ninguna garantía en cuanto a la exactitud, validez, vigencia e integridad de los datos y la información proporcionados por el programa. Stora Enso Wood Products GmbH tampoco asume ninguna garantía en relación con el uso general del programa, su idoneidad para un propósito especial o de la compatibilidad del software con otros de terceros o proveedores. Stora Enso Wood Products GmbH sólo es responsable de los daños causados por negligencia grave o dolo a través de Stora Enso Wood Products GmbH; la responsabilidad por negligencia leve queda excluida. Esto no se aplica a lesiones personales. Bajo las condiciones anteriormente mencionadas, Stora Enso Wood Products GmbH tampoco será





Análisis de tensiones en flexión 24 %

$M_{y,d} = -3,21$ kNm	$f_{m,k} = 18,40$ N/mm ²
$M_{z,d} = 0,00$ kNm	$f_{m,k,z} = 18,40$ N/mm ²
$N_{t,d} = 0,10$ kN	$f_{t,0,k} = 0,00$ N/mm ²
$\sigma_{t,d} = 0,00$ N/mm ²	$f_{t,0,d} = 7,46$ N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} = 3,45$ N/mm ²	$f_{m,y,d} = 14,57$ N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} = 0,00$ N/mm ² <	$f_{m,z,d} = 0,00$ N/mm ² ✓

Análisis de la tensión del cortante 3 %

$V_d = -4,29$ kN	$f_{v,k} = 3,44$ N/mm ²
$\tau_{v,d} = 0,07$ N/mm ² <	$f_{v,d} = 2,48$ N/mm ² ✓

Análisis del cortante de rodadura 7 %

$V_d = -4,29$ kN	$f_{r,k} = 1,31$ N/mm ²
$\tau_{r,d} = 0,07$ N/mm ² <	$f_{r,d} = 0,94$ N/mm ² ✓

$w_{inst} = w[char,inst]$

vano	K_{def}	Límite [-]	w_{limit} [mm]	$w_{calc.}$ [mm]	Índice
1	0,8	L/350	8,6	0,0	0 %

$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$

vano	K_{def}	Límite [-]	w_{limit} [mm]	$w_{calc.}$ [mm]	Índice
1	0,8	L/500	6,0	2,2	37 %

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$

vano	K_{def}	Límite [-]	w_{limit} [mm]	$w_{calc.}$ [mm]	Índice
1	0,8	L/300	10,0	5,0	50 %

Reacción en el apoyo

Tipo de caso de carga	k_{mod}	A_V	A_H	B_V	B_H
		[kN]			
Peso propio de la estructura	0,6	0,71	0,00	0,71	0,00
		0,71	0,00	0,71	0,00
Carga de viento	0,9	0,00	0,00	0,00	0,00
		-3,18	-0,68	-3,25	0,00

Exención de responsabilidad

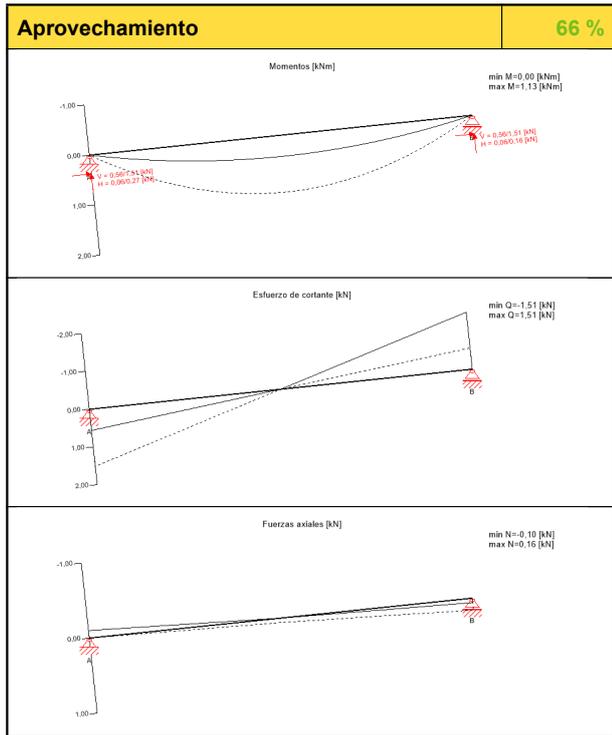
El programa ha sido creado para ayudar a los ingenieros en su trabajo diario. Es un software de ingeniería que se ocupa de cuestiones complejas de cálculo estructural y análisis de acondicionamiento de edificaciones. Por lo tanto, este programa sólo podrá ser utilizado por ingenieros cualificados y experimentados, con un conocimiento profundo del diseño, cálculo estructural y acondicionamiento ambiental aplicado a estructuras de madera. El usuario del programa está obligado a revisar todos los datos de entrada, sin importar si éstos han sido introducidos por el usuario o han sido proporcionados por defecto por el programa, así como a comprobar la plausibilidad de todos los resultados. La utilización de los resultados del programa no debe ser la base de cualquier hecho o decisión. Cualquier utilización de los resultados del programa está permitida únicamente si éstos han sido comprobados exhaustivamente y validados por un ingeniero o arquitecto especialista en estructuras y/o acondicionamiento higrotérmico de edificaciones. El usuario tiene la posibilidad de realizar impresiones desde el programa. No está permitida la modificación de ninguno de estos datos. Stora Enso Wood Products GmbH no asume ninguna garantía con respecto al software. El programa ha sido desarrollado con la máxima diligencia, sin embargo Stora Enso Wood Products GmbH, ni explícita ni implícitamente, ofrece ninguna garantía en cuanto a la exactitud, validez, vigencia e integridad de los datos y la información proporcionados por el programa. Stora Enso Wood Products GmbH tampoco asume ninguna garantía en relación con el uso general del programa, su idoneidad para un propósito especial o de la compatibilidad del software con otros de terceros o proveedores. Stora Enso Wood Products GmbH sólo es responsable de los daños causados por negligencia grave o dolo a través de Stora Enso Wood Products GmbH; la responsabilidad por negligencia leve queda excluida. Esto no se aplica a lesiones personales. Bajo las condiciones anteriormente mencionadas, Stora Enso Wood Products GmbH tampoco será responsable de fallos operativos o de la pérdida de programas y/o datos de sistema de procesamiento de datos del usuario.



Sistema

LC2: Carga de nieve altitud > 1.000 m sobre nivel del mar
 LC1: Peso propio de la estructura

Sección: CLT 80 C3s; **Material:** Pino Ponderosa (Río Negro); **Clase de servicio:** Clase de servicio 1; **Clase de resistencia al fuego:** R 0



Análisis de tensiones en flexión 9 %

$M_{y,d} = 1,13$ kNm	$f_{m,k} = 18,40$ N/mm ²
$M_{z,d} = 0,00$ kNm	$f_{m,k,z} = 18,40$ N/mm ²
$N_{t,d} = 0,16$ kN	$f_{t,0,k} = 0,00$ N/mm ²
$\sigma_{t,d} = 0,00$ N/mm ²	$f_{t,0,d} = 6,63$ N/mm ²
$\sigma_{m,y,d} = 1,22$ N/mm ²	$f_{m,y,d} = 12,95$ N/mm ²
$\sigma_{m,z,d} = 0,00$ N/mm ² <	$f_{m,z,d} = 0,00$ N/mm ² ✓

Análisis de la tensión del cortante 1 %

$V_d = 1,51$ kN	$f_{v,k} = 3,44$ N/mm ²
$T_{v,d} = 0,02$ N/mm ² <	$f_{v,d} = 2,20$ N/mm ² ✓

Análisis del cortante de rodadura 3 %

$V_d = 1,51$ kN	$f_{r,k} = 1,31$ N/mm ²
$T_{r,d} = 0,02$ N/mm ² <	$f_{r,d} = 0,84$ N/mm ² ✓

$w_{inst} = w[char,inst]$

vano	K_{def}	Límite [-]	w_{limit} [mm]	$w_{calc.}$ [mm]	Índice
1	0,8	L/350	8,6	1,5	17 %

$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$

vano	K_{def}	Límite [-]	w_{limit} [mm]	$w_{calc.}$ [mm]	Índice
1	0,8	L/500	6,0	3,9	66 %

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$

vano	K_{def}	Límite [-]	w_{limit} [mm]	$w_{calc.}$ [mm]	Índice
1	0,8	L/300	10,0	5,5	55 %

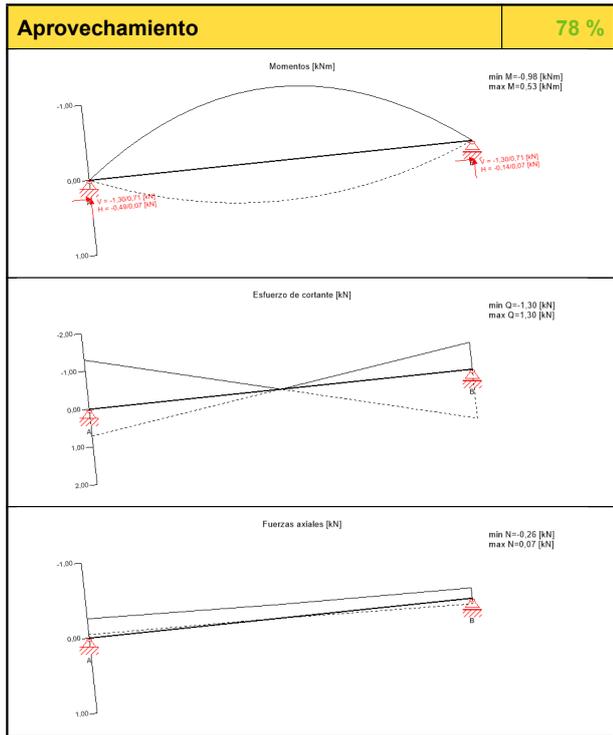
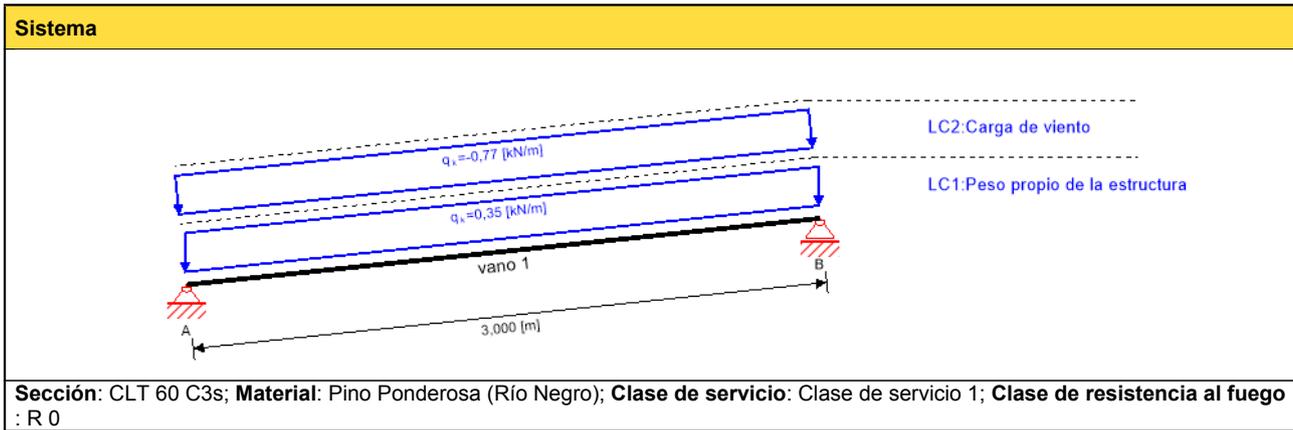
Reacción en el apoyo

Tipo de caso de carga	k_{mod}	A_V	A_H	B_V	B_H
		[kN]			
Peso propio de la estructura	0,6	0,71	0,00	0,71	0,00
		0,71	0,00	0,71	0,00
Carga de nieve altitud > 1.000 m sobre nivel del mar	0,8	0,37	0,08	0,38	0,00
		0,00	0,00	0,00	0,00

Exención de responsabilidad

El programa ha sido creado para ayudar a los ingenieros en su trabajo diario. Es un software de ingeniería que se ocupa de cuestiones complejas de cálculo estructural y análisis de acondicionamiento de edificaciones. Por lo tanto, este programa sólo podrá ser utilizado por ingenieros cualificados y experimentados, con un conocimiento profundo del diseño, cálculo estructural y acondicionamiento ambiental aplicado a estructuras de madera. El usuario del programa está obligado a revisar todos los datos de entrada, sin importar si éstos han sido introducidos por el usuario o han sido proporcionados por defecto por el programa, así como a comprobar la plausibilidad de todos los resultados. La utilización de los resultados del programa no debe ser la base de cualquier hecho o decisión. Cualquier utilización de los resultados del programa está permitida únicamente si éstos han sido comprobados exhaustivamente y validados por un ingeniero o arquitecto especialista en estructuras y/o acondicionamiento higrotérmico de edificaciones. El usuario tiene la posibilidad de realizar impresiones desde el programa. No está permitida la modificación de ninguno de estos datos. Stora Enso Wood Products GmbH no asume ninguna garantía con respecto al software. El programa ha sido desarrollado con la máxima diligencia, sin embargo Stora Enso Wood Products GmbH, ni explícita ni implícitamente, ofrece ninguna garantía en cuanto a la exactitud, validez, vigencia e integridad de los datos y la información proporcionados por el programa. Stora Enso Wood Products GmbH tampoco asume ninguna garantía en relación con el uso general del programa, su idoneidad para un propósito especial o de la compatibilidad del software con otros de terceros o proveedores. Stora Enso Wood Products GmbH sólo es responsable de los daños causados por negligencia grave o dolo a través de Stora Enso Wood Products GmbH; la responsabilidad por negligencia leve queda excluida. Esto no se aplica a lesiones personales. Bajo las condiciones anteriormente mencionadas, Stora Enso Wood Products GmbH tampoco será





Análisis de tensiones en flexión 12 %

$M_{y,d}$	-0,98 kNm	$f_{m,k}$	18,40 N/mm ²
$M_{z,d}$	0,00 kNm	$f_{m,k,z}$	18,40 N/mm ²
$N_{t,d}$	0,07 kN	$f_{t,0,k}$	0,00 N/mm ²
$\sigma_{t,d}$	0,00 N/mm ²	$f_{t,0,d}$	7,46 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d}$	1,69 N/mm ²	$f_{m,y,d}$	14,57 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d}$	0,00 N/mm ² <	$f_{m,z,d}$	0,00 N/mm ² ✓

Análisis de la tensión del cortante 1 %

V_d	-1,30 kN	$f_{v,k}$	3,44 N/mm ²
$\tau_{v,d}$	0,03 N/mm ² <	$f_{v,d}$	2,48 N/mm ² ✓

Análisis del cortante de rodadura 3 %

V_d	-1,30 kN	$f_{r,k}$	1,51 N/mm ²
$\tau_{r,d}$	0,03 N/mm ² <	$f_{r,d}$	1,09 N/mm ² ✓

$w_{inst} = w[char,inst]$

vano	K_{def}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/350	8,6	0,0	0 %

$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$

vano	K_{def}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/500	6,0	3,5	58 %

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$

vano	K_{def}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0,8	L/300	10,0	7,8	78 %

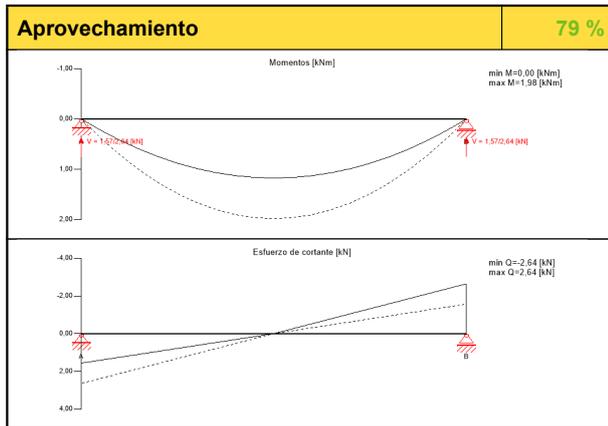
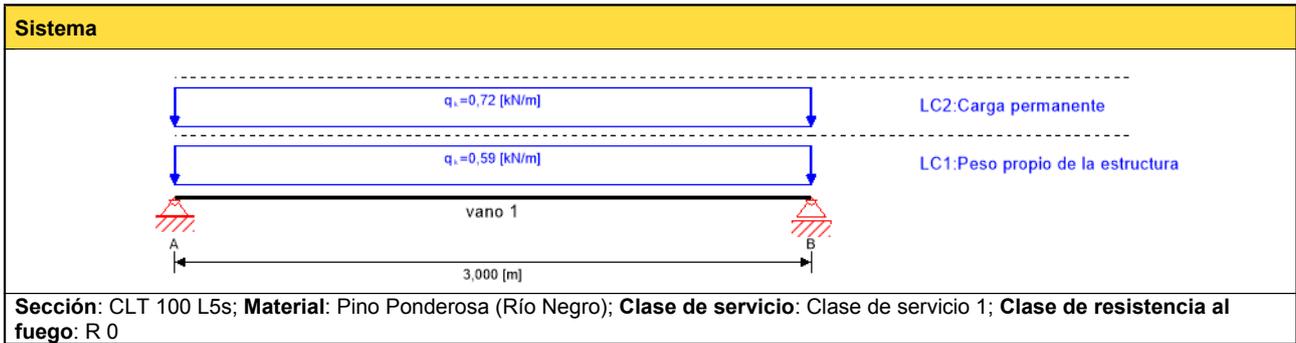
Reacción en el apoyo

Tipo de caso de carga	k_{mod}	A_V	A_H	B_V	B_H
		[kN]			
Peso propio de la estructura	0,6	0,53	0,00	0,53	0,00
		0,53	0,00	0,53	0,00
Carga de viento	0,9	0,00	0,00	0,00	0,00
		-1,13	-0,24	-1,16	0,00

Exención de responsabilidad

El programa ha sido creado para ayudar a los ingenieros en su trabajo diario. Es un software de ingeniería que se ocupa de cuestiones complejas de cálculo estructural y análisis de acondicionamiento de edificaciones. Por lo tanto, este programa sólo podrá ser utilizado por ingenieros cualificados y experimentados, con un conocimiento profundo del diseño, cálculo estructural y acondicionamiento ambiental aplicado a estructuras de madera. El usuario del programa está obligado a revisar todos los datos de entrada, sin importar si éstos han sido introducidos por el usuario o han sido proporcionados por defecto por el programa, así como a comprobar la plausibilidad de todos los resultados. La utilización de los resultados del programa no debe ser la base de cualquier hecho o decisión. Cualquier utilización de los resultados del programa está permitida únicamente si éstos han sido comprobados exhaustivamente y validados por un ingeniero o arquitecto especialista en estructuras y/o acondicionamiento higrotérmico de edificaciones. El usuario tiene la posibilidad de realizar impresiones desde el programa. No está permitida la modificación de ninguno de estos datos. Stora Enso Wood Products GmbH no asume ninguna garantía con respecto al software. El programa ha sido desarrollado con la máxima diligencia, sin embargo Stora Enso Wood Products GmbH, ni explícita ni implícitamente, ofrece ninguna garantía en cuanto a la exactitud, validez, vigencia e integridad de los datos y la información proporcionados por el programa. Stora Enso Wood Products GmbH tampoco asume ninguna garantía en relación con el uso general del programa, su idoneidad para un propósito especial o de la compatibilidad del software con otros de terceros o proveedores. Stora Enso Wood Products GmbH sólo es responsable de los daños causados por negligencia grave o dolo a través de Stora Enso Wood Products GmbH; la responsabilidad por negligencia leve queda excluida. Esto no se aplica a lesiones personales. Bajo las condiciones anteriormente mencionadas, Stora Enso Wood Products GmbH tampoco será responsable de fallos operativos o de la pérdida de programas y/o datos de sistema de procesamiento de datos del usuario.





Análisis de tensiones en flexión 15 %

$M_{y,d}$	1,98 kNm	$f_{m,k}$	18,40 N/mm ²
$M_{z,d}$	0,00 kNm	$f_{m,k,z}$	18,40 N/mm ²
$N_{t,d}$	0,00 kN	$f_{t,0,k}$	0,00 N/mm ²
$\sigma_{t,d}$	0,00 N/mm ²	$f_{t,0,d}$	4,97 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d}$	-1,50 N/mm ²	$f_{m,y,d}$	9,72 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d}$	0,00 N/mm ²	$f_{m,z,d}$	0,00 N/mm ² ✓

Análisis de la tensión del cortante 2 %

V_d	-2,64 kN	$f_{v,k}$	3,44 N/mm ²
$T_{v,d}$	0,03 N/mm ²	$f_{v,d}$	1,65 N/mm ² ✓

Análisis del cortante de rodadura 4 %

V_d	-2,64 kN	$f_{r,k}$	1,51 N/mm ²
$T_{r,d}$	0,03 N/mm ²	$f_{r,d}$	0,72 N/mm ² ✓

$w_{inst} = w[char,inst]$

vano	K_{def}	Límite [-]	w_{limit} [mm]	$w_{calc.}$ [mm]	Índice
1	0,8	L/350	8,6	0,0	0 %

$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$

vano	K_{def}	Límite [-]	w_{limit} [mm]	$w_{calc.}$ [mm]	Índice
1	0,8	L/500	6,0	3,5	58 %

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$

vano	K_{def}	Límite [-]	w_{limit} [mm]	$w_{calc.}$ [mm]	Índice
1	0,8	L/300	10,0	7,9	79 %

Reacción en el apoyo

Tipo de caso de carga	K_{mod}	A_v	B_v
		[kN]	
Peso propio de la estructura	0,6	0,89	0,89
		0,89	0,89
Carga permanente	0,6	1,07	1,07
		1,07	1,07

Exención de responsabilidad

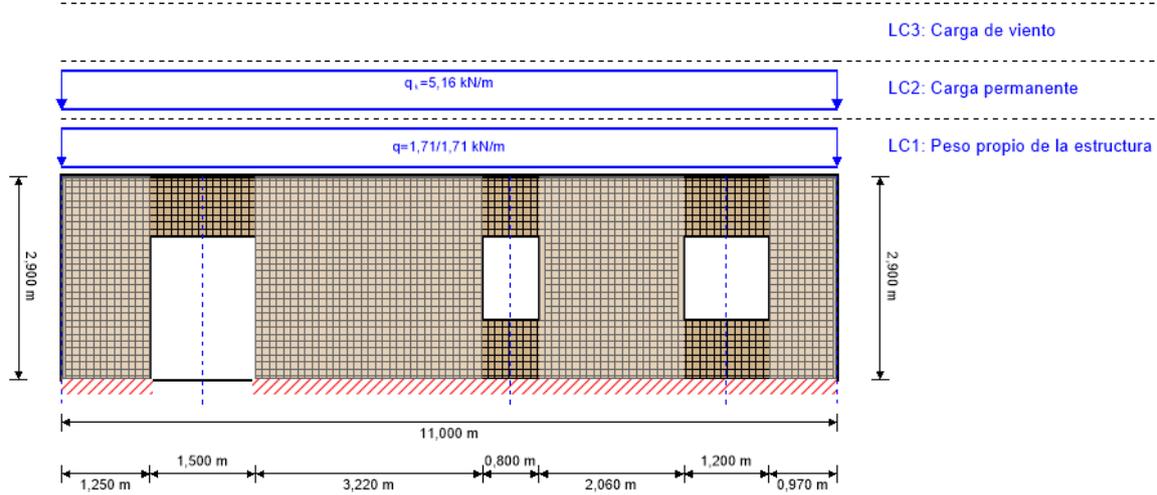
El programa ha sido creado para ayudar a los ingenieros en su trabajo diario. Es un software de ingeniería que se ocupa de cuestiones complejas de cálculo estructural y análisis de acondicionamiento de edificaciones. Por lo tanto, este programa sólo podrá ser utilizado por ingenieros cualificados y experimentados, con un conocimiento profundo del diseño, cálculo estructural y acondicionamiento ambiental aplicado a estructuras de madera. El usuario del programa está obligado a revisar todos los datos de entrada, sin importar si éstos han sido introducidos por el usuario o han sido proporcionados por defecto por el programa, así como a comprobar la plausibilidad de todos los resultados. La utilización de los resultados del programa no debe ser la base de cualquier hecho o decisión. Cualquier utilización de los resultados del programa está permitida únicamente si éstos han sido comprobados exhaustivamente y validados por un ingeniero o arquitecto especialista en estructuras y/o acondicionamiento higrotérmico de edificaciones. El usuario tiene la posibilidad de realizar impresiones desde el programa. No está permitida la modificación de ninguno de estos datos. Stora Enso Wood Products GmbH no asume ninguna garantía con respecto al software. El programa ha sido desarrollado con la máxima diligencia, sin embargo Stora Enso Wood Products GmbH, ni explícita ni implícitamente, ofrece ninguna garantía en cuanto a la exactitud, validez, vigencia e integridad de los datos y la información proporcionados por el programa. Stora Enso Wood Products GmbH tampoco asume ninguna garantía en relación con el uso general del programa, su idoneidad para un propósito especial o de la compatibilidad del software con otros de terceros o proveedores. Stora Enso Wood Products GmbH sólo es responsable de los daños causados por negligencia grave o dolo a través de Stora Enso Wood Products GmbH; la responsabilidad por negligencia leve queda excluida. Esto no se aplica a lesiones personales. Bajo las condiciones anteriormente mencionadas, Stora Enso Wood Products GmbH tampoco será responsable de fallos operativos o de la pérdida de programas y/o datos de sistema de procesamiento de datos del usuario. Legislación aplicable: Estas condiciones de uso se regirán por la legislación de Austria excluyendo, sin embargo, cualquier conflicto legal y cualquier legislación relativa a la Convención de la Compraventa Internacional de Mercancías (CISG).



13.

ANEXO B

Sistema



Índice de aprovechamiento total					84 %
ULS	84 %	ULS Fuego	!	SLS	4 %

Sección: CLT 100 C5s					
	Capa	Espesor	Orientación	Material	
	1	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	2	20,0 mm	90°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	3	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	4	20,0 mm	90°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	5	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
t_{CLT}	100,0 mm				

Valores del material										
Material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k \min}$	$E_{0,mean}$	G_{mean}	$G_{r,mean}$
	[N/mm ²]									
Pino Ponderosa (Río Negro)	18,40	10,36	0,40	18,44	2,25	3,44	1,53	5.168,00	323,00	32,30

carga

Combinaciones de cargas										
	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	
LC1	Peso propio de la estructura	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1	
LC2	Carga permanente	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1	



Combinaciones de cargas										
	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	ψ_0	ψ_1	ψ_2	
LC3	Carga de viento	Q	Corta duración	0,9	0	1,5	0,6	0,2	0	

LC1: Peso propio de la estructura			
Carga trapezoidal			
Distancia desde el punto inicial	$q_{k,a}$	Carga al final	Longitud de la carga
[m]	[kN/m]		[m]
0,000	1,711	1,71	11,000

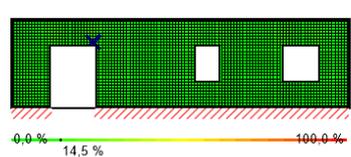
LC2: Carga permanente	
Carga uniformemente distribuida	
q_k	
[kN/m]	
5,16	

LC3: Carga de viento		
Carga fuera del plano		
Carga al principio	Dirección	La carga cubre aberturas
0,96	Local	✓

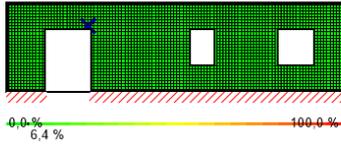
ULS Combinaciones	
	Regla de combinación
LCO1	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2$
LCO2	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC3$

Comprobación en estado límite último (ELU) - Resultados

Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección neta							
LCO1							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$T_{IP,Net,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
2447	2,65	2,15	0,6	3,51	-0,97	0,24	14 %



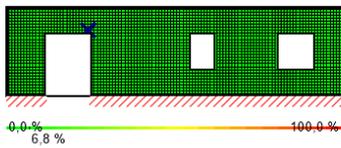
Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección bruta



LCO1

Id	X	Z	k_{mod}	f	Q	τ	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	$f_{v,IP,Brutto,k}$	[kN]	$IP,Gross,d$	[%]
2447	2,65	2,15	0,6	3,15	-0,97	0,10	6 %

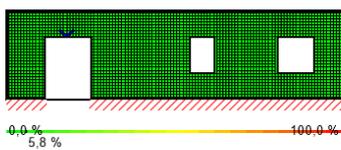
Índice de aprovechamiento de esfuerzo de cortante de torsión en la cara de las superficies encoladas



LCO1

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$T_{T,Node,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
2447	2,65	2,15	0,6	2,25	-0,97	0,07	7 %

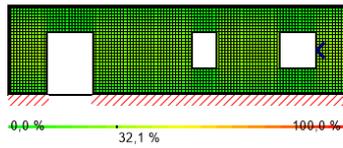
tasa de utilización de la fuerza axial horizontal



LCO1

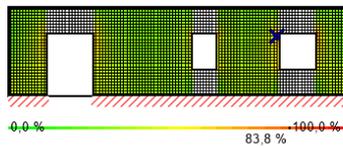
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{t,0,d}$	$N_{h,max}$	$\sigma_{h,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
2330	1,95	2,05	0,6	4,97	1,73	0,29	6 %

tasa de utilización de la fuerza axial vertical



LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{c,0,d}$	$N_{v,max}$	$\sigma_{v,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
1751	10,05	1,45	0,9	13,28	-2,16	-0,54	32 %

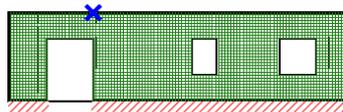
índice de aprovechamiento de pandeo



LCO1											
Id	X	Z	l_k	λ_y	β_c	$k_{c,y}$	$f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	Índice	
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]	
2288	8,75	1,95	2,9	139	0,2	0,105	8,85	-0,78	0,00	84 %	

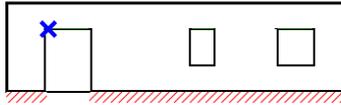
Comprobación en estado límite de servicio (ELS) - Resultados

deformación horizontal



LCO1						
Id	X	Z	w_{limit}	Límite	$V_{h,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
3328	2,75	2,9	9,7	L/300 = 9,7	0,0314	0,3 %

$w_{inst} = w[char,inst]$



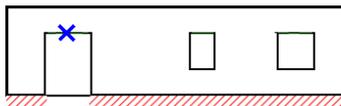
LCO1									
Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice	
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]		
2324	1,35	2,05	0,8	1,5	1/350	4,3	0,0	0 %	

$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$



Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice	
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]		
2330	1,95	2,05	0,8	1,5	1/500	3,0	0,1	4 %	

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$



Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice	
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[m]	[mm]		
2330	1,95	2,05	0,8	1,5	L/300	5,0	0,1	2 %	

Reacción en apoyo

Reacción horizontal en apoyo min/max	
<p>min=1,57 / max=1,03 [kN/m]</p>	
Reacción vertical en apoyo min/max	
<p>min=0,00 / max=17,19 [kN/m]</p>	
Momento en apoyo min/max	
<p>min=0,03 / max=0,05 [kNm/m]</p>	

Documentos de referencia para el cálculo	
Título en inglés	Descripción
EN 338	Madera estructural - Clases resistentes. EN 338
EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera - Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
Expertise Rolling shear - no edge gluing, H.J. Blass	Certificación en cortante de rodadura para CLT
EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Technical expertise 122/2011/02: analysis of load bearing capacity and separation performance of CLT elements	Comprobación de la capacidad de las vigas y de los criterios de aislamiento en estructuras de CLT con CLT de Stora Enso.
Technical expertise 2434/2012 - BB: failure time t_f of gypsum fire boards (GKF) according to ON B 3410	Certificación de resistencia de tableros de yeso para protección al incendio según ON B3410 y tableros de yeso para paredes tipo DF según EN 520
EN 1990	EN 1990 - Eurocódigo - Bases de cálculo de estructuras
CTE, DB, SE-M	CTE DB, SE-M Madera
UNE EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
UNE-EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Fire safety in timber buildings - technical guideline for Europe	Seguridad contra incendios en edificios en madera - Guía técnica para Europa; publicada por SP Technical Research Institute of Sweden
National specifications concerning ÖNORM EN 1995-1-2, national comments and national supplements, chapter 12	ÖNORM EN 1995-1-2 - Austria - Especificaciones nacionales sobre ÖNORM EN 1995-1-2, comentarios y suplementos nacionales, capítulo 12
Analysis of CLT wall elements, using a beam grid model - TU-Graz - focus_sts 113_1_SF_12	Análisis de paredes de CLT a cortante con modelos mallados de vigas - TU-Graz - focus_sts 113_1_SF_12
UNE EN 1995-1-2_NA	UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego - Aclaraciones nacionales según UNE EN 1995-1-2, comentarios nacionales y suplementos nacionales.
UNE EN 1995-1-1_NA	UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.



Documentos de referencia para el cálculo	
Título en inglés	Descripción
Expertise Rolling shear, H.J. Blass	Investigación sobre fuerza de cortante de rodadura y módulo de cortante de rodadura en paneles de CLT
Expertise shear in plane of CLT, H.J. Blass	Investigación - revisión de DIBt technical approval Z-9.1/599 - cortante en el plano del CLT

Exención de responsabilidad

El programa ha sido creado para ayudar a los ingenieros en su trabajo diario. Es un software de ingeniería que se ocupa de cuestiones complejas de cálculo estructural y análisis de acondicionamiento de edificaciones. Por lo tanto, este programa sólo podrá ser utilizado por ingenieros cualificados y experimentados, con un conocimiento profundo del diseño, cálculo estructural y acondicionamiento ambiental aplicado a estructuras de madera. El usuario del programa está obligado a revisar todos los datos de entrada, sin importar si éstos han sido introducidos por el usuario o han sido proporcionados por defecto por el programa, así como a comprobar la plausibilidad de todos los resultados.

La utilización de los resultados del programa no debe ser la base de cualquier hecho o decisión. Cualquier utilización de los resultados del programa está permitida únicamente si éstos han sido comprobados exhaustivamente y validados por un ingeniero o arquitecto especialista en estructuras y/o acondicionamiento higrotérmico de edificaciones. El usuario tiene la posibilidad de realizar impresiones desde el programa. No está permitida la modificación de ninguno de estos datos.

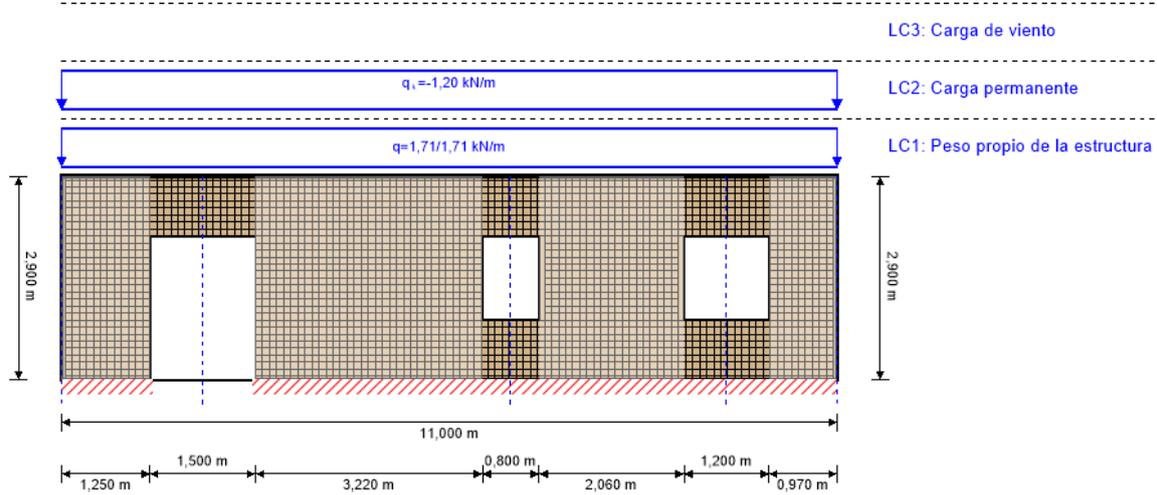
Stora Enso Wood Products GmbH no asume ninguna garantía con respecto al software. El programa ha sido desarrollado con la máxima diligencia, sin embargo Stora Enso Wood Products GmbH, ni explícita ni implícitamente, ofrece ninguna garantía en cuanto a la exactitud, validez, vigencia e integridad de los datos y la información proporcionados por el programa. Stora Enso Wood Products GmbH tampoco asume ninguna garantía en relación con el uso general del programa, su idoneidad para un propósito especial o de la compatibilidad del software con otros de terceros o proveedores.

Stora Enso Wood Products GmbH sólo es responsable de los daños causados por negligencia grave o dolo a través de Stora Enso Wood Products GmbH; la responsabilidad por negligencia leve queda excluida. Esto no se aplica a lesiones personales. Bajo las condiciones anteriormente mencionadas, Stora Enso Wood Products GmbH tampoco será responsable de fallos operativos o de la pérdida de programas y/o datos de sistema de procesamiento de datos del usuario.

Legislación aplicable: Estas condiciones de uso se regirán por la legislación de Austria excluyendo, sin embargo, cualquier conflicto legal y cualquier legislación relativa a la Convención de la Compraventa Internacional de Mercancías (CISG).



Sistema



Índice de aprovechamiento total					38 %
ULS	38 %	ULS Fuego	!	SLS	0 %

Sección: CLT 100 C5s					
	Capa	Espesor	Orientación	Material	
	1	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	2	20,0 mm	90°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	3	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	4	20,0 mm	90°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	5	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
t_{CLT}	100,0 mm				

Valores del material										
Material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k \min}$	$E_{0,mean}$	G_{mean}	$G_{r,mean}$
	[N/mm ²]									
Pino Ponderosa (Río Negro)	18,40	10,36	0,40	18,44	2,25	3,44	1,53	5.168,00	323,00	32,30

carga

Combinaciones de cargas										
	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	ψ_0	ψ_1	ψ_2	
LC1	Peso propio de la estructura	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1	1
LC2	Carga permanente	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1	1



Combinaciones de cargas									
	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	ψ_0	ψ_1	ψ_2
LC3	Carga de viento	Q	Corta duración	0,9	0	1,5	0,6	0,2	0

LC1: Peso propio de la estructura			
Carga trapezoidal			
Distancia desde el punto inicial	$q_{k,a}$	Carga al final	Longitud de la carga
[m]	[kN/m]		[m]
0,000	1,711	1,71	11,000

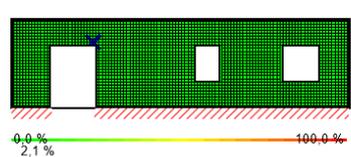
LC2: Carga permanente	
Carga uniformemente distribuida	
q_k	
[kN/m]	
-1,2	

LC3: Carga de viento		
Carga fuera del plano		
Carga al principio	Dirección	La carga cubre aberturas
0,96	Local	✓

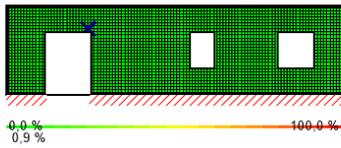
ULS Combinaciones	
	Regla de combinación
LCO1	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2$
LCO2	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC3$

Comprobación en estado límite último (ELU) - Resultados

Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección neta							
LCO1							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$T_{IP,Net,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
2447	2,65	2,15	0,6	3,51	-0,14	0,04	2 %



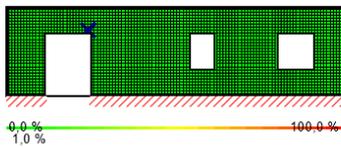
Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección bruta



LCO1

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,Brutto,k}$	Q	$\tau_{IP,Gross,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
2447	2,65	2,15	0,6	3,15	-0,14	0,01	1 %

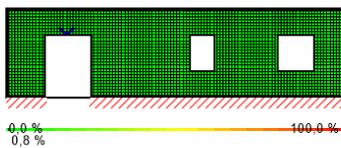
Índice de aprovechamiento de esfuerzo de cortante de torsión en la cara de las superficies encoladas



LCO1

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$\tau_{T,Node,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
2447	2,65	2,15	0,6	2,25	-0,14	0,01	1 %

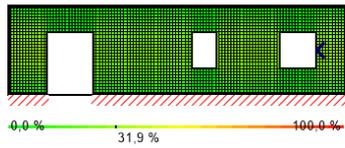
tasa de utilización de la fuerza axial horizontal



LCO1

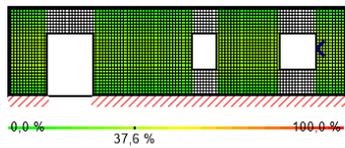
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{t,0,d}$	$N_{h,max}$	$\sigma_{h,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
2330	1,95	2,05	0,6	4,97	0,25	0,04	1 %

tasa de utilización de la fuerza axial vertical



LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{c,0,d}$	$N_{v,max}$	$\sigma_{v,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
1751	10,05	1,45	0,9	13,28	-0,31	-0,08	32 %

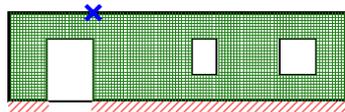
índice de aprovechamiento de pandeo



LCO2											
Id	X	Z	l_k	λ_y	β_c	$k_{c,y}$	$f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	Índice	
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]	
1861	10,05	1,55	2,9	139	0,2	0,105	13,28	-0,08	4,21	38 %	

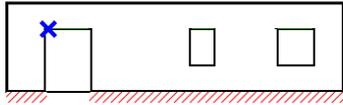
Comprobación en estado límite de servicio (ELS) - Resultados

deformación horizontal



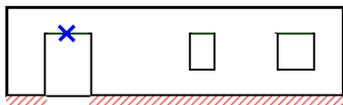
LCO1						
Id	X	Z	w_{limit}	Límite	$V_{h,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
3328	2,75	2,9	9,7	L/300 = 9,7	0,0023	0,0 %

$w_{inst} = w[char,inst]$



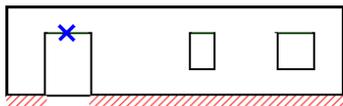
LCO1									
Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice	
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]		
2324	1,35	2,05	0,8	1,5	1/350	4,3	0,0	0 %	

$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$



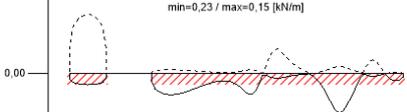
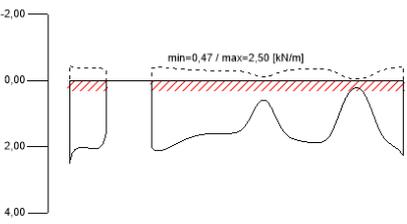
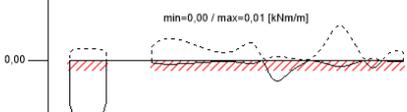
Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice	
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]		
2330	1,95	2,05	0,8	1,5	1/500	3,0	0,0	0 %	

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$



Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice	
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[m]	[mm]		
2330	1,95	2,05	0,8	1,5	L/300	5,0	0,0	0 %	

Reacción en apoyo

Reacción horizontal en apoyo min/max	
 <p>min=0,23 / max=0,15 [kN/m]</p>	
Reacción vertical en apoyo min/max	
 <p>min=0,47 / max=2,50 [kN/m]</p>	
Momento en apoyo min/max	
 <p>min=0,00 / max=0,01 [kNm/m]</p>	

Documentos de referencia para el cálculo	
Título en inglés	Descripción
EN 338	Madera estructural - Clases resistentes. EN 338
EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera - Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
Expertise Rolling shear - no edge gluing, H.J. Blass	Certificación en cortante de rodadura para CLT
EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Technical expertise 122/2011/02: analysis of load bearing capacity and separation performance of CLT elements	Comprobación de la capacidad de las vigas y de los criterios de aislamiento en estructuras de CLT con CLT de Stora Enso.
Technical expertise 2434/2012 - BB: failure time t_f of gypsum fire boards (GKF) according to ON B 3410	Certificación de resistencia de tableros de yeso para protección al incendio según ON B3410 y tableros de yeso para paredes tipo DF según EN 520
EN 1990	EN 1990 - Eurocódigo - Bases de cálculo de estructuras
CTE, DB, SE-M	CTE DB, SE-M Madera
UNE EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
UNE-EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Fire safety in timber buildings - technical guideline for Europe	Seguridad contra incendios en edificios en madera - Guía técnica para Europa; publicada por SP Technical Research Institute of Sweden
National specifications concerning ÖNORM EN 1995-1-2, national comments and national supplements, chapter 12	ÖNORM EN 1995-1-2 - Austria - Especificaciones nacionales sobre ÖNORM EN 1995-1-2, comentarios y suplementos nacionales, capítulo 12
Analysis of CLT wall elements, using a beam grid model - TU-Graz - focus_sts 113_1_SF_12	Análisis de paredes de CLT a cortante con modelos mallados de vigas - TU-Graz - focus_sts 113_1_SF_12
UNE EN 1995-1-2_NA	UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego - Aclaraciones nacionales según UNE EN 1995-1-2, comentarios nacionales y suplementos nacionales.
UNE EN 1995-1-1_NA	UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.



Documentos de referencia para el cálculo	
Título en inglés	Descripción
Expertise Rolling shear, H.J. Blass	Investigación sobre fuerza de cortante de rodadura y módulo de cortante de rodadura en paneles de CLT
Expertise shear in plane of CLT, H.J. Blass	Investigación - revisión de DIBt technical approval Z-9.1/599 - cortante en el plano del CLT

Exención de responsabilidad

El programa ha sido creado para ayudar a los ingenieros en su trabajo diario. Es un software de ingeniería que se ocupa de cuestiones complejas de cálculo estructural y análisis de acondicionamiento de edificaciones. Por lo tanto, este programa sólo podrá ser utilizado por ingenieros cualificados y experimentados, con un conocimiento profundo del diseño, cálculo estructural y acondicionamiento ambiental aplicado a estructuras de madera. El usuario del programa está obligado a revisar todos los datos de entrada, sin importar si éstos han sido introducidos por el usuario o han sido proporcionados por defecto por el programa, así como a comprobar la plausibilidad de todos los resultados.

La utilización de los resultados del programa no debe ser la base de cualquier hecho o decisión. Cualquier utilización de los resultados del programa está permitida únicamente si éstos han sido comprobados exhaustivamente y validados por un ingeniero o arquitecto especialista en estructuras y/o acondicionamiento higrotérmico de edificaciones. El usuario tiene la posibilidad de realizar impresiones desde el programa. No está permitida la modificación de ninguno de estos datos.

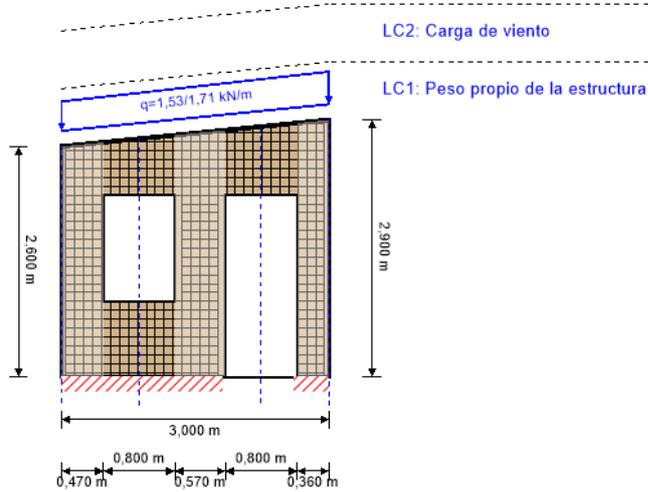
Stora Enso Wood Products GmbH no asume ninguna garantía con respecto al software. El programa ha sido desarrollado con la máxima diligencia, sin embargo Stora Enso Wood Products GmbH, ni explícita ni implícitamente, ofrece ninguna garantía en cuanto a la exactitud, validez, vigencia e integridad de los datos y la información proporcionados por el programa. Stora Enso Wood Products GmbH tampoco asume ninguna garantía en relación con el uso general del programa, su idoneidad para un propósito especial o de la compatibilidad del software con otros de terceros o proveedores.

Stora Enso Wood Products GmbH sólo es responsable de los daños causados por negligencia grave o dolo a través de Stora Enso Wood Products GmbH; la responsabilidad por negligencia leve queda excluida. Esto no se aplica a lesiones personales. Bajo las condiciones anteriormente mencionadas, Stora Enso Wood Products GmbH tampoco será responsable de fallos operativos o de la pérdida de programas y/o datos de sistema de procesamiento de datos del usuario.

Legislación aplicable: Estas condiciones de uso se regirán por la legislación de Austria excluyendo, sin embargo, cualquier conflicto legal y cualquier legislación relativa a la Convención de la Compraventa Internacional de Mercancías (CISG).



Sistema



Índice de aprovechamiento total				52 %
ULS	52 %	ULS Fuego	!	SLS 1 %

Sección: CLT 100 C5s					
	Capa	Espesor	Orientación	Material	
	1	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	2	20,0 mm	90°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	3	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	4	20,0 mm	90°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	5	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
t_{CLT}	100,0 mm				

Valores del material										
Material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k \text{ min}}$	$E_{0, \text{mean}}$	G_{mean}	$G_{r, \text{mean}}$
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]						
Pino Ponderosa (Río Negro)	18,40	10,36	0,40	18,44	2,25	3,44	1,53	5.168,00	323,00	32,30

carga

Combinaciones de cargas										
	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	
LC1	Peso propio de la estructura	G	Permanente	0,6	0,8		1,35	1	1	1
LC2	Carga de viento	Q	Corta duración	0,9	0		1,5	0,6	0,2	0



LC1: Peso propio de la estructura

Carga trapezoidal			
Distancia desde el punto inicial	$q_{k,a}$	Carga al final	Longitud de la carga
[m]	[kN/m]		[m]
0,000	1,534	1,71	3,000

LC2: Carga de viento

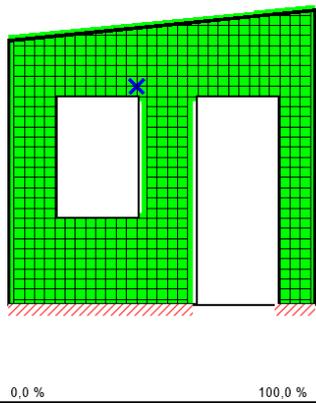
Carga fuera del plano		
Carga al principio	Dirección	La carga cubre aberturas
0,96	Local	✓

ULS Combinaciones

	Regla de combinación
LCO1	1,35/0,80 * LC1
LCO2	1,35/0,80 * LC1 + 1,50/0,00 * LC2

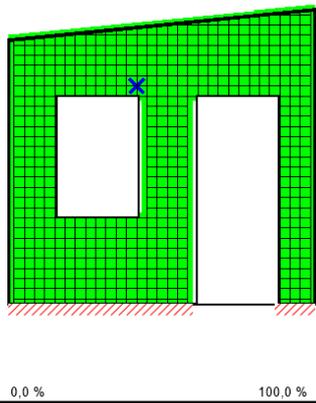
Comprobación en estado límite último (ELU) - Resultados

Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección neta



LCO1							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$\tau_{IP,Net,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
673	1,25	2,15	0,6	3,51	-0,16	0,04	2 %

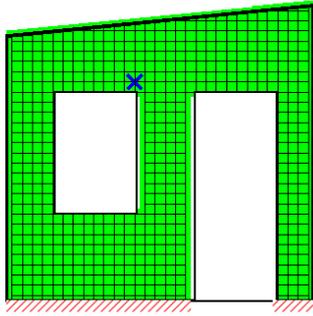
Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección bruta



LCO1							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,Brutto,k}$	Q	$\tau_{IP,Gross,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
673	1,25	2,15	0,6	3,15	-0,16	0,02	1 %



Índice de aprovechamiento de esfuerzo de cortante de torsión en la cara de las superficies encoladas

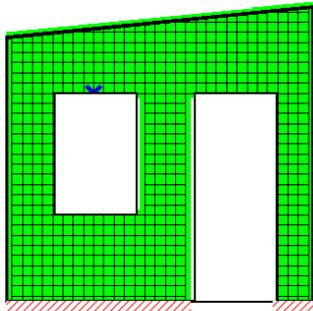


0,0 % 100,0 %

LCO1

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$T_{T,Node,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
673	1,25	2,15	0,6	2,25	-0,16	0,01	1 %

tasa de utilización de la fuerza axial horizontal

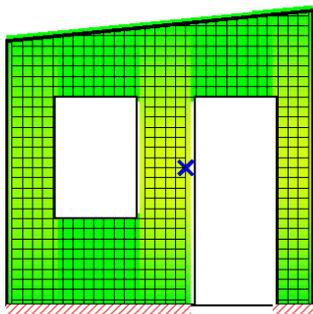


0,0 % 100,0 %

LCO1

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{t,0,d}$	$N_{h,max}$	$\sigma_{h,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
639	0,85	2,05	0,6	4,97	0,35	0,06	1 %

tasa de utilización de la fuerza axial vertical

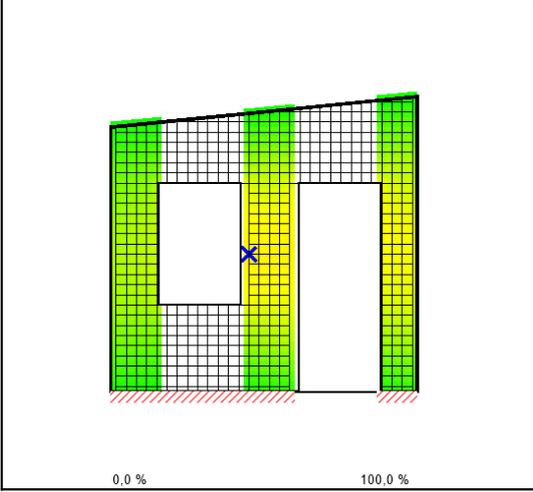


0,0 % 100,0 %

LCO2

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{c,0,d}$	$N_{v,max}$	$\sigma_{v,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
438	1,75	1,35	0,9	13,28	-0,53	-0,13	43 %

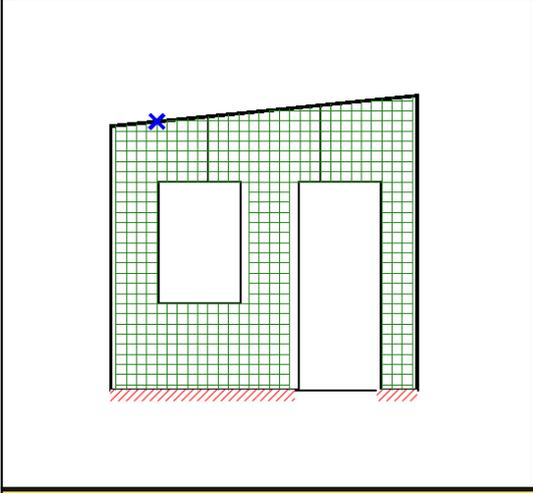
índice de aprovechamiento de pandeo



LCO2											
Id	X	Z	l_k	λ_y	β_c	$k_{c,y}$	$f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	Índice	
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]	
434	1,35	1,35	2,735	131	0,2	0,118	13,28	-	0,16	5,59	52 %

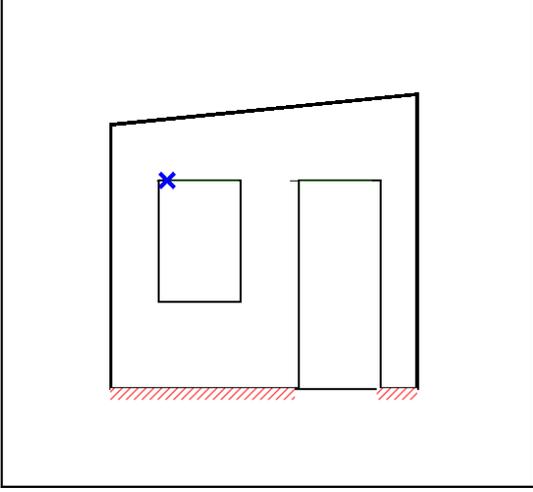
Comprobación en estado límite de servicio (ELS) - Resultados

deformación horizontal



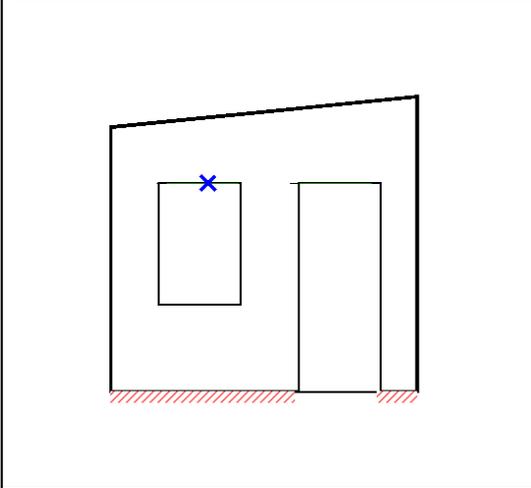
LCO1						
Id	X	Z	w_{limit}	Límite	$v_{h,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
604	0,45	2,645	8,8	$L/300 = 8,8$	0,0211	0,2 %

$w_{inst} = w[char,inst]$



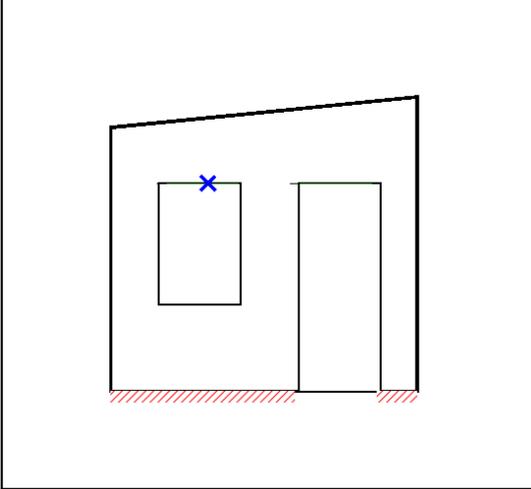
LCO1								
Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]	
636	0,55	2,05	0,8	0,8	1/350	2,3	0,0	0 %

$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$



Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]	
640	0,95	2,05	0,8	0,8	1/500	1,6	0,0	1 %

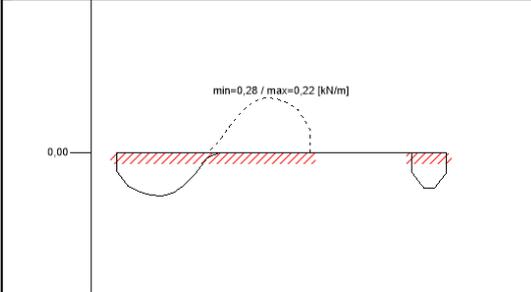
$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$



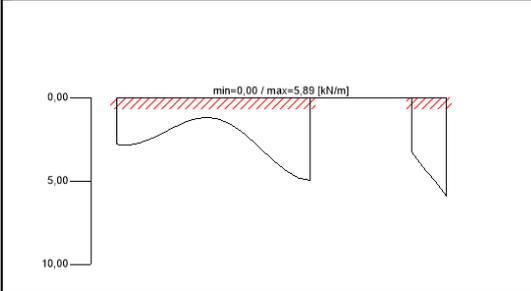
Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[m]	[mm]	
640	0,95	2,05	0,8	0,8	L/300	2,7	0,0	0 %

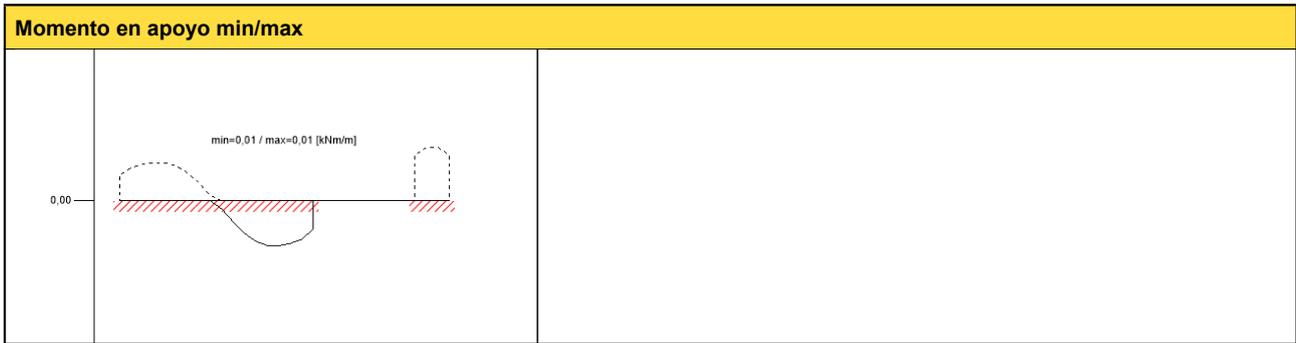
Reacción en apoyo

Reacción horizontal en apoyo min/max



Reacción vertical en apoyo min/max





Documentos de referencia para el cálculo

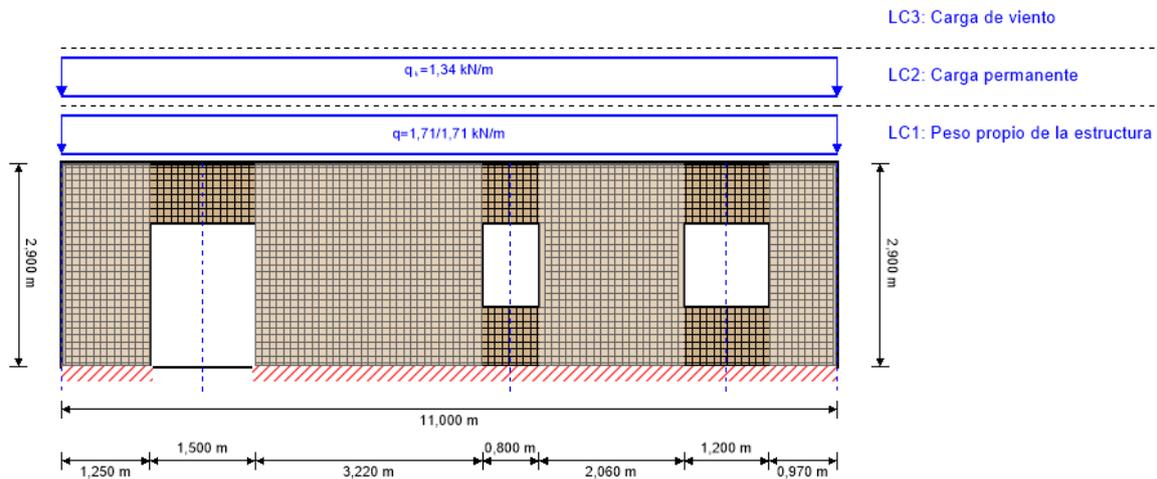
Título en inglés	Descripción
EN 338	Madera estructural - Clases resistentes. EN 338
EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera - Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
Expertise Rolling shear - no edge gluing, H.J. Blass	Certificación en cortante de rodadura para CLT
EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Technical expertise 122/2011/02: analysis of load bearing capacity and separation performance of CLT elements	Comprobación de la capacidad de las vigas y de los criterios de aislamiento en estructuras de CLT con CLT de Stora Enso.
Technical expertise 2434/2012 - BB: failure time t_f of gypsum fire boards (GKF) according to ON B 3410	Certificación de resistencia de tableros de yeso para protección al incendio según ON B3410 y tableros de yeso para paredes tipo DF según EN 520
EN 1990	EN 1990 - Eurocódigo - Bases de cálculo de estructuras
CTE, DB SE-M	CTE DB SE-M Madera
UNE EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
UNE-EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Fire safety in timber buildings - technical guideline for Europe	Seguridad contra incendios en edificios en madera - Guía técnica para Europa; publicada por SP Technical Research Institute of Sweden
National specifications concerning ÖNORM EN 1995-1-2, national comments and national supplements, chapter 12	ÖNORM EN 1995-1-2 - Austria - Especificaciones nacionales sobre ÖNORM EN 1995-1-2, comentarios y suplementos nacionales, capítulo 12
Analysis of CLT wall elements, using a beam grid model - TU-Graz - focus sts 113_1_SF_12	Análisis de paredes de CLT a cortante con modelos mallados de vigas - TU-Graz - focus sts 113_1_SF_12
UNE EN 1995-1-2_NA	UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego - Aclaraciones nacionales según UNE EN 1995-1-2, comentarios nacionales y suplementos nacionales.
UNE EN 1995-1-1_NA	UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
Expertise Rolling shear, H.J. Blass	Investigación sobre fuerza de cortante de rodadura y módulo de cortante de rodadura en paneles de CLT
Expertise shear in plane of CLT, H.J. Blass	Investigación - revisión de DIBt technical approval Z-9.1/599 - cortante en el plano del CLT

Exención de responsabilidad

El programa ha sido creado para ayudar a los ingenieros en su trabajo diario. Es un software de ingeniería que se ocupa de cuestiones complejas de cálculo estructural y análisis de acondicionamiento de edificaciones. Por lo tanto, este programa sólo podrá ser utilizado por ingenieros cualificados y experimentados, con un conocimiento profundo del diseño, cálculo estructural y acondicionamiento ambiental aplicado a estructuras de madera. El usuario del programa está obligado a revisar todos los datos de entrada, sin importar si éstos han sido introducidos por el usuario o han sido proporcionados por defecto por el programa, así como a comprobar la plausibilidad de todos los resultados. La utilización de los resultados del programa no debe ser la base de cualquier hecho o decisión. Cualquier utilización de los resultados del programa está permitida únicamente si éstos han sido comprobados exhaustivamente y validados por un ingeniero o arquitecto especialista en estructuras y/o acondicionamiento higrotérmico de edificaciones. El usuario tiene la posibilidad de realizar impresiones desde el programa. No está permitida la modificación de ninguno de estos datos. Stora Enso Wood Products GmbH no asume ninguna garantía con respecto al software. El programa ha sido desarrollado con la máxima diligencia, sin embargo Stora Enso Wood Products GmbH, ni explícita ni implícitamente, ofrece ninguna garantía en cuanto a la exactitud, validez, vigencia e integridad de los datos y la información proporcionados por el programa. Stora Enso Wood Products GmbH tampoco asume ninguna garantía en relación con el uso general del programa, su idoneidad para un propósito especial o de la compatibilidad del software con otros de terceros o proveedores. Stora Enso Wood Products GmbH sólo es responsable de los daños causados por negligencia grave o dolo a través de Stora Enso Wood Products GmbH; la responsabilidad por negligencia leve queda excluida. Esto no se aplica a lesiones personales. Bajo las condiciones anteriormente mencionadas, Stora Enso Wood Products GmbH tampoco será responsable de fallos operativos o de la pérdida de programas y/o datos de sistema de procesamiento de datos del usuario. Legislación aplicable: Estas condiciones de uso se regirán por la legislación de Austria excluyendo, sin embargo, cualquier conflicto legal y cualquier legislación relativa a la Convención de la Compraventa Internacional de Mercancías (CISG).



Sistema



Índice de aprovechamiento total					78 %
ULS	78 %	ULS Fuego	!	SLS	2 %

Sección: CLT 100 C5s					
	Capa	Espesor	Orientación	Material	
	1	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	2	20,0 mm	90°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	3	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	4	20,0 mm	90°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	5	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
t_{CLT}	100,0 mm				

Valores del material										
Material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k \min}$	$E_{0,mean}$	G_{mean}	$G_{r,mean}$
	[N/mm ²]									
Pino Ponderosa (Río Negro)	18,40	10,36	0,40	18,44	2,25	3,44	1,53	5.168,00	323,00	32,30

carga

Combinaciones de cargas										
	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	ψ_0	ψ_1	ψ_2	
LC1	Peso propio de la estructura	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1	1
LC2	Carga permanente	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1	1



Combinaciones de cargas									
	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	ψ_0	ψ_1	ψ_2
LC3	Carga de viento	Q	Corta duración	0,9	0	1,5	0,6	0,2	0

LC1: Peso propio de la estructura			
Carga trapezoidal			
Distancia desde el punto inicial	$q_{k,a}$	Carga al final	Longitud de la carga
[m]	[kN/m]		[m]
0,000	1,711	1,71	11,000

LC2: Carga permanente	
Carga uniformemente distribuida	
q_k	
[kN/m]	
1,34	

LC3: Carga de viento		
Carga fuera del plano		
Carga al principio	Dirección	La carga cubre aberturas
1,82	Local	✓

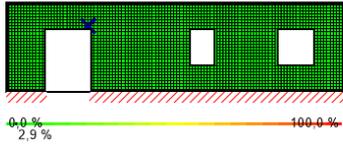
ULS Combinaciones	
	Regla de combinación
LCO1	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2$
LCO2	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC3$

Comprobación en estado límite último (ELU) - Resultados

Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección neta							
LCO1							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$T_{IP,Net,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
2447	2,65	2,15	0,6	3,51	-0,43	0,11	6 %



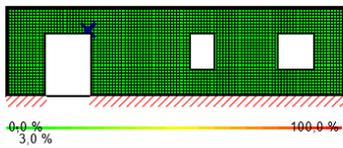
Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección bruta



LCO1

Id	X	Z	k_{mod}	f	Q	τ	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	$f_{v,IP,Brutto,k}$	[kN]	$\tau_{IP,Gross,d}$	[%]
2447	2,65	2,15	0,6	3,15	-0,43	0,04	3 %

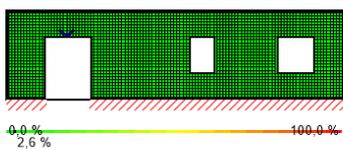
Índice de aprovechamiento de esfuerzo de cortante de torsión en la cara de las superficies encoladas



LCO1

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$\tau_{T,Node,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
2447	2,65	2,15	0,6	2,25	-0,43	0,03	3 %

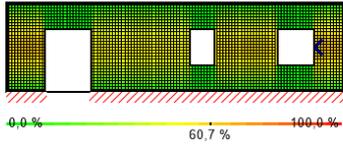
tasa de utilización de la fuerza axial horizontal



LCO1

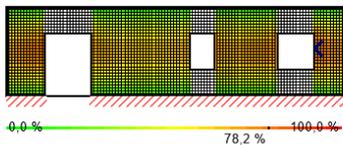
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{t,0,d}$	$N_{h,max}$	$\sigma_{h,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
2330	1,95	2,05	0,6	4,97	0,77	0,13	3 %

tasa de utilización de la fuerza axial vertical



LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{c,0,d}$	$N_{v,max}$	$\sigma_{v,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
1751	10,05	1,45	0,9	13,28	-0,96	-0,24	61 %

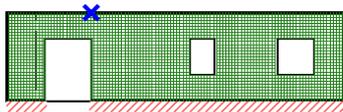
índice de aprovechamiento de pandeo



LCO2											
Id	X	Z	l_k	λ_y	β_c	$k_{c,y}$	$f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	Índice	
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]	
1861	10,05	1,55	2,9	139	0,2	0,105	13,28	-0,25	8,00	78 %	

Comprobación en estado límite de servicio (ELS) - Resultados

deformación horizontal



LCO1						
Id	X	Z	w_{limit}	Límite	$V_{h,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
3328	2,75	2,9	9,7	$L/300 = 9,7$	0,0140	0,1 %

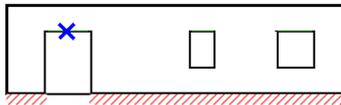


$w_{inst} = w[char,inst]$



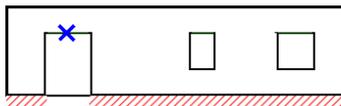
LCO1									
Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice	
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]		
2324	1,35	2,05	0,8	1,5	1/350	4,3	0,0	0 %	

$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$



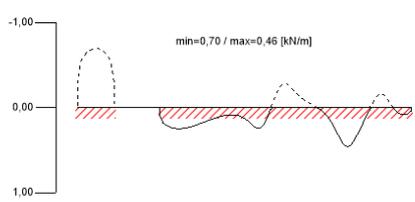
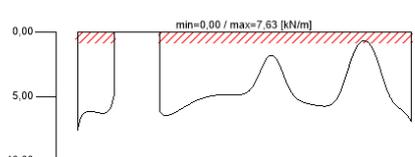
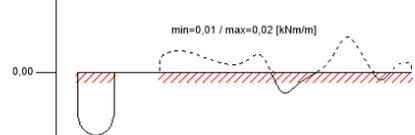
Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice	
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]		
2330	1,95	2,05	0,8	1,5	1/500	3,0	0,1	2 %	

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$



Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice	
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[m]	[mm]		
2330	1,95	2,05	0,8	1,5	L/300	5,0	0,1	1 %	

Reacción en apoyo

Reacción horizontal en apoyo min/max	
	
Reacción vertical en apoyo min/max	
	
Momento en apoyo min/max	
	

Documentos de referencia para el cálculo	
Título en inglés	Descripción
EN 338	Madera estructural - Clases resistentes. EN 338
EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera - Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
Expertise Rolling shear - no edge gluing, H.J. Blass	Certificación en cortante de rodadura para CLT
EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Technical expertise 122/2011/02: analysis of load bearing capacity and separation performance of CLT elements	Comprobación de la capacidad de las vigas y de los criterios de aislamiento en estructuras de CLT con CLT de Stora Enso.
Technical expertise 2434/2012 - BB: failure time t_f of gypsum fire boards (GKF) according to ON B 3410	Certificación de resistencia de tableros de yeso para protección al incendio según ON B3410 y tableros de yeso para paredes tipo DF según EN 520
EN 1990	EN 1990 - Eurocódigo - Bases de cálculo de estructuras
CTE, DB, SE-M	CTE DB, SE-M Madera
UNE EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
UNE-EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Fire safety in timber buildings - technical guideline for Europe	Seguridad contra incendios en edificios en madera - Guía técnica para Europa; publicada por SP Technical Research Institute of Sweden
National specifications concerning ÖNORM EN 1995-1-2, national comments and national supplements, chapter 12	ÖNORM EN 1995-1-2 - Austria - Especificaciones nacionales sobre ÖNORM EN 1995-1-2, comentarios y suplementos nacionales, capítulo 12
Analysis of CLT wall elements, using a beam grid model - TU-Graz - focus_sts 113_1_SF_12	Análisis de paredes de CLT a cortante con modelos mallados de vigas - TU-Graz - focus_sts 113_1_SF_12
UNE EN 1995-1-2_NA	UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego - Aclaraciones nacionales según UNE EN 1995-1-2, comentarios nacionales y suplementos nacionales.
UNE EN 1995-1-1_NA	UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.



Documentos de referencia para el cálculo	
Título en inglés	Descripción
Expertise Rolling shear, H.J. Blass	Investigación sobre fuerza de cortante de rodadura y módulo de cortante de rodadura en paneles de CLT
Expertise shear in plane of CLT, H.J. Blass	Investigación - revisión de DIBt technical approval Z-9.1/599 - cortante en el plano del CLT

Exención de responsabilidad

El programa ha sido creado para ayudar a los ingenieros en su trabajo diario. Es un software de ingeniería que se ocupa de cuestiones complejas de cálculo estructural y análisis de acondicionamiento de edificaciones. Por lo tanto, este programa sólo podrá ser utilizado por ingenieros cualificados y experimentados, con un conocimiento profundo del diseño, cálculo estructural y acondicionamiento ambiental aplicado a estructuras de madera. El usuario del programa está obligado a revisar todos los datos de entrada, sin importar si éstos han sido introducidos por el usuario o han sido proporcionados por defecto por el programa, así como a comprobar la plausibilidad de todos los resultados.

La utilización de los resultados del programa no debe ser la base de cualquier hecho o decisión. Cualquier utilización de los resultados del programa está permitida únicamente si éstos han sido comprobados exhaustivamente y validados por un ingeniero o arquitecto especialista en estructuras y/o acondicionamiento higrotérmico de edificaciones. El usuario tiene la posibilidad de realizar impresiones desde el programa. No está permitida la modificación de ninguno de estos datos.

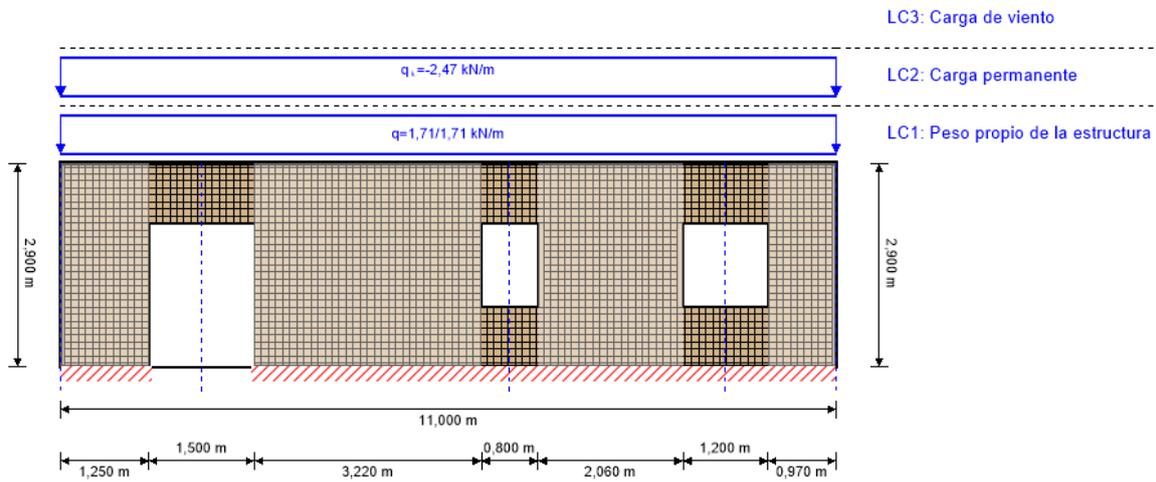
Stora Enso Wood Products GmbH no asume ninguna garantía con respecto al software. El programa ha sido desarrollado con la máxima diligencia, sin embargo Stora Enso Wood Products GmbH, ni explícita ni implícitamente, ofrece ninguna garantía en cuanto a la exactitud, validez, vigencia e integridad de los datos y la información proporcionados por el programa. Stora Enso Wood Products GmbH tampoco asume ninguna garantía en relación con el uso general del programa, su idoneidad para un propósito especial o de la compatibilidad del software con otros de terceros o proveedores.

Stora Enso Wood Products GmbH sólo es responsable de los daños causados por negligencia grave o dolo a través de Stora Enso Wood Products GmbH; la responsabilidad por negligencia leve queda excluida. Esto no se aplica a lesiones personales. Bajo las condiciones anteriormente mencionadas, Stora Enso Wood Products GmbH tampoco será responsable de fallos operativos o de la pérdida de programas y/o datos de sistema de procesamiento de datos del usuario.

Legislación aplicable: Estas condiciones de uso se regirán por la legislación de Austria excluyendo, sin embargo, cualquier conflicto legal y cualquier legislación relativa a la Convención de la Compraventa Internacional de Mercancías (CISG).



Sistema

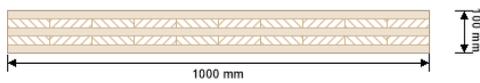


Índice de aprovechamiento total

62 %

ULS 62 % ULS Fuego ! SLS 0 %

Sección: CLT 100 C5s



Capa	Espesor	Orientación	Material
1	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)
2	20,0 mm	90°	Pino Ponderosa (Río Negro)
3	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)
4	20,0 mm	90°	Pino Ponderosa (Río Negro)
5	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)
t_{CLT}	100,0 mm		

Valores del material

Material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k \text{ min}}$	$E_{0, \text{mean}}$	G_{mean}	$G_{r, \text{mean}}$
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]						
Pino Ponderosa (Río Negro)	18,40	10,36	0,40	18,44	2,25	3,44	1,53	5.168,00	323,00	32,30

carga

Combinaciones de cargas

	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
LC1	Peso propio de la estructura	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1
LC2	Carga permanente	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1



Combinaciones de cargas										
	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	ψ_0	ψ_1	ψ_2	
LC3	Carga de viento	Q	Corta duración	0,9	0	1,5	0,6	0,2	0	

LC1: Peso propio de la estructura			
Carga trapezoidal			
Distancia desde el punto inicial	$q_{k,a}$	Carga al final	Longitud de la carga
[m]	[kN/m]		[m]
0,000	1,711	1,71	11,000

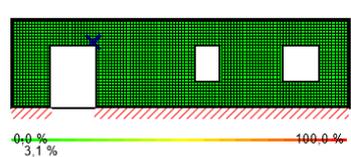
LC2: Carga permanente	
Carga uniformemente distribuida	
q_k	
[kN/m]	
-2,47	

LC3: Carga de viento		
Carga fuera del plano		
Carga al principio	Dirección	La carga cubre aberturas
1,82	Local	✓

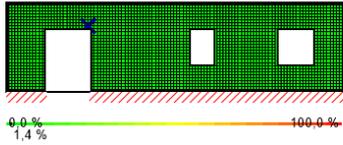
ULS Combinaciones	
	Regla de combinación
LCO1	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2$
LCO2	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC3$

Comprobación en estado límite último (ELU) - Resultados

Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección neta							
LCO1							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$T_{IP,Net,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
2447	2,65	2,15	0,6	3,51	0,21	0,05	3 %



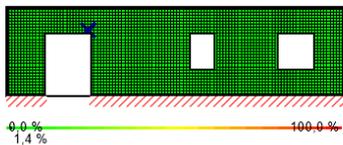
Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección bruta



LCO1

Id	X	Z	k_{mod}	f	Q	τ	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	$f_{v,IP,Brutto,k}$	[kN]	$IP,Gross,d$	[%]
2447	2,65	2,15	0,6	3,15	0,21	0,02	1 %

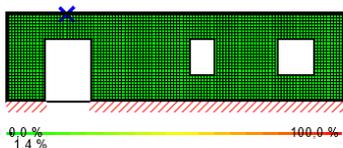
Índice de aprovechamiento de esfuerzo de cortante de torsión en la cara de las superficies encoladas



LCO1

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$T_{T,Node,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
2447	2,65	2,15	0,6	2,25	0,21	0,02	1 %

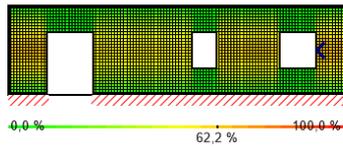
tasa de utilización de la fuerza axial horizontal



LCO1

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{t,0,d}$	$N_{h,max}$	$\sigma_{h,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
3210	1,95	2,85	0,6	4,97	0,42	0,07	1 %

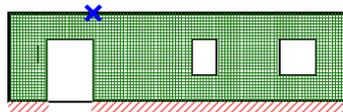
tasa de utilización de la fuerza axial vertical



LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{t,0,d}$	$N_{v,max}$	$\sigma_{v,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
1751	10,05	1,45	0,9	7,46	0,46	0,11	62 %

Comprobación en estado límite de servicio (ELS) - Resultados

deformación horizontal



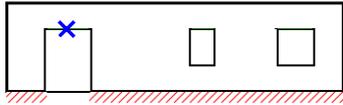
LCO1						
Id	X	Z	w_{limit}	Límite	$v_{h,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
3328	2,75	2,9	9,7	$L/300 = 9,7$	0,0035	0,0 %

$w_{inst} = w[char,inst]$



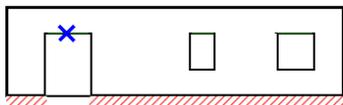
LCO1								
Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]	
2324	1,35	2,05	0,8	1,5	1/350	4,3	0,0	0 %

$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$



Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]	
2330	1,95	2,05	0,8	1,5	1/500	3,0	0,0	0 %

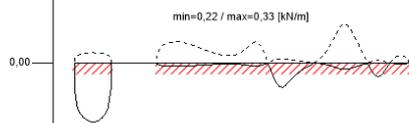
$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$



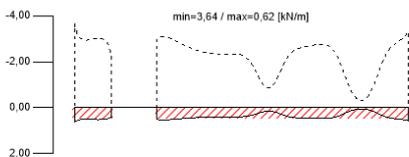
Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[m]	[mm]	
2330	1,95	2,05	0,8	1,5	L/300	5,0	0,0	0 %

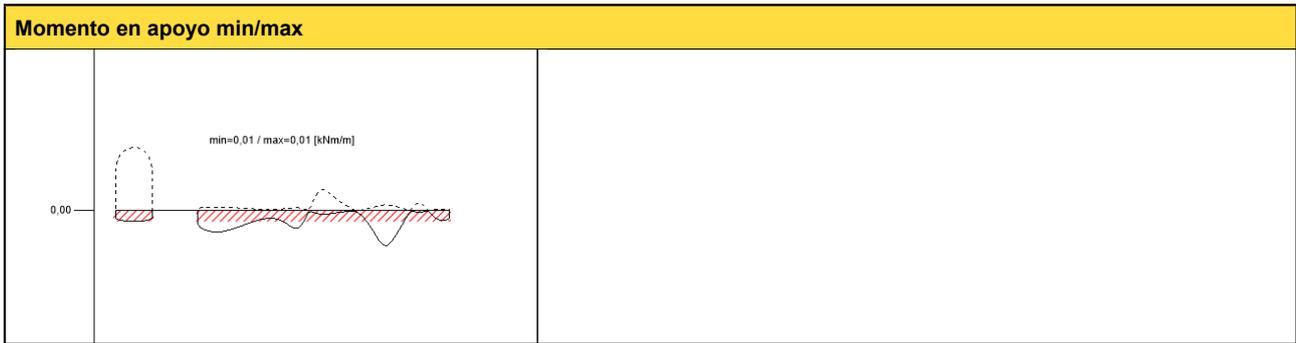
Reacción en apoyo

Reacción horizontal en apoyo min/max



Reacción vertical en apoyo min/max





Documentos de referencia para el cálculo

Título en inglés	Descripción
EN 338	Madera estructural - Clases resistentes. EN 338
EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera - Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
Expertise Rolling shear - no edge gluing, H.J. Blass EN 1995-1-2	Certificación en cortante de rodadura para CLT EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Technical expertise 122/2011/02: analysis of load bearing capacity and separation performance of CLT elements	Comprobación de la capacidad de las vigas y de los criterios de aislamiento en estructuras de CLT con CLT de Stora Enso.
Technical expertise 2434/2012 - BB: failure time t_f of gypsum fire boards (GKF) according to ON B 3410 EN 1990	Certificación de resistencia de tableros de yeso para protección al incendio según ON B3410 y tableros de yeso para paredes tipo DF según EN 520 EN 1990 - Eurocódigo - Bases de cálculo de estructuras
CTE, DB SE-M	CTE DB SE-M Madera
UNE EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
UNE-EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Fire safety in timber buildings - technical guideline for Europe	Seguridad contra incendios en edificios en madera - Guía técnica para Europa; publicada por SP Technical Research Institute of Sweden
National specifications concerning ÖNORM EN 1995-1-2, national comments and national supplements, chapter 12	ÖNORM EN 1995-1-2 - Austria - Especificaciones nacionales sobre ÖNORM EN 1995-1-2, comentarios y suplementos nacionales, capítulo 12
Analysis of CLT wall elements, using a beam grid model - TU-Graz - focus sts 113_1_SF_12 UNE EN 1995-1-2_NA	Análisis de paredes de CLT a cortante con modelos mallados de vigas - TU-Graz - focus sts 113_1_SF_12 UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego - Aclaraciones nacionales según UNE EN 1995-1-2, comentarios nacionales y suplementos nacionales.
UNE EN 1995-1-1_NA	UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
Expertise Rolling shear, H.J. Blass	Investigación sobre fuerza de cortante de rodadura y módulo de cortante de rodadura en paneles de CLT
Expertise shear in plane of CLT, H.J. Blass	Investigación - revisión de DIBt technical approval Z-9.1/599 - cortante en el plano del CLT

Exención de responsabilidad

El programa ha sido creado para ayudar a los ingenieros en su trabajo diario. Es un software de ingeniería que se ocupa de cuestiones complejas de cálculo estructural y análisis de acondicionamiento de edificaciones. Por lo tanto, este programa sólo podrá ser utilizado por ingenieros cualificados y experimentados, con un conocimiento profundo del diseño, cálculo estructural y acondicionamiento ambiental aplicado a estructuras de madera. El usuario del programa está obligado a revisar todos los datos de entrada, sin importar si éstos han sido introducidos por el usuario o han sido proporcionados por defecto por el programa, así como a comprobar la plausibilidad de todos los resultados.

La utilización de los resultados del programa no debe ser la base de cualquier hecho o decisión. Cualquier utilización de los resultados del programa está permitida únicamente si éstos han sido comprobados exhaustivamente y validados por un ingeniero o arquitecto especialista en estructuras y/o acondicionamiento higrotérmico de edificaciones. El usuario tiene la posibilidad de realizar impresiones desde el programa. No está permitida la modificación de ninguno de estos datos.

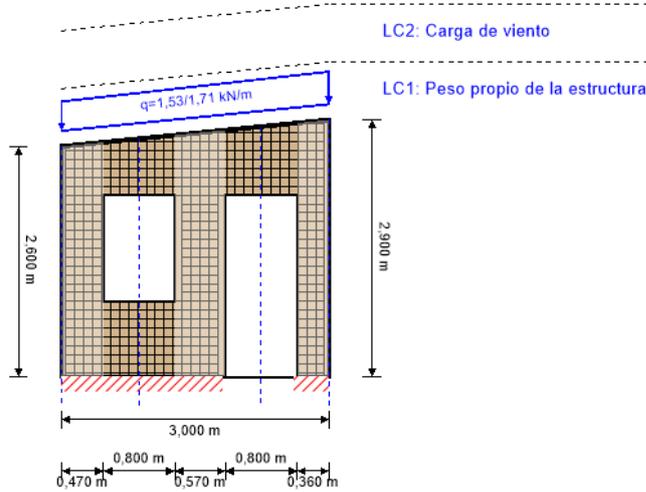
Stora Enso Wood Products GmbH no asume ninguna garantía con respecto al software. El programa ha sido desarrollado con la máxima diligencia, sin embargo Stora Enso Wood Products GmbH, ni explícita ni implícitamente, ofrece ninguna garantía en cuanto a la exactitud, validez, vigencia e integridad de los datos y la información proporcionados por el programa. Stora Enso Wood Products GmbH tampoco asume ninguna garantía en relación con el uso general del programa, su idoneidad para un propósito especial o de la compatibilidad del software con otros de terceros o proveedores.

Stora Enso Wood Products GmbH sólo es responsable de los daños causados por negligencia grave o dolo a través de Stora Enso Wood Products GmbH; la responsabilidad por negligencia leve queda excluida. Esto no se aplica a lesiones personales. Bajo las condiciones anteriormente mencionadas, Stora Enso Wood Products GmbH tampoco será responsable de fallos operativos o de la pérdida de programas y/o datos de sistema de procesamiento de datos del usuario.

Legislación aplicable: Estas condiciones de uso se regirán por la legislación de Austria excluyendo, sin embargo, cualquier conflicto legal y cualquier legislación relativa a la Convención de la Compraventa Internacional de Mercancías (CISG).



Sistema



Índice de aprovechamiento total				91 %
ULS	91 %	ULS Fuego	!	SLS 1 %

Sección: CLT 100 C5s					
	Capa	Espesor	Orientación	Material	
	1	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	2	20,0 mm	90°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	3	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	4	20,0 mm	90°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	5	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
t_{CLT}	100,0 mm				

Valores del material										
Material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k \min}$	$E_{0,mean}$	G_{mean}	$G_{r,mean}$
	[N/mm ²]									
Pino Ponderosa (Río Negro)	18,40	10,36	0,40	18,44	2,25	3,44	1,53	5.168,00	323,00	32,30

carga

Combinaciones de cargas										
	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	
LC1	Peso propio de la estructura	G	Permanente	0,6	0,8		1,35	1	1	1
LC2	Carga de viento	Q	Corta duración	0,9	0		1,5	0,6	0,2	0



LC1: Peso propio de la estructura

Carga trapezoidal			
Distancia desde el punto inicial	$q_{k,a}$	Carga al final	Longitud de la carga
[m]	[kN/m]		[m]
0,000	1,534	1,71	3,000

LC2: Carga de viento

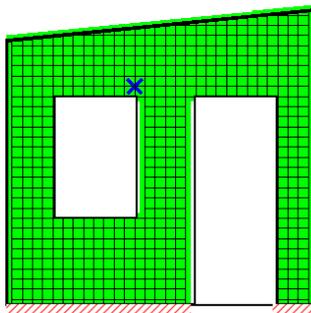
Carga fuera del plano		
Carga al principio	Dirección	La carga cubre aberturas
1,82	Local	✓

ULS Combinaciones

	Regla de combinación
LCO1	1,35/0,80 * LC1
LCO2	1,35/0,80 * LC1 + 1,50/0,00 * LC2

Comprobación en estado límite último (ELU) - Resultados

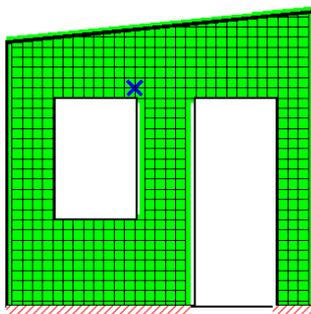
Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección neta



0,0 % 100,0 %

LCO1							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$\tau_{IP,Net,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
673	1,25	2,15	0,6	3,51	-0,16	0,04	2 %

Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección bruta

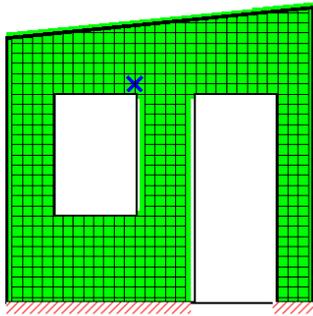


0,0 % 100,0 %

LCO1							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,Brutto,k}$	Q	$\tau_{IP,Gross,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
673	1,25	2,15	0,6	3,15	-0,16	0,02	1 %



Índice de aprovechamiento de esfuerzo de cortante de torsión en la cara de las superficies encoladas

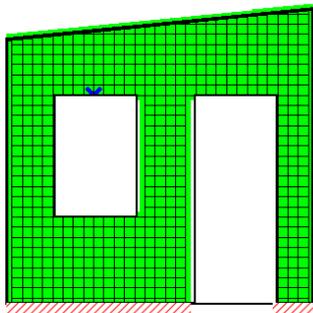


0,0 % 100,0 %

LCO1

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$T_{T,Node,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
673	1,25	2,15	0,6	2,25	-0,16	0,01	1 %

tasa de utilización de la fuerza axial horizontal

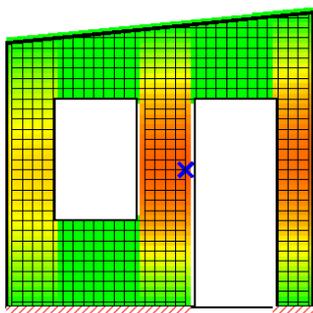


0,0 % 100,0 %

LCO1

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{t,0,d}$	$N_{h,max}$	$\sigma_{h,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
639	0,85	2,05	0,6	4,97	0,35	0,06	1 %

tasa de utilización de la fuerza axial vertical

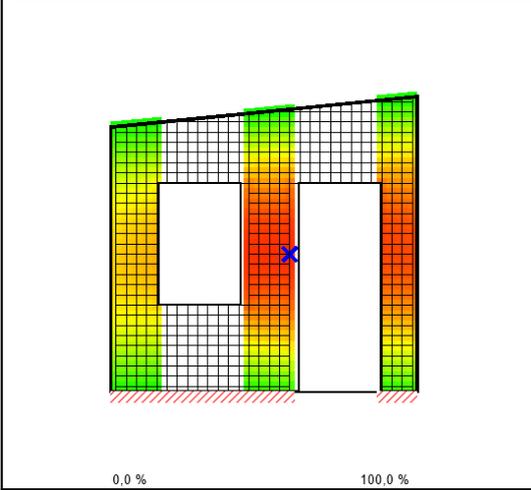


0,0 % 100,0 %

LCO2

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{c,0,d}$	$N_{v,max}$	$\sigma_{v,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
438	1,75	1,35	0,9	13,28	-0,53	-0,13	82 %

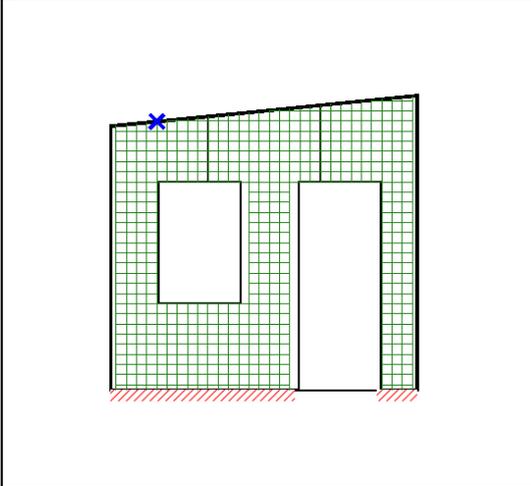
índice de aprovechamiento de pandeo



LCO2										
Id	X	Z	I_k	λ_y	β_c	$k_{c,y}$	$f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]
438	1,75	1,35	2,775	133	0,2	0,115	13,28	-	10,92	91 %
								0,13		

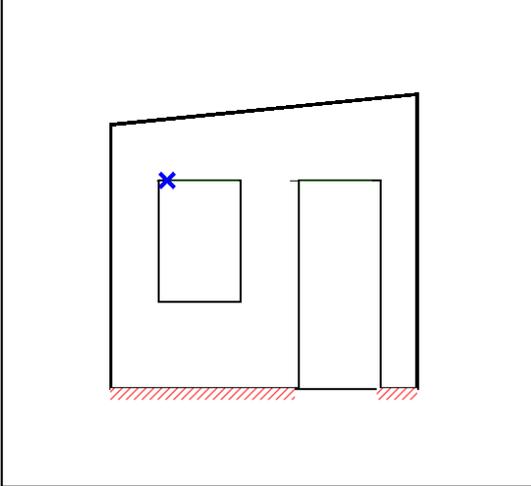
Comprobación en estado límite de servicio (ELS) - Resultados

deformación horizontal



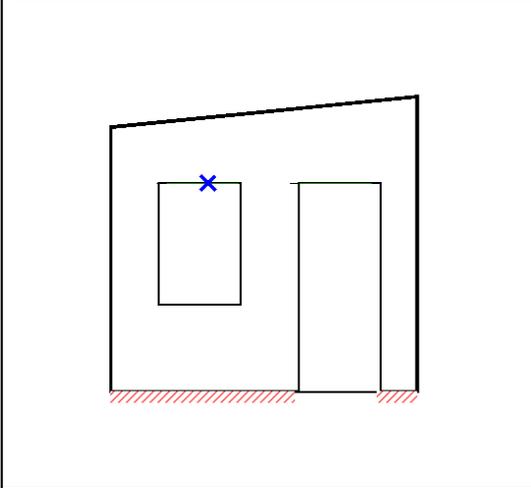
LCO1						
Id	X	Z	w_{limit}	Límite	$v_{h,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
604	0,45	2,645	8,8	L/300 = 8,8	0,0211	0,2 %

$w_{inst} = w[char,inst]$



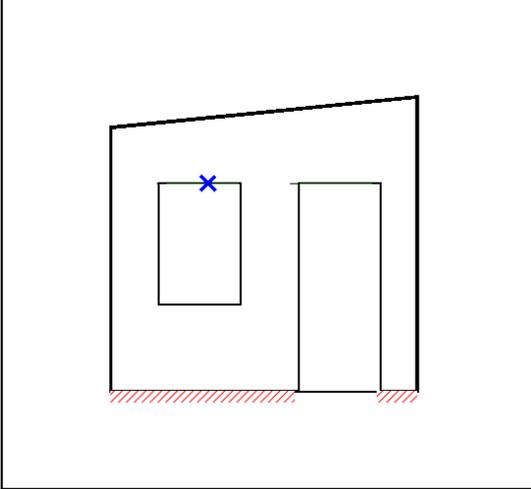
LCO1								
Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]	
636	0,55	2,05	0,8	0,8	1/350	2,3	0,0	0 %

$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$



Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]	
640	0,95	2,05	0,8	0,8	1/500	1,6	0,0	1 %

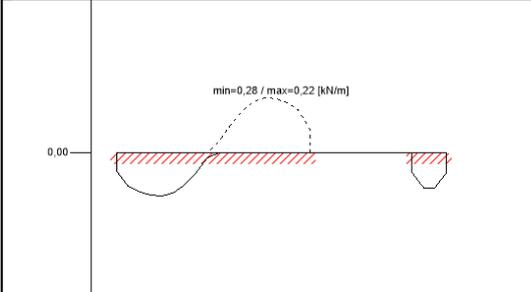
$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$



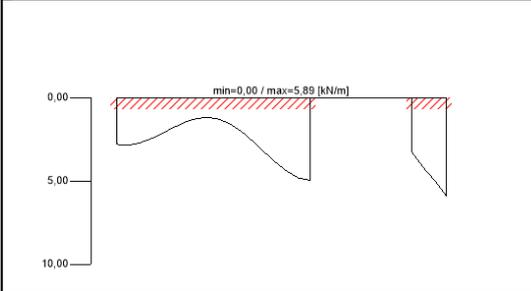
Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[m]	[mm]	
640	0,95	2,05	0,8	0,8	L/300	2,7	0,0	0 %

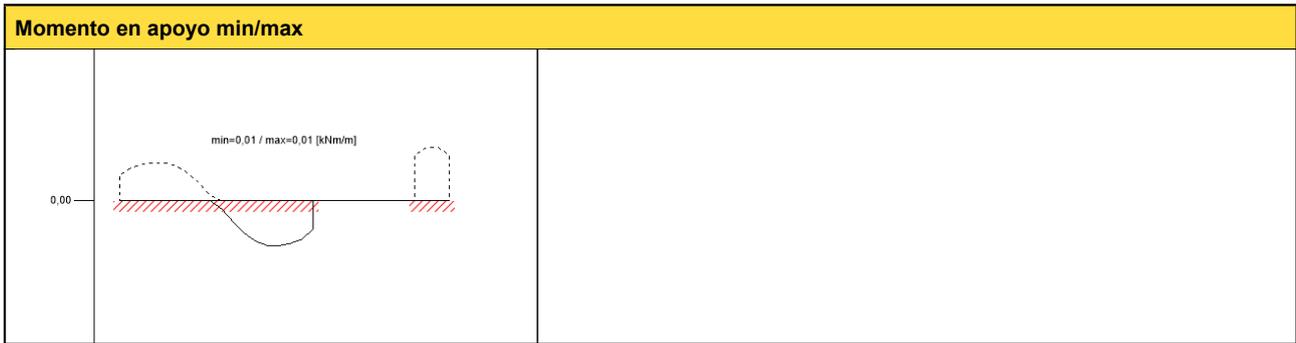
Reacción en apoyo

Reacción horizontal en apoyo min/max



Reacción vertical en apoyo min/max





Documentos de referencia para el cálculo

Título en inglés	Descripción
EN 338	Madera estructural - Clases resistentes. EN 338
EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera - Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
Expertise Rolling shear - no edge gluing, H.J. Blass EN 1995-1-2	Certificación en cortante de rodadura para CLT EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Technical expertise 122/2011/02: analysis of load bearing capacity and separation performance of CLT elements	Comprobación de la capacidad de las vigas y de los criterios de aislamiento en estructuras de CLT con CLT de Stora Enso.
Technical expertise 2434/2012 - BB: failure time t_f of gypsum fire boards (GKF) according to ON B 3410 EN 1990	Certificación de resistencia de tableros de yeso para protección al incendio según ON B3410 y tableros de yeso para paredes tipo DF según EN 520 EN 1990 - Eurocódigo - Bases de cálculo de estructuras
CTE, DB SE-M	CTE DB SE-M Madera
UNE EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
UNE-EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Fire safety in timber buildings - technical guideline for Europe	Seguridad contra incendios en edificios en madera - Guía técnica para Europa; publicada por SP Technical Research Institute of Sweden
National specifications concerning ÖNORM EN 1995-1-2, national comments and national supplements, chapter 12	ÖNORM EN 1995-1-2 - Austria - Especificaciones nacionales sobre ÖNORM EN 1995-1-2, comentarios y suplementos nacionales, capítulo 12
Analysis of CLT wall elements, using a beam grid model - TU-Graz - focus sts 113_1_SF_12 UNE EN 1995-1-2_NA	Análisis de paredes de CLT a cortante con modelos mallados de vigas - TU-Graz - focus sts 113_1_SF_12 UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego - Aclaraciones nacionales según UNE EN 1995-1-2, comentarios nacionales y suplementos nacionales.
UNE EN 1995-1-1_NA	UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
Expertise Rolling shear, H.J. Blass	Investigación sobre fuerza de cortante de rodadura y módulo de cortante de rodadura en paneles de CLT
Expertise shear in plane of CLT, H.J. Blass	Investigación - revisión de DIBt technical approval Z-9.1/599 - cortante en el plano del CLT

Exención de responsabilidad

El programa ha sido creado para ayudar a los ingenieros en su trabajo diario. Es un software de ingeniería que se ocupa de cuestiones complejas de cálculo estructural y análisis de acondicionamiento de edificaciones. Por lo tanto, este programa sólo podrá ser utilizado por ingenieros cualificados y experimentados, con un conocimiento profundo del diseño, cálculo estructural y acondicionamiento ambiental aplicado a estructuras de madera. El usuario del programa está obligado a revisar todos los datos de entrada, sin importar si éstos han sido introducidos por el usuario o han sido proporcionados por defecto por el programa, así como a comprobar la plausibilidad de todos los resultados.

La utilización de los resultados del programa no debe ser la base de cualquier hecho o decisión. Cualquier utilización de los resultados del programa está permitida únicamente si éstos han sido comprobados exhaustivamente y validados por un ingeniero o arquitecto especialista en estructuras y/o acondicionamiento higrotérmico de edificaciones. El usuario tiene la posibilidad de realizar impresiones desde el programa. No está permitida la modificación de ninguno de estos datos.

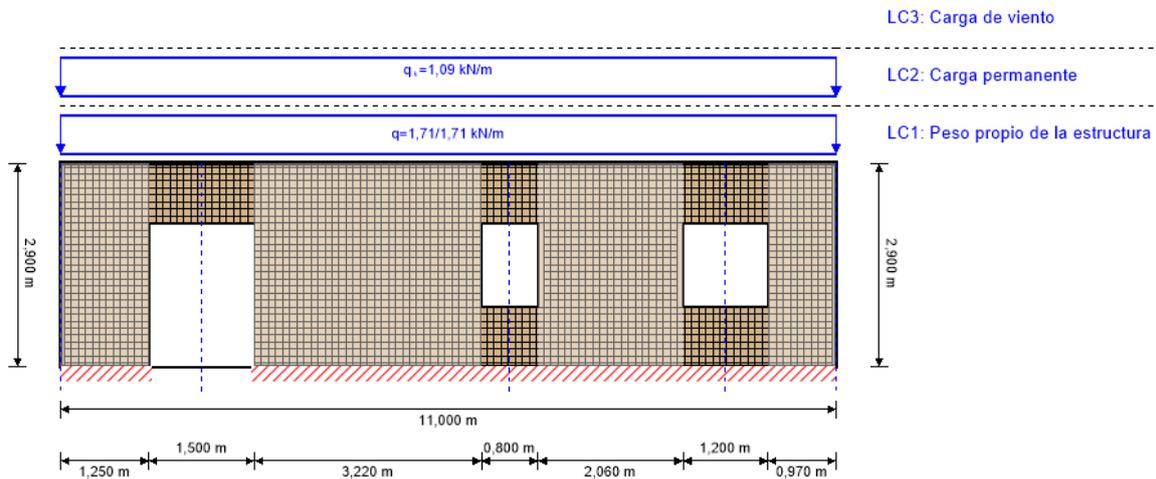
Stora Enso Wood Products GmbH no asume ninguna garantía con respecto al software. El programa ha sido desarrollado con la máxima diligencia, sin embargo Stora Enso Wood Products GmbH, ni explícita ni implícitamente, ofrece ninguna garantía en cuanto a la exactitud, validez, vigencia e integridad de los datos y la información proporcionados por el programa. Stora Enso Wood Products GmbH tampoco asume ninguna garantía en relación con el uso general del programa, su idoneidad para un propósito especial o de la compatibilidad del software con otros de terceros o proveedores.

Stora Enso Wood Products GmbH sólo es responsable de los daños causados por negligencia grave o dolo a través de Stora Enso Wood Products GmbH; la responsabilidad por negligencia leve queda excluida. Esto no se aplica a lesiones personales. Bajo las condiciones anteriormente mencionadas, Stora Enso Wood Products GmbH tampoco será responsable de fallos operativos o de la pérdida de programas y/o datos de sistema de procesamiento de datos del usuario.

Legislación aplicable: Estas condiciones de uso se regirán por la legislación de Austria excluyendo, sin embargo, cualquier conflicto legal y cualquier legislación relativa a la Convención de la Compraventa Internacional de Mercancías (CISG).



Sistema

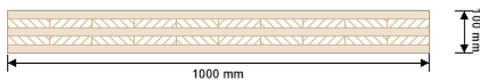


Índice de aprovechamiento total

42 %

ULS 42 % ULS Fuego ! SLS 2 %

Sección: CLT 100 C5s



Capa	Espesor	Orientación	Material
1	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)
2	20,0 mm	90°	Pino Ponderosa (Río Negro)
3	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)
4	20,0 mm	90°	Pino Ponderosa (Río Negro)
5	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)
t_{CLT}	100,0 mm		

Valores del material

Material	f _{m,k}	f _{t,0,k}	f _{t,90,k}	f _{c,0,k}	f _{c,90,k}	f _{v,k}	f _{r,k min}	E _{0,mean}	G _{mean}	G _{r,mean}
	[N/mm ²]									
Pino Ponderosa (Río Negro)	18,40	10,36	0,40	18,44	2,25	3,44	1,53	5.168,00	323,00	32,30

carga

Combinaciones de cargas

	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ _{inf}	γ _{sup}	Ψ ₀	Ψ ₁	Ψ ₂
LC1	Peso propio de la estructura	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1
LC2	Carga permanente	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1



Combinaciones de cargas									
	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	ψ_0	ψ_1	ψ_2
LC3	Carga de viento	Q	Corta duración	0,9	0	1,5	0,6	0,2	0

LC1: Peso propio de la estructura			
Carga trapezoidal			
Distancia desde el punto inicial	$q_{k,a}$	Carga al final	Longitud de la carga
[m]	[kN/m]		[m]
0,000	1,711	1,71	11,000

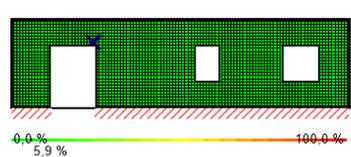
LC2: Carga permanente	
Carga uniformemente distribuida	
q_k	
[kN/m]	
1,09	

LC3: Carga de viento		
Carga fuera del plano		
Carga al principio	Dirección	La carga cubre aberturas
0,67	Local	✓

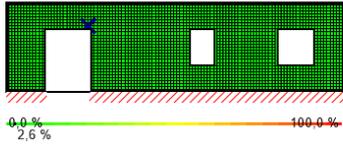
ULS Combinaciones	
	Regla de combinación
LCO1	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2$
LCO2	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC3$

Comprobación en estado límite último (ELU) - Resultados

Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección neta							
LCO1							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$T_{IP,Net,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
2447	2,65	2,15	0,6	3,51	-0,40	0,10	6 %



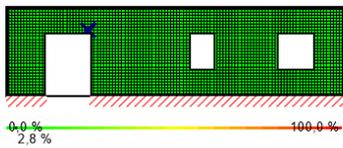
Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección bruta



LCO1

Id	X	Z	k_{mod}	f	Q	τ	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	$f_{v,IP,Brutto,k}$	[kN]	$\tau_{IP,Gross,d}$	[%]
2447	2,65	2,15	0,6	3,15	-0,40	0,04	3 %

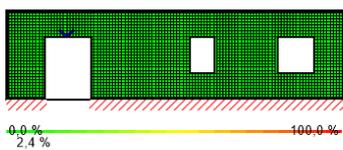
Índice de aprovechamiento de esfuerzo de cortante de torsión en la cara de las superficies encoladas



LCO1

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$\tau_{T,Node,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
2447	2,65	2,15	0,6	2,25	-0,40	0,03	3 %

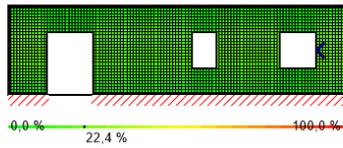
tasa de utilización de la fuerza axial horizontal



LCO1

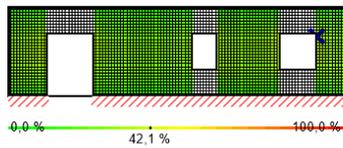
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{t,0,d}$	$N_{h,max}$	$\sigma_{h,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
2330	1,95	2,05	0,6	4,97	0,70	0,12	2 %

tasa de utilización de la fuerza axial vertical



LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{c,0,d}$	$N_{v,max}$	$\sigma_{v,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
1751	10,05	1,45	0,9	13,28	-0,88	-0,22	22 %

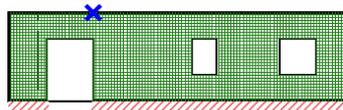
índice de aprovechamiento de pandeo



LCO2											
Id	X	Z	l_k	λ_y	β_c	$k_{c,y}$	$f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	Índice	
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]	
2301	10,05	1,95	2,9	139	0,2	0,105	13,28	-0,31	2,61	42 %	

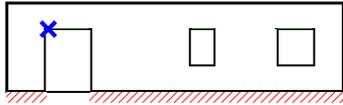
Comprobación en estado límite de servicio (ELS) - Resultados

deformación horizontal



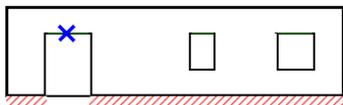
LCO1						
Id	X	Z	w_{limit}	Límite	$V_{h,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
3328	2,75	2,9	9,7	L/300 = 9,7	0,0128	0,1 %

$w_{inst} = w[char,inst]$



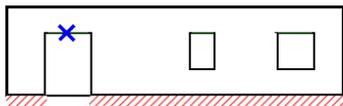
LCO1									
Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice	
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]		
2324	1,35	2,05	0,8	1,5	1/350	4,3	0,0	0 %	

$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$



Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice	
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]		
2330	1,95	2,05	0,8	1,5	1/500	3,0	0,0	2 %	

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$



Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice	
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[m]	[mm]		
2330	1,95	2,05	0,8	1,5	L/300	5,0	0,0	1 %	

Reacción en apoyo

Reacción horizontal en apoyo min/max	
Reacción vertical en apoyo min/max	
Momento en apoyo min/max	

Documentos de referencia para el cálculo	
Título en inglés	Descripción
EN 338	Madera estructural - Clases resistentes. EN 338
EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera - Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
Expertise Rolling shear - no edge gluing, H.J. Blass	Certificación en cortante de rodadura para CLT
EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Technical expertise 122/2011/02: analysis of load bearing capacity and separation performance of CLT elements	Comprobación de la capacidad de las vigas y de los criterios de aislamiento en estructuras de CLT con CLT de Stora Enso.
Technical expertise 2434/2012 - BB: failure time t_f of gypsum fire boards (GKF) according to ON B 3410	Certificación de resistencia de tableros de yeso para protección al incendio según ON B3410 y tableros de yeso para paredes tipo DF según EN 520
EN 1990	EN 1990 - Eurocódigo - Bases de cálculo de estructuras
CTE, DB, SE-M	CTE DB, SE-M Madera
UNE EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
UNE-EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Fire safety in timber buildings - technical guideline for Europe	Seguridad contra incendios en edificios en madera - Guía técnica para Europa; publicada por SP Technical Research Institute of Sweden
National specifications concerning ÖNORM EN 1995-1-2, national comments and national supplements, chapter 12	ÖNORM EN 1995-1-2 - Austria - Especificaciones nacionales sobre ÖNORM EN 1995-1-2, comentarios y suplementos nacionales, capítulo 12
Analysis of CLT wall elements, using a beam grid model - TU-Graz - focus_sts 113_1_SF_12	Análisis de paredes de CLT a cortante con modelos mallados de vigas - TU-Graz - focus_sts 113_1_SF_12
UNE EN 1995-1-2_NA	UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego - Aclaraciones nacionales según UNE EN 1995-1-2, comentarios nacionales y suplementos nacionales.
UNE EN 1995-1-1_NA	UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.



Documentos de referencia para el cálculo	
Título en inglés	Descripción
Expertise Rolling shear, H.J. Blass	Investigación sobre fuerza de cortante de rodadura y módulo de cortante de rodadura en paneles de CLT
Expertise shear in plane of CLT, H.J. Blass	Investigación - revisión de DIBt technical approval Z-9.1/599 - cortante en el plano del CLT

Exención de responsabilidad

El programa ha sido creado para ayudar a los ingenieros en su trabajo diario. Es un software de ingeniería que se ocupa de cuestiones complejas de cálculo estructural y análisis de acondicionamiento de edificaciones. Por lo tanto, este programa sólo podrá ser utilizado por ingenieros cualificados y experimentados, con un conocimiento profundo del diseño, cálculo estructural y acondicionamiento ambiental aplicado a estructuras de madera. El usuario del programa está obligado a revisar todos los datos de entrada, sin importar si éstos han sido introducidos por el usuario o han sido proporcionados por defecto por el programa, así como a comprobar la plausibilidad de todos los resultados.

La utilización de los resultados del programa no debe ser la base de cualquier hecho o decisión. Cualquier utilización de los resultados del programa está permitida únicamente si éstos han sido comprobados exhaustivamente y validados por un ingeniero o arquitecto especialista en estructuras y/o acondicionamiento higrotérmico de edificaciones. El usuario tiene la posibilidad de realizar impresiones desde el programa. No está permitida la modificación de ninguno de estos datos.

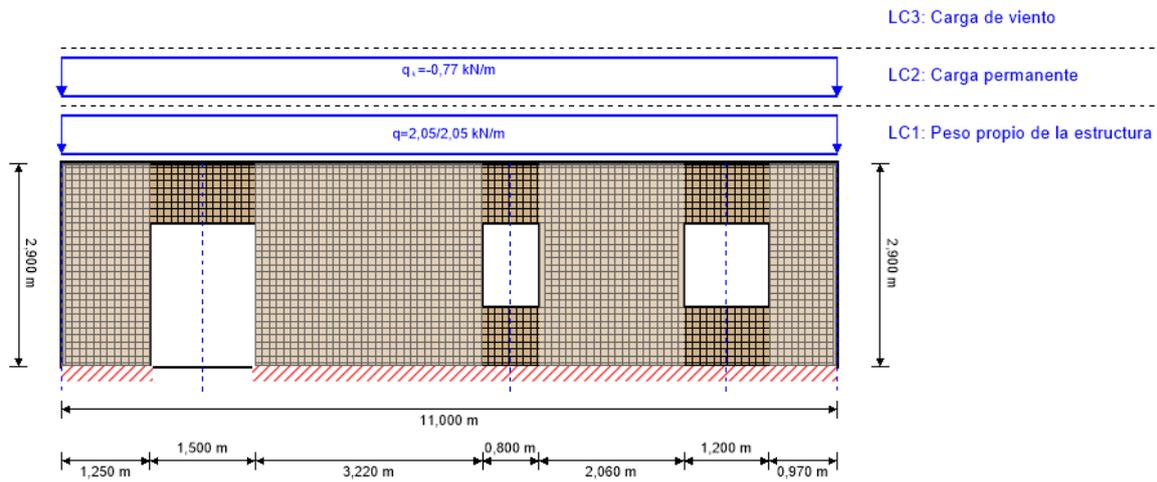
Stora Enso Wood Products GmbH no asume ninguna garantía con respecto al software. El programa ha sido desarrollado con la máxima diligencia, sin embargo Stora Enso Wood Products GmbH, ni explícita ni implícitamente, ofrece ninguna garantía en cuanto a la exactitud, validez, vigencia e integridad de los datos y la información proporcionados por el programa. Stora Enso Wood Products GmbH tampoco asume ninguna garantía en relación con el uso general del programa, su idoneidad para un propósito especial o de la compatibilidad del software con otros de terceros o proveedores.

Stora Enso Wood Products GmbH sólo es responsable de los daños causados por negligencia grave o dolo a través de Stora Enso Wood Products GmbH; la responsabilidad por negligencia leve queda excluida. Esto no se aplica a lesiones personales. Bajo las condiciones anteriormente mencionadas, Stora Enso Wood Products GmbH tampoco será responsable de fallos operativos o de la pérdida de programas y/o datos de sistema de procesamiento de datos del usuario.

Legislación aplicable: Estas condiciones de uso se regirán por la legislación de Austria excluyendo, sin embargo, cualquier conflicto legal y cualquier legislación relativa a la Convención de la Compraventa Internacional de Mercancías (CISG).



Sistema

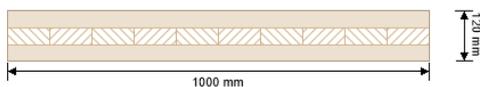


Índice de aprovechamiento total

83 %

ULS	83 %	ULS Fuego	!	SLS	1 %
-----	------	-----------	---	-----	-----

Sección: CLT 120 C3s



Capa	Espesor	Orientación	Material
1	40,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)
2	40,0 mm	90°	Pino Ponderosa (Río Negro)
3	40,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)
t _{CLT}	120,0 mm		

Valores del material

Material	f _{m,k}	f _{t,0,k}	f _{t,90,k}	f _{c,0,k}	f _{c,90,k}	f _{v,k}	f _{r,k min}	E _{0,mean}	G _{mean}	G _{r,mean}
	[N/mm ²]									
Pino Ponderosa (Río Negro)	18,40	10,36	0,40	18,44	2,25	3,44	1,53	5.168,00	323,00	32,30

carga

Combinaciones de cargas

	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ _{inf}	γ _{sup}	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
LC1	Peso propio de la estructura	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1
LC2	Carga permanente	G	Permanente	0,6	0,8	1,35	1	1	1
LC3	Carga de viento	Q	Corta duración	0,9	0	1,5	0,6	0,2	0



LC1: Peso propio de la estructura

Carga trapezoidal			
Distancia desde el punto inicial	$q_{k,a}$	Carga al final	Longitud de la carga
[m]	[kN/m]		[m]
0,000	2,0532	2,05	11,000

LC2: Carga permanente

Carga uniformemente distribuida
q_k
[kN/m]
-0,766

LC3: Carga de viento

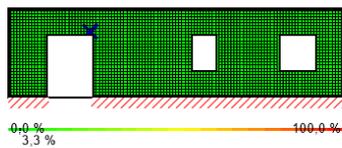
Carga fuera del plano		
Carga al principio	Dirección	La carga cubre aberturas
0,67	Local	✓

ULS Combinaciones

	Regla de combinación
LCO1	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2$
LCO2	$1,35/0,80 * LC1 + 1,35/0,80 * LC2 + 1,50/0,00 * LC3$

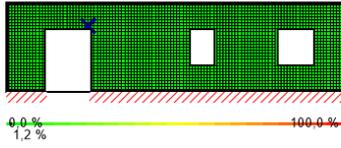
Comprobación en estado límite último (ELU) - Resultados

Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección neta



LCO1							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{tP,Netto,k}$	Q	$T_{tP,Net,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
2447	2,65	2,15	0,6	3,51	-0,22	0,06	3 %

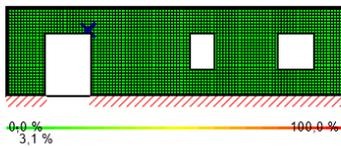
Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección bruta



LCO1

Id	X	Z	k_{mod}	f	Q	τ	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	$f_{v,IP,Brutto,k}$	[kN]	$\tau_{IP,Gross,d}$	[%]
2447	2,65	2,15	0,6	3,15	-0,22	0,02	1 %

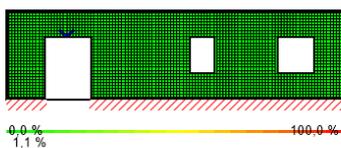
Índice de aprovechamiento de esfuerzo de cortante de torsión en la cara de las superficies encoladas



LCO1

Id	X	Z	k_{mod}	f	Q	τ	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	$f_{v,IP,T,k}$	[kN]	$\tau_{TT,Node,d}$	[%]
2447	2,65	2,15	0,6	2,25	-0,22	0,03	3 %

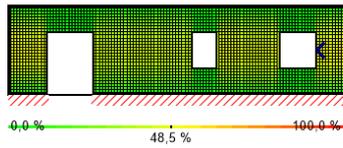
tasa de utilización de la fuerza axial horizontal



LCO1

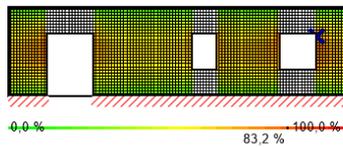
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{t,0,d}$	$N_{h,max}$	$\sigma_{h,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
2330	1,95	2,05	0,6	4,97	0,46	0,06	1 %

tasa de utilización de la fuerza axial vertical



LCO2							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{c,0,d}$	$N_{v,max}$	$\sigma_{v,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
1751	10,05	1,45	0,9	13,28	-0,51	-0,13	48 %

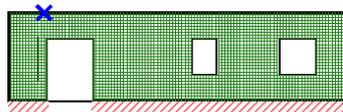
índice de aprovechamiento de pandeo



LCO2											
Id	X	Z	l_k	λ_y	β_c	$k_{c,y}$	$f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	Índice	
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]	
2301	10,05	1,95	2,9	251	0,2	0,033	13,28	-0,18	5,66	83 %	

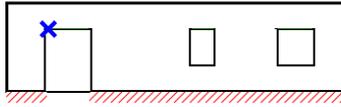
Comprobación en estado límite de servicio (ELS) - Resultados

deformación horizontal



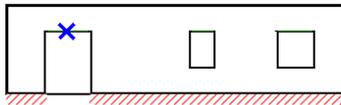
LCO1						
Id	X	Z	w_{limit}	Límite	$V_{h,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
3312	1,15	2,9	9,7	L/300 = 9,7	0,0052	0,1 %

$w_{inst} = w[char,inst]$



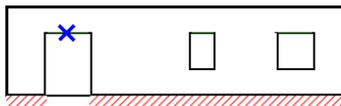
LCO1									
Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice	
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]		
2324	1,35	2,05	0,8	1,5	1/350	4,3	0,0	0 %	

$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$



Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice	
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]		
2330	1,95	2,05	0,8	1,5	1/500	3,0	0,0	1 %	

$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$



Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice	
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[m]	[mm]		
2330	1,95	2,05	0,8	1,5	L/300	5,0	0,0	0 %	

Reacción en apoyo

Reacción horizontal en apoyo min/max	
Reacción vertical en apoyo min/max	
Momento en apoyo min/max	

Documentos de referencia para el cálculo	
Título en inglés	Descripción
EN 338	Madera estructural - Clases resistentes. EN 338
EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera - Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
Expertise Rolling shear - no edge gluing, H.J. Blass	Certificación en cortante de rodadura para CLT
EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Technical expertise 122/2011/02: analysis of load bearing capacity and separation performance of CLT elements	Comprobación de la capacidad de las vigas y de los criterios de aislamiento en estructuras de CLT con CLT de Stora Enso.
Technical expertise 2434/2012 - BB: failure time t_f of gypsum fire boards (GKF) according to ON B 3410	Certificación de resistencia de tableros de yeso para protección al incendio según ON B3410 y tableros de yeso para paredes tipo DF según EN 520
EN 1990	EN 1990 - Eurocódigo - Bases de cálculo de estructuras
CTE, DB, SE-M	CTE DB, SE-M Madera
UNE EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
UNE-EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Fire safety in timber buildings - technical guideline for Europe	Seguridad contra incendios en edificios en madera - Guía técnica para Europa; publicada por SP Technical Research Institute of Sweden
National specifications concerning ÖNORM EN 1995-1-2, national comments and national supplements, chapter 12	ÖNORM EN 1995-1-2 - Austria - Especificaciones nacionales sobre ÖNORM EN 1995-1-2, comentarios y suplementos nacionales, capítulo 12
Analysis of CLT wall elements, using a beam grid model - TU-Graz - focus_sts 113_1_SF_12	Análisis de paredes de CLT a cortante con modelos mallados de vigas - TU-Graz - focus_sts 113_1_SF_12
UNE EN 1995-1-2_NA	UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego - Aclaraciones nacionales según UNE EN 1995-1-2, comentarios nacionales y suplementos nacionales.
UNE EN 1995-1-1_NA	UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.



Documentos de referencia para el cálculo	
Título en inglés	Descripción
Expertise Rolling shear, H.J. Blass	Investigación sobre fuerza de cortante de rodadura y módulo de cortante de rodadura en paneles de CLT
Expertise shear in plane of CLT, H.J. Blass	Investigación - revisión de DIBt technical approval Z-9.1/599 - cortante en el plano del CLT

Exención de responsabilidad

El programa ha sido creado para ayudar a los ingenieros en su trabajo diario. Es un software de ingeniería que se ocupa de cuestiones complejas de cálculo estructural y análisis de acondicionamiento de edificaciones. Por lo tanto, este programa sólo podrá ser utilizado por ingenieros cualificados y experimentados, con un conocimiento profundo del diseño, cálculo estructural y acondicionamiento ambiental aplicado a estructuras de madera. El usuario del programa está obligado a revisar todos los datos de entrada, sin importar si éstos han sido introducidos por el usuario o han sido proporcionados por defecto por el programa, así como a comprobar la plausibilidad de todos los resultados.

La utilización de los resultados del programa no debe ser la base de cualquier hecho o decisión. Cualquier utilización de los resultados del programa está permitida únicamente si éstos han sido comprobados exhaustivamente y validados por un ingeniero o arquitecto especialista en estructuras y/o acondicionamiento higrotérmico de edificaciones. El usuario tiene la posibilidad de realizar impresiones desde el programa. No está permitida la modificación de ninguno de estos datos.

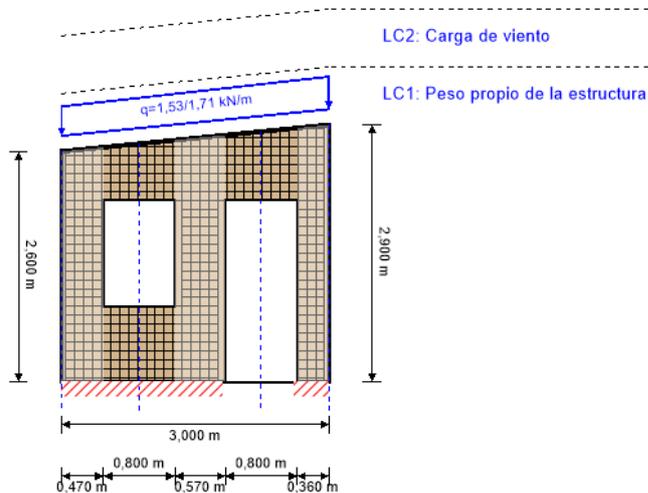
Stora Enso Wood Products GmbH no asume ninguna garantía con respecto al software. El programa ha sido desarrollado con la máxima diligencia, sin embargo Stora Enso Wood Products GmbH, ni explícita ni implícitamente, ofrece ninguna garantía en cuanto a la exactitud, validez, vigencia e integridad de los datos y la información proporcionados por el programa. Stora Enso Wood Products GmbH tampoco asume ninguna garantía en relación con el uso general del programa, su idoneidad para un propósito especial o de la compatibilidad del software con otros de terceros o proveedores.

Stora Enso Wood Products GmbH sólo es responsable de los daños causados por negligencia grave o dolo a través de Stora Enso Wood Products GmbH; la responsabilidad por negligencia leve queda excluida. Esto no se aplica a lesiones personales. Bajo las condiciones anteriormente mencionadas, Stora Enso Wood Products GmbH tampoco será responsable de fallos operativos o de la pérdida de programas y/o datos de sistema de procesamiento de datos del usuario.

Legislación aplicable: Estas condiciones de uso se regirán por la legislación de Austria excluyendo, sin embargo, cualquier conflicto legal y cualquier legislación relativa a la Convención de la Compraventa Internacional de Mercancías (CISG).



Sistema



Índice de aprovechamiento total				40 %
ULS	40 %	ULS Fuego	!	SLS 1 %

Sección: CLT 100 C5s					
	Capa	Espesor	Orientación	Material	
	1	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	2	20,0 mm	90°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	3	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	4	20,0 mm	90°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
	5	20,0 mm	0°	Pino Ponderosa (Río Negro)	
t_{CLT}	100,0 mm				

Valores del material										
Material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k \text{ min}}$	$E_{0,mean}$	G_{mean}	$G_{r,mean}$
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]						
Pino Ponderosa (Río Negro)	18,40	10,36	0,40	18,44	2,25	3,44	1,53	5.168,00	323,00	32,30

carga

Combinaciones de cargas										
	Tipo de caso de carga	Tipo	Duración	Kmod	γ_{inf}	γ_{sup}	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	
LC1	Peso propio de la estructura	G	Permanente	0,6	0,8		1,35	1	1	1
LC2	Carga de viento	Q	Corta duración	0,9	0		1,5	0,6	0,2	0



LC1: Peso propio de la estructura

Carga trapezoidal			
Distancia desde el punto inicial	$q_{k,a}$	Carga al final	Longitud de la carga
[m]	[kN/m]		[m]
0,000	1,534	1,71	3,000

LC2: Carga de viento

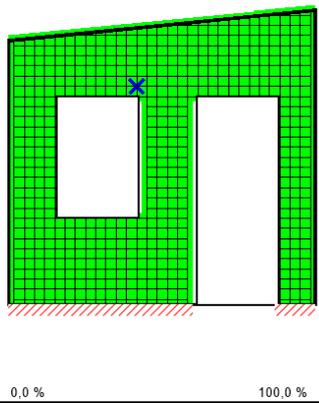
Carga fuera del plano		
Carga al principio	Dirección	La carga cubre aberturas
0,67	Local	✓

ULS Combinaciones

	Regla de combinación
LCO1	1,35/0,80 * LC1
LCO2	1,35/0,80 * LC1 + 1,50/0,00 * LC2

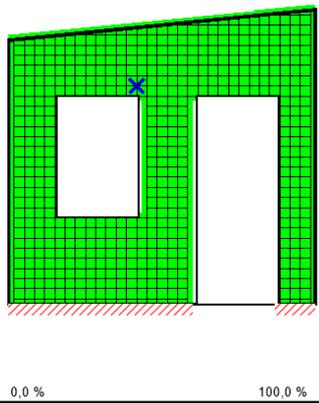
Comprobación en estado límite último (ELU) - Resultados

Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección neta



LCO1							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$\tau_{IP,Net,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
673	1,25	2,15	0,6	3,51	-0,16	0,04	2 %

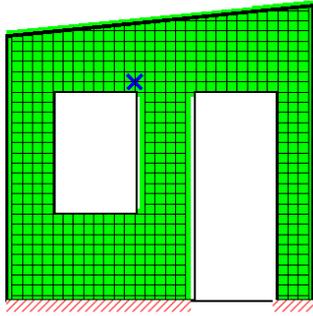
Índice de aprovechamiento del esfuerzo de cortante en el plano en la sección bruta



LCO1							
Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,Brutto,k}$	Q	$\tau_{IP,Gross,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
673	1,25	2,15	0,6	3,15	-0,16	0,02	1 %



Índice de aprovechamiento de esfuerzo de cortante de torsión en la cara de las superficies encoladas

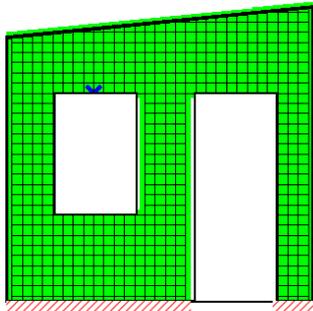


0,0 % 100,0 %

LCO1

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$T_{T,Node,d}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
673	1,25	2,15	0,6	2,25	-0,16	0,01	1 %

tasa de utilización de la fuerza axial horizontal

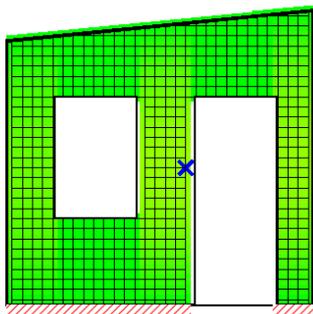


0,0 % 100,0 %

LCO1

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{t,0,d}$	$N_{h,max}$	$\sigma_{h,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
639	0,85	2,05	0,6	4,97	0,35	0,06	1 %

tasa de utilización de la fuerza axial vertical

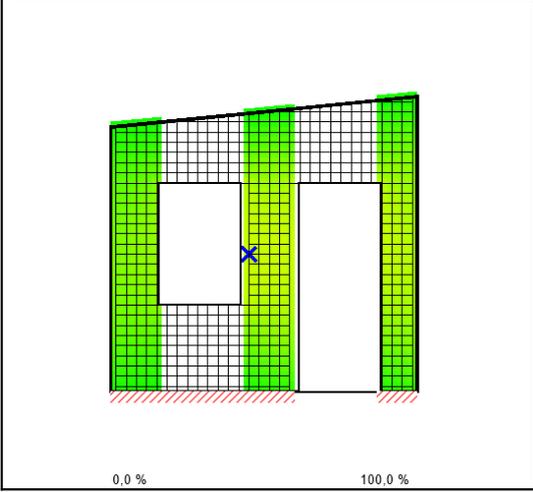


0,0 % 100,0 %

LCO2

Id	X	Z	k_{mod}	$f_{c,0,d}$	$N_{v,max}$	$\sigma_{v,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[%]
438	1,75	1,35	0,9	13,28	-0,53	-0,13	30 %

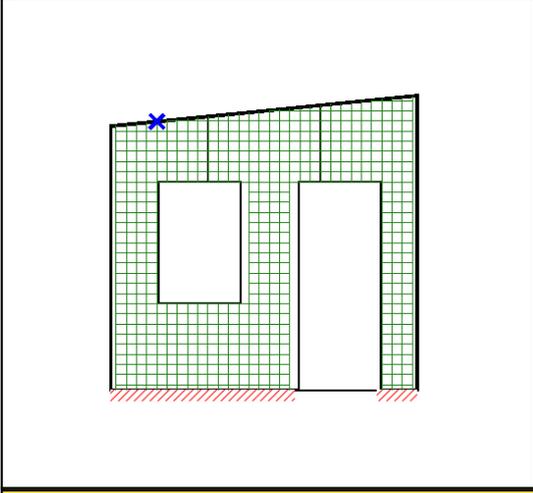
índice de aprovechamiento de pandeo



LCO2											
Id	X	Z	l_k	λ_y	β_c	$k_{c,y}$	$f_{c,0,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	Índice	
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]	
434	1,35	1,35	2,735	131	0,2	0,118	13,28	-	0,16	3,91	40 %

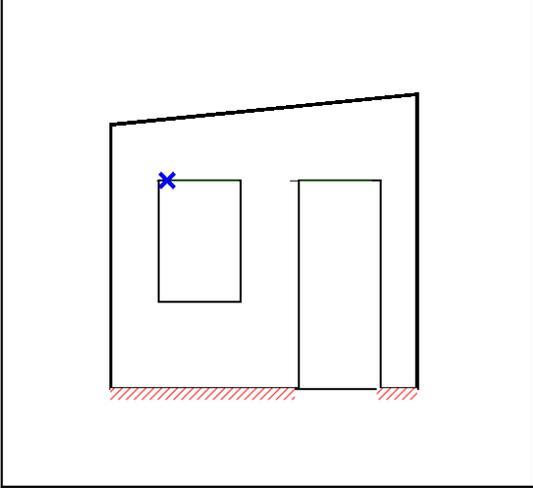
Comprobación en estado límite de servicio (ELS) - Resultados

deformación horizontal



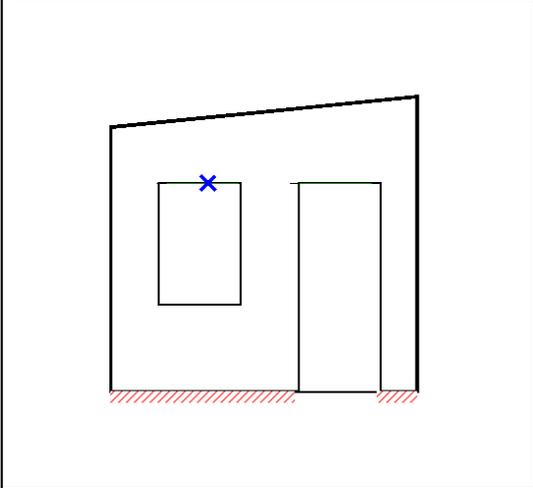
LCO1						
Id	X	Z	w_{limit}	Límite	$v_{h,max}$	Índice
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
604	0,45	2,645	8,8	L/300 = 8,8	0,0211	0,2 %

$w_{inst} = w[char,inst]$



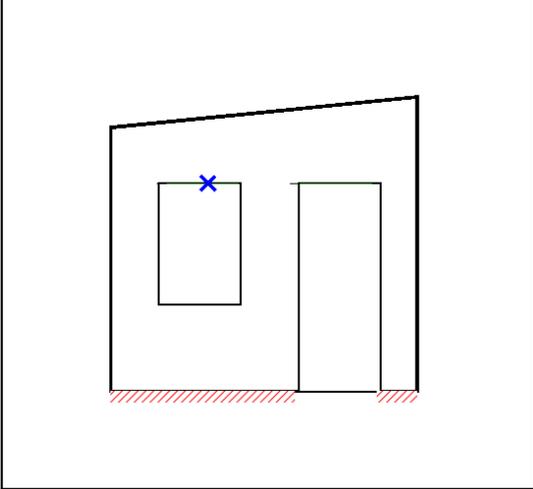
LCO1								
Id	X	Z	K_{def}	L_{ref}	Límite	w_{limit}	$w_{calc.}$	Índice
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]	
636	0,55	2,05	0,8	0,8	1/350	2,3	0,0	0 %

$w_{fin} = w[char,inst] + w[q.p.]*k_{def}$



Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[mm]	[mm]	
640	0,95	2,05	0,8	0,8	1/500	1,6	0,0	1 %

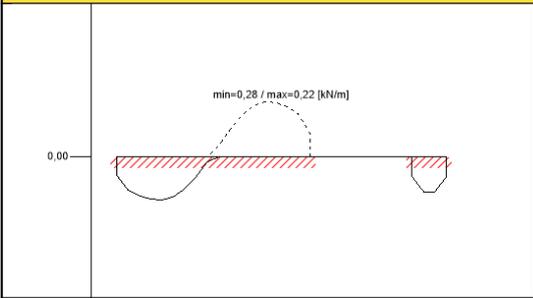
$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$



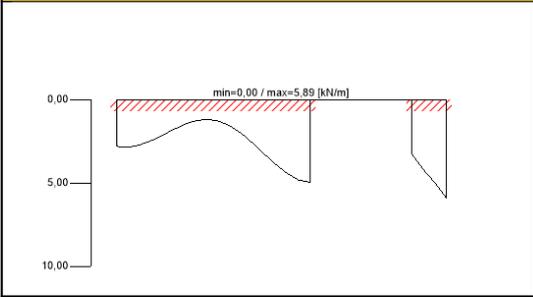
Id	X	Z	K _{def}	L _{ref}	Límite	w _{limit}	w _{calc.}	Índice
[-]	[m]	[m]		[m]	[-]	[m]	[mm]	
640	0,95	2,05	0,8	0,8	L/300	2,7	0,0	0 %

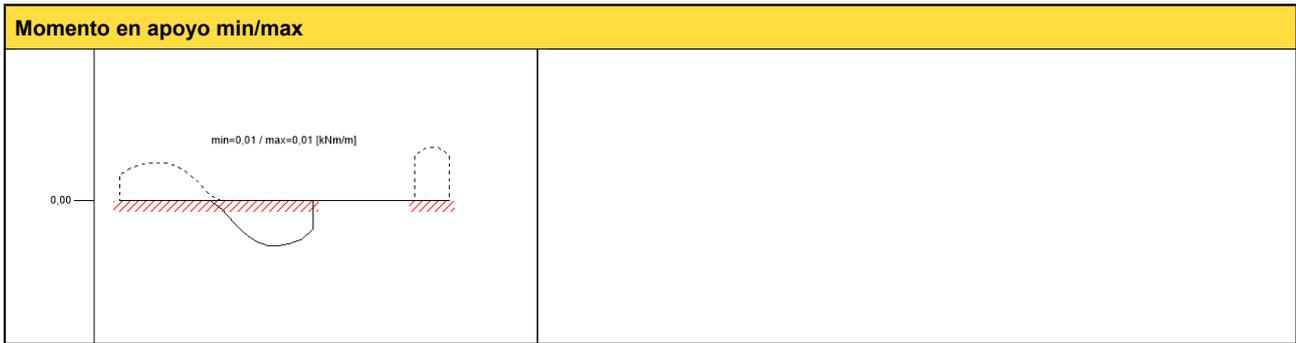
Reacción en apoyo

Reacción horizontal en apoyo min/max



Reacción vertical en apoyo min/max





Documentos de referencia para el cálculo

Título en inglés	Descripción
EN 338	Madera estructural - Clases resistentes. EN 338
EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera - Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
Expertise Rolling shear - no edge gluing, H.J. Blass EN 1995-1-2	Certificación en cortante de rodadura para CLT EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Technical expertise 122/2011/02: analysis of load bearing capacity and separation performance of CLT elements	Comprobación de la capacidad de las vigas y de los criterios de aislamiento en estructuras de CLT con CLT de Stora Enso.
Technical expertise 2434/2012 - BB: failure time t_f of gypsum fire boards (GKF) according to ON B 3410 EN 1990	Certificación de resistencia de tableros de yeso para protección al incendio según ON B3410 y tableros de yeso para paredes tipo DF según EN 520 EN 1990 - Eurocódigo - Bases de cálculo de estructuras
CTE, DB SE-M	CTE DB SE-M Madera
UNE EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
UNE-EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
Fire safety in timber buildings - technical guideline for Europe	Seguridad contra incendios en edificios en madera - Guía técnica para Europa; publicada por SP Technical Research Institute of Sweden
National specifications concerning ÖNORM EN 1995-1-2, national comments and national supplements, chapter 12	ÖNORM EN 1995-1-2 - Austria - Especificaciones nacionales sobre ÖNORM EN 1995-1-2, comentarios y suplementos nacionales, capítulo 12
Analysis of CLT wall elements, using a beam grid model - TU-Graz - focus sts 113_1_SF_12 UNE EN 1995-1-2_NA	Análisis de paredes de CLT a cortante con modelos mallados de vigas - TU-Graz - focus sts 113_1_SF_12 UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego - Aclaraciones nacionales según UNE EN 1995-1-2, comentarios nacionales y suplementos nacionales.
UNE EN 1995-1-1_NA	UNE EN 1995-1-2 - España -Anejo nacional al Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
Expertise Rolling shear, H.J. Blass	Investigación sobre fuerza de cortante de rodadura y módulo de cortante de rodadura en paneles de CLT
Expertise shear in plane of CLT, H.J. Blass	Investigación - revisión de DIBt technical approval Z-9.1/599 - cortante en el plano del CLT

Exención de responsabilidad

El programa ha sido creado para ayudar a los ingenieros en su trabajo diario. Es un software de ingeniería que se ocupa de cuestiones complejas de cálculo estructural y análisis de acondicionamiento de edificaciones. Por lo tanto, este programa sólo podrá ser utilizado por ingenieros cualificados y experimentados, con un conocimiento profundo del diseño, cálculo estructural y acondicionamiento ambiental aplicado a estructuras de madera. El usuario del programa está obligado a revisar todos los datos de entrada, sin importar si éstos han sido introducidos por el usuario o han sido proporcionados por defecto por el programa, así como a comprobar la plausibilidad de todos los resultados.

La utilización de los resultados del programa no debe ser la base de cualquier hecho o decisión. Cualquier utilización de los resultados del programa está permitida únicamente si éstos han sido comprobados exhaustivamente y validados por un ingeniero o arquitecto especialista en estructuras y/o acondicionamiento higrotérmico de edificaciones. El usuario tiene la posibilidad de realizar impresiones desde el programa. No está permitida la modificación de ninguno de estos datos.

Stora Enso Wood Products GmbH no asume ninguna garantía con respecto al software. El programa ha sido desarrollado con la máxima diligencia, sin embargo Stora Enso Wood Products GmbH, ni explícita ni implícitamente, ofrece ninguna garantía en cuanto a la exactitud, validez, vigencia e integridad de los datos y la información proporcionados por el programa. Stora Enso Wood Products GmbH tampoco asume ninguna garantía en relación con el uso general del programa, su idoneidad para un propósito especial o de la compatibilidad del software con otros de terceros o proveedores.

Stora Enso Wood Products GmbH sólo es responsable de los daños causados por negligencia grave o dolo a través de Stora Enso Wood Products GmbH; la responsabilidad por negligencia leve queda excluida. Esto no se aplica a lesiones personales. Bajo las condiciones anteriormente mencionadas, Stora Enso Wood Products GmbH tampoco será responsable de fallos operativos o de la pérdida de programas y/o datos de sistema de procesamiento de datos del usuario.

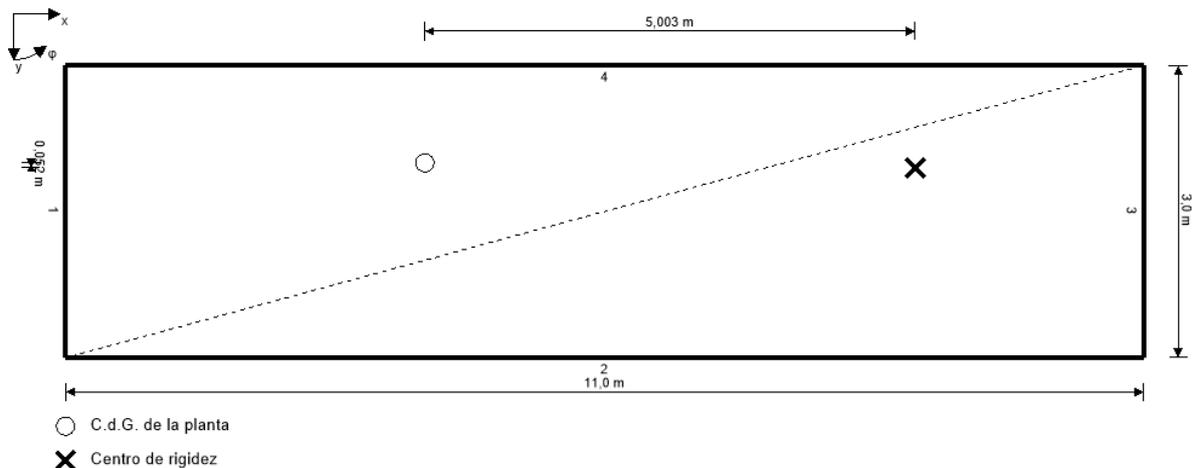
Legislación aplicable: Estas condiciones de uso se regirán por la legislación de Austria excluyendo, sin embargo, cualquier conflicto legal y cualquier legislación relativa a la Convención de la Compraventa Internacional de Mercancías (CISG).



14.

ANEXO C

Sistema



Resultados			
	X	Y	
Dimensión máxima de la planta	11,000	3,000	[m]
C.d.G. de la planta	3,667	1,000	[m]
Centro de rigidez	8,670	1,052	[m]
e_{neto}	5,003	0,052	[m]
Δe	0,550	0,150	[m]
$e = e_{\text{neto}} + \Delta e$	5,553	0,202	[m]
Centro de rigidez bruto	9,220	1,602	[m]
$\Sigma \text{Rigidez}$	208856,700	30839,850	[kN/m]
$\Sigma \text{Rigidez} * d^2$	491140,600	632413,100	[kNm]
T	13,696	376,986	[kNm]

Fx y Fy combinados									
Pos	Nombre	Anchura	centro _x	centro _y	R	R _x	R _y	d _x	d _y
		[m]	[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[m]	[m]
1	Pared LH - Frente	3	0,000	1,500	6533,660	0,000	6533,660	9,220	0,102
2	Pared LH - Viento	11	5,500	3,000	73221,350	73221,350	0,003	3,720	1,398
3	Pared LH - Frente (Opuesta)	3	11,000	1,500	24306,180	0,000	24306,180	1,780	0,102
4	Pared LH - Lateral opuesta	11	5,500	0,000	135635,300	135635,300	0,006	3,720	1,602

Fx y Fy combinados					
Pos	Nombre	F _{x,i}	F _{y,i}	f _i	f _i
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN/m]
1	Pared LH - Frente	0,000	51,596	51,596	17,199
2	Pared LH - Viento	105,242	0,000	105,242	9,567
3	Pared LH - Frente (Opuesta)	0,000	80,241	80,241	26,747
4	Pared LH - Lateral opuesta	216,905	0,000	216,905	19,719

Documentos de referencia para el cálculo	
Título en inglés	Descripción
EN 1998-1	EN 1998-1 - Eurocódigo 8: Proyecto de estructuras sismorresistentes – Parte 1: Reglas generales, acciones sísmicas y reglas para edificación
Reinforced Masonry Engineering Handbook	Reinforced Masonry Engineering Handbook, 5th edition; James E. Amrhein; MIA - Masonry Institute of America



15.

ANEXO D

MH San Salv Jujuy - Enero

Außenwand
erstellt am 24.11.2021

Wärmeschutz

$U = 0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

GEG 2020 Bestand*: $U < 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



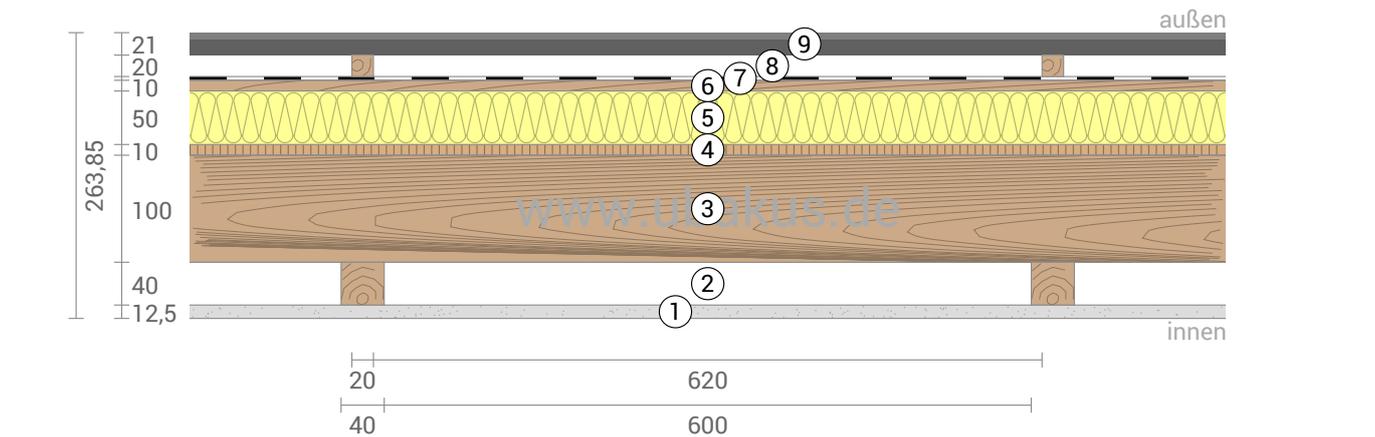
Feuchteschutz

Feuchtegehalt Holz: +1,1%
Trocknet 17 Tage
Tauwasser: 69 g/m²



Hitzeschutz

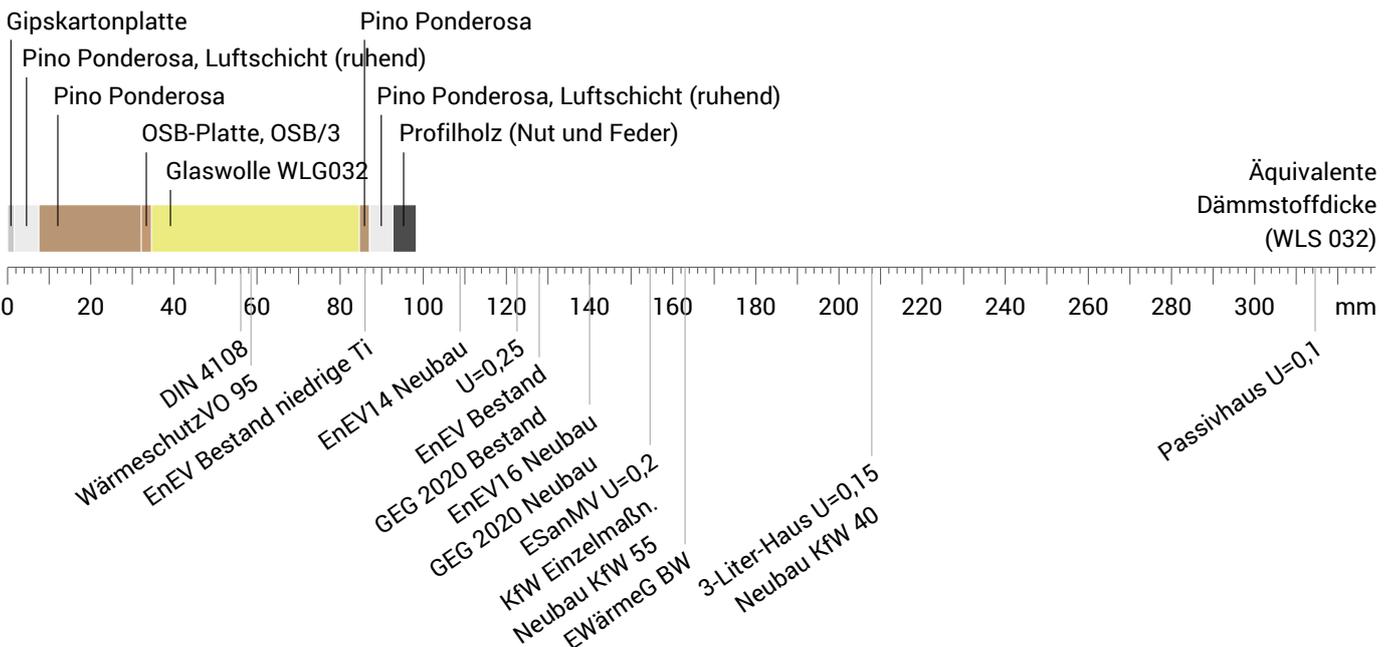
Temperaturamplitudendämpfung: 12
Phasenverschiebung: 9,3 h
Wärmekapazität innen: 53 kJ/m²K



- ① Gipskartonplatte (12,5 mm)
- ② Luftschicht (40 mm)
- ③ Pino Ponderosa (100 mm)
- ④ OSB-Platte, OSB/3 (10 mm)
- ⑤ Glaswolle WLG032 (50 mm)
- ⑥ Pino Ponderosa (10 mm)
- ⑦ OMEGA WD Winddichtung
- ⑧ Luftschicht (20 mm)
- ⑨ Profilholz (21 mm)

Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,032 W/mK.



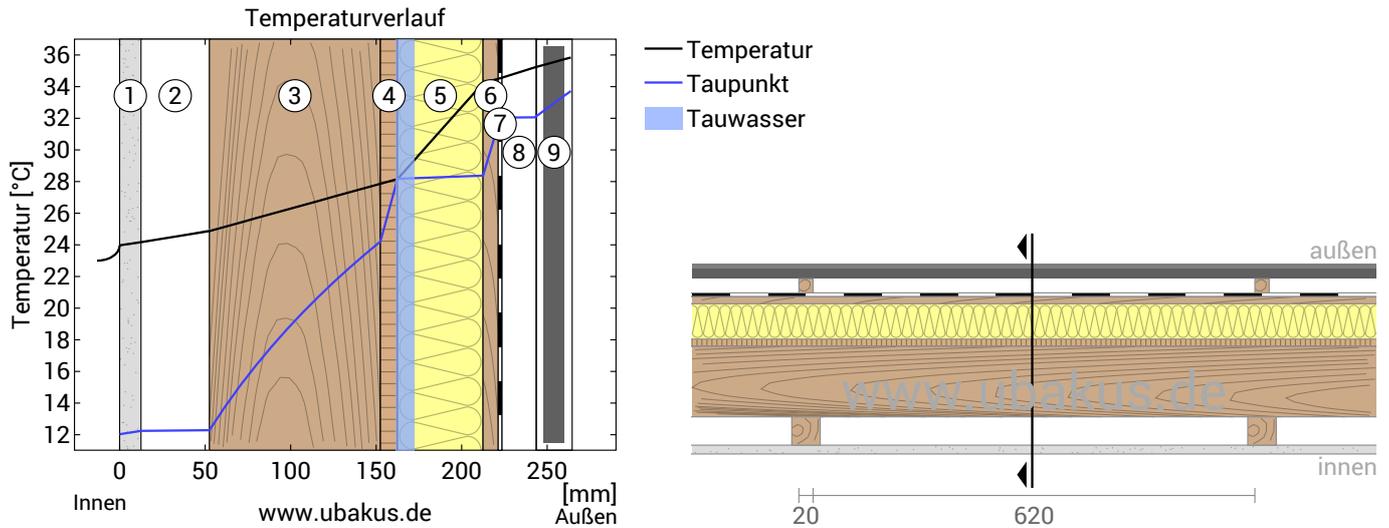
Raumluft: 23,0°C / 50%
Außenluft: 36,0°C / 88%
Oberflächentemp.: 23,9°C / 35,8°C

sd-Wert: 9,3 m

Dicke: 26,4 cm
Gewicht: 60 kg/m²
Wärmekapazität: 85 kJ/m²K

MH San Salv Jujuy - Enero, $U=0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Temperaturverlauf



- | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ④ OSB-Platte, OSB/3 (10 mm) | ⑦ OMEGA WD Winddichtung |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (50 mm) | ⑧ Luftschicht (20 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (100 mm) | ⑥ Pino Ponderosa (10 mm) | ⑨ Profilholz (21 mm) |

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
Wärmeübergangswiderstand*				23,0	24,0	
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,250	0,050	23,9	24,2	8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,222	0,180	24,1	24,9	0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	0,130	0,308	24,1	25,0	0,8
3	10 cm Pino Ponderosa	0,130	0,769	24,9	27,9	32,1
4	1 cm OSB-Platte, OSB/3	0,130	0,077	27,9	28,2	6,0
5	5 cm Glaswolle WLG032	0,032	1,563	28,2	34,3	1,5
6	1 cm Pino Ponderosa	0,130	0,077	34,2	34,6	3,2
7	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,500	0,001	34,5	34,6	0,1
8	2 cm Luftschicht (ruhend)	0,114	0,175	34,5	35,2	0,0
	2 cm Pino Ponderosa (3,1%)	0,130	0,154	34,6	35,2	0,2
9	2,1 cm Profilholz (Nut und Feder)	0,130	0,162	35,2	35,8	7,4
Wärmeübergangswiderstand*				35,8	36,0	
26,385 cm Gesamtes Bauteil			3,228			59,8

*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden $R_{si}=0,25$ und $R_{se}=0,04$ gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 23,9°C 24,0°C 24,0°C
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): 35,8°C 35,8°C 35,8°C

MH San Salv Jujuy - Enero, $U=0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt: innen: 23°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: 36°C und 88% Luftfeuchtigkeit (Klima gemäß Benutzereingabe).

Unter den angenommenen Klimabedingungen fallen innerhalb von 90 Tagen 0,069 kg Tauwasser an.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser		Gewicht [kg/m ²]
			[kg/m ²]	[Gew.-%]	
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,05	-		8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-		0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	1,60	-	-	0,8
3	10 cm Pino Ponderosa	4,00	-	-	32,1
4	1 cm OSB-Platte, OSB/3	2,00	0,069	1,1	6,0
5	5 cm Glaswolle WLG032	0,10	0,069		1,5
6	1 cm Pino Ponderosa	2,00	-	-	3,2
7	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,02	-		0,1
8	2 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-		0,0
	2 cm Pino Ponderosa (3,1%)	4,00	-	-	0,2
9	2,1 cm Profilholz (Nut und Feder)	1,05	-		7,4
26,385 cm Gesamtes Bauteil		9,35	0,069		59,8

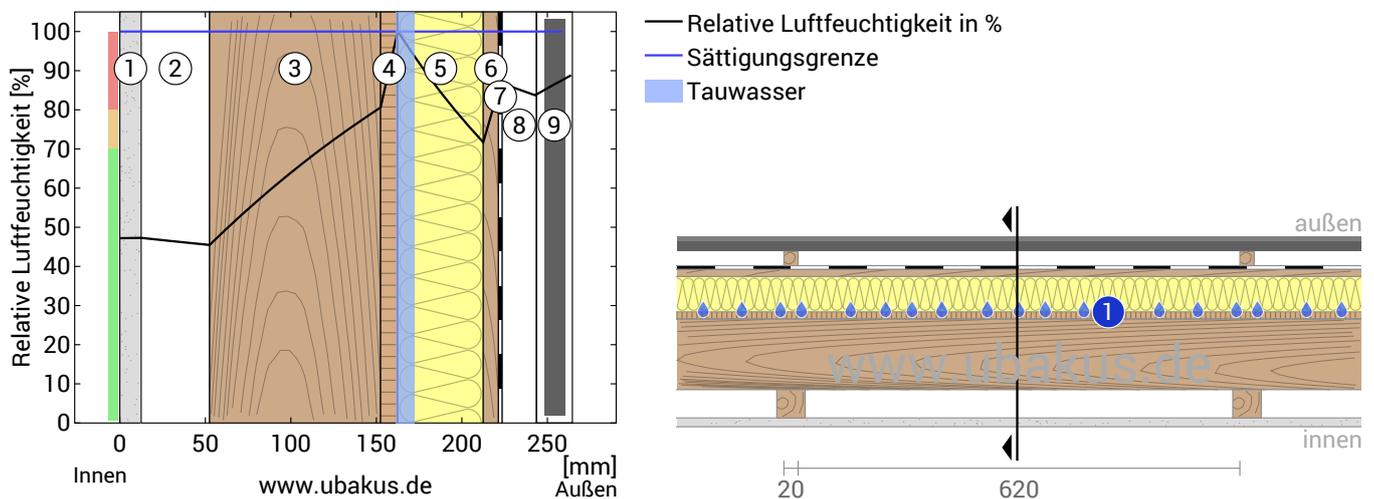
Tauwasserebenen

- ① Tauwasser: 0,069 kg/m² Betroffene Schichten: Glaswolle WLG032, OSB-Platte, OSB/3

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 23,0 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 47% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



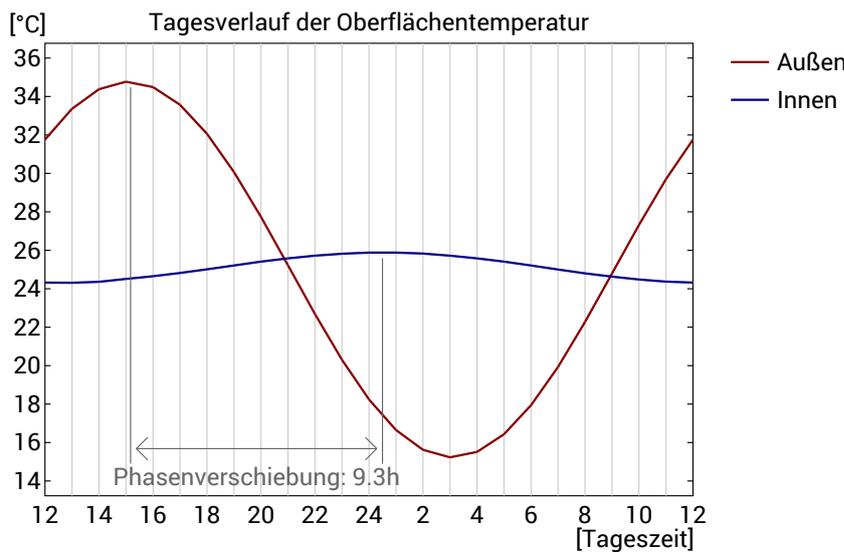
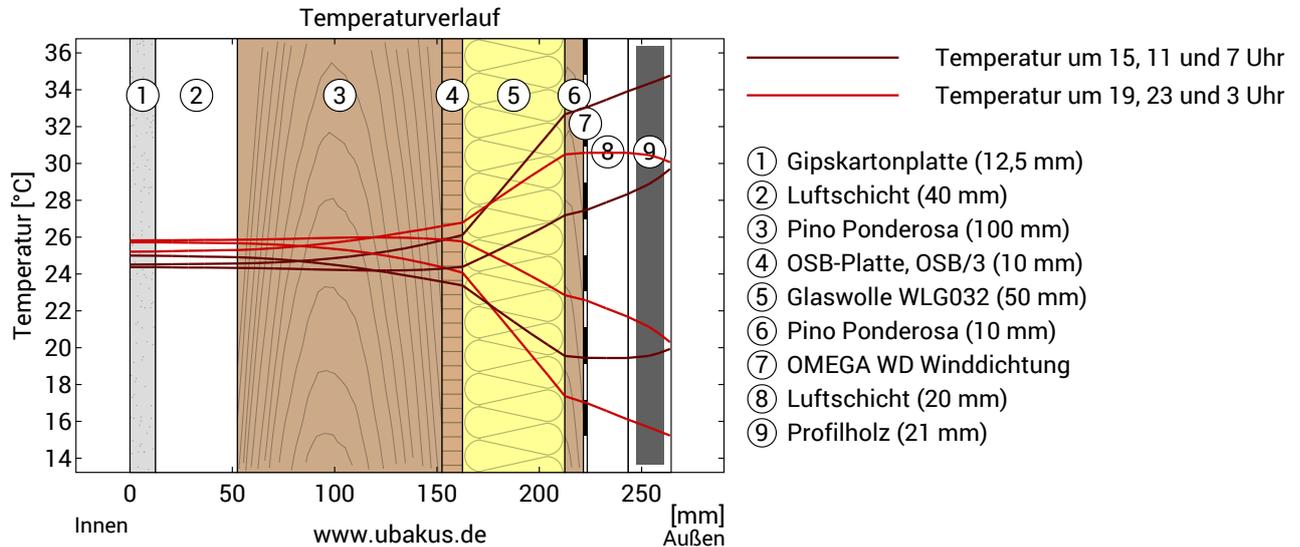
- | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ④ OSB-Platte, OSB/3 (10 mm) | ⑦ OMEGA WD Winddichtung |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (50 mm) | ⑧ Luftschicht (20 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (100 mm) | ⑥ Pino Ponderosa (10 mm) | ⑨ Profilholz (21 mm) |

Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

MH San Salv Jujuy - Enero, $U=0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



Obere Abbildung: Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

Untere Abbildung: Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	9,3 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	85 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	12,4	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	53 kJ/m ² K
TAV***	0,081		

* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.

** Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.

*** Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: $TAV = 1/\text{Amplitudendämpfung}$

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

MH San Salv Jujuy - Julio

Außenwand
erstellt am 24.11.2021

Wärmeschutz

$U = 0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

GEG 2020 Bestand*: $U < 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



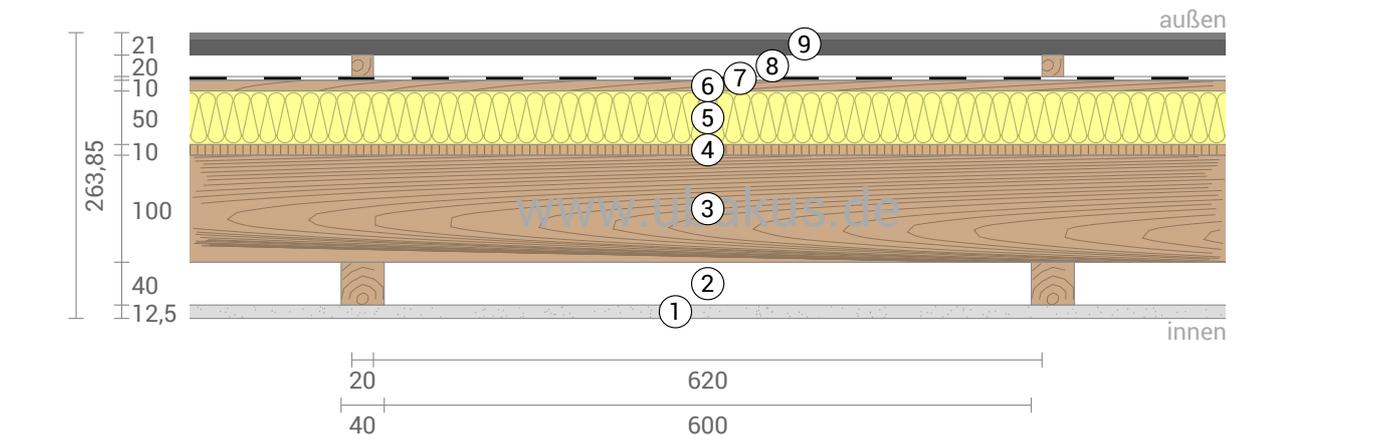
Feuchteschutz

Kein Tauwasser



Hitzeschutz

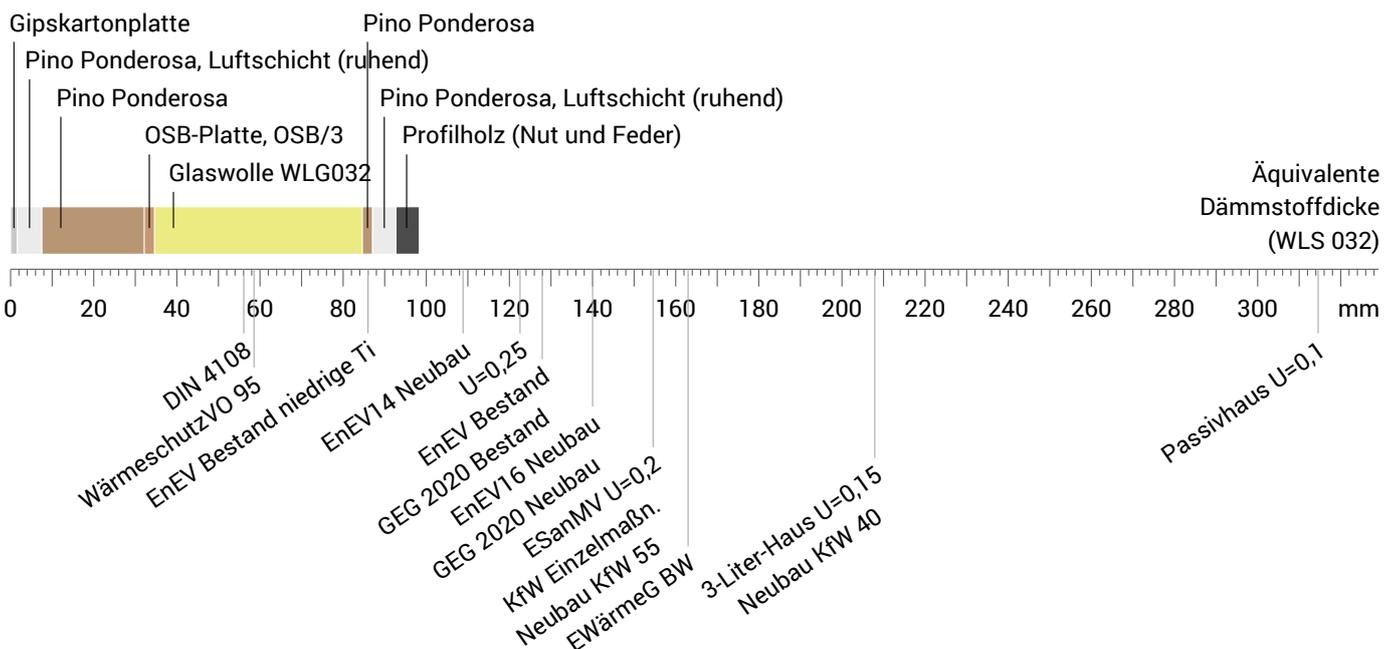
Temperaturamplitudendämpfung: 12
Phasenverschiebung: 9,3 h
Wärmekapazität innen: 53 kJ/m²K



- | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ④ OSB-Platte, OSB/3 (10 mm) | ⑦ OMEGA WD Winddichtung |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (50 mm) | ⑧ Luftschicht (20 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (100 mm) | ⑥ Pino Ponderosa (10 mm) | ⑨ Profilholz (21 mm) |

Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,032 W/mK.



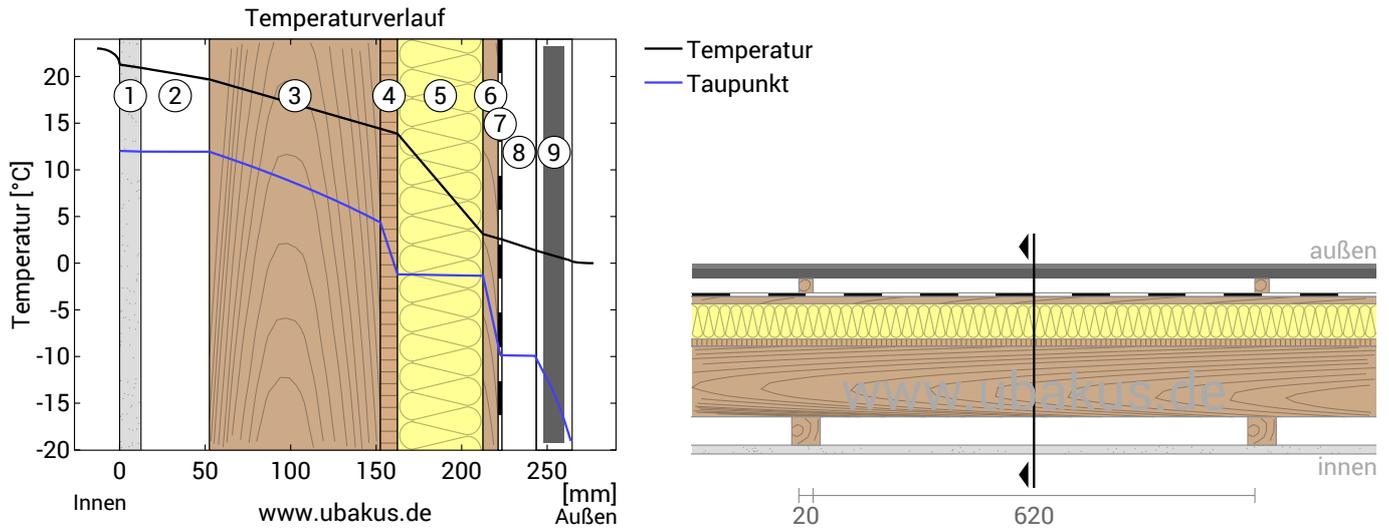
Raumluft: 23,0°C / 50%
Außenluft: 0,0°C / 18,5%
Oberflächentemp.: 21,3°C / 0,3°C

sd-Wert: 9,3 m

Dicke: 26,4 cm
Gewicht: 60 kg/m²
Wärmekapazität: 85 kJ/m²K

MH San Salv Jujuy - Julio, $U=0,31 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Temperaturverlauf



- | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ④ OSB-Platte, OSB/3 (10 mm) | ⑦ OMEGA WD Winddichtung |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (50 mm) | ⑧ Luftschicht (20 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (100 mm) | ⑥ Pino Ponderosa (10 mm) | ⑨ Profilholz (21 mm) |

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
Wärmeübergangswiderstand*						
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,250	0,050	20,9	21,4	8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,222	0,180	19,6	21,0	0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	0,130	0,308	19,4	21,1	0,8
3	10 cm Pino Ponderosa	0,130	0,769	14,3	19,7	32,1
4	1 cm OSB-Platte, OSB/3	0,130	0,077	13,8	14,4	6,0
5	5 cm Glaswolle WLG032	0,032	1,563	3,1	13,9	1,5
6	1 cm Pino Ponderosa	0,130	0,077	2,5	3,1	3,2
7	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,500	0,001	2,5	2,6	0,1
8	2 cm Luftschicht (ruhend)	0,114	0,175	1,4	2,6	0,0
	2 cm Pino Ponderosa (3,1%)	0,130	0,154	1,4	2,5	0,2
9	2,1 cm Profilholz (Nut und Feder)	0,130	0,162	0,3	1,4	7,4
Wärmeübergangswiderstand*						
26,385 cm Gesamtes Bauteil			3,228	0,0	0,3	59,8

*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden $R_{si}=0,25$ und $R_{se}=0,04$ gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 21,3°C 21,3°C 21,4°C
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): 0,3°C 0,3°C 0,3°C

MH San Salv Jujuy - Julio, $U=0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:
 innen: 23°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: 0°C und 18.5% Luftfeuchtigkeit (Klima gemäß Benutzereingabe).

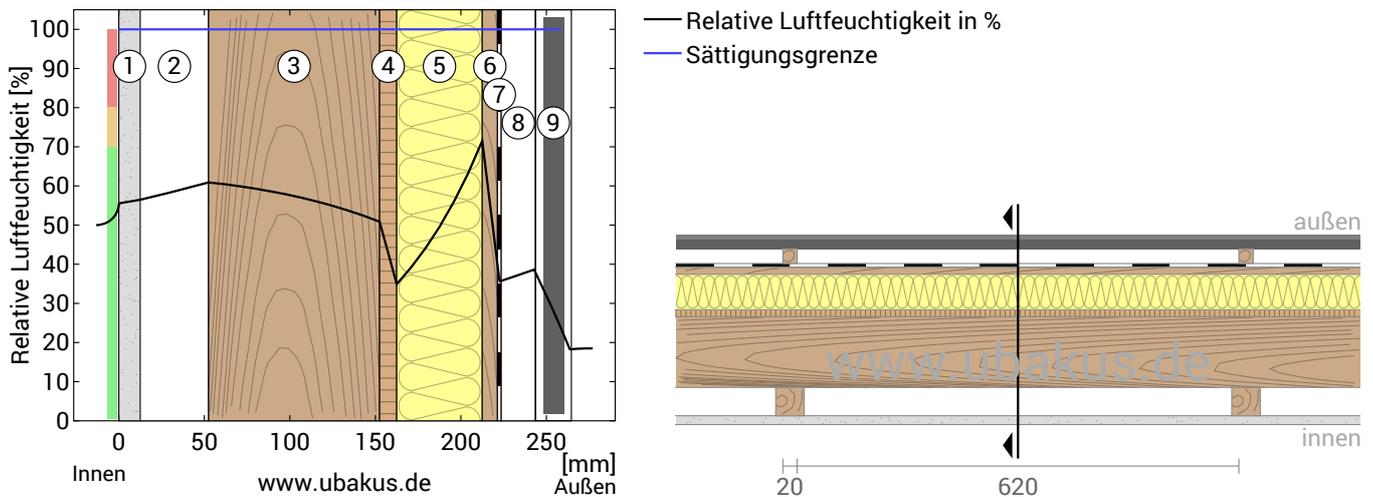
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²]	Tauwasser [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,05	-		8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-		0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	1,60	-	-	0,8
3	10 cm Pino Ponderosa	4,00	-	-	32,1
4	1 cm OSB-Platte, OSB/3	2,00	-	-	6,0
5	5 cm Glaswolle WLG032	0,05	-	-	1,5
6	1 cm Pino Ponderosa	2,00	-	-	3,2
7	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,02	-	-	0,1
8	2 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	-	0,0
	2 cm Pino Ponderosa (3,1%)	4,00	-	-	0,2
9	2,1 cm Profilholz (Nut und Feder)	1,05	-	-	7,4
	26,385 cm Gesamtes Bauteil	9,30			59,8

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 21,3 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



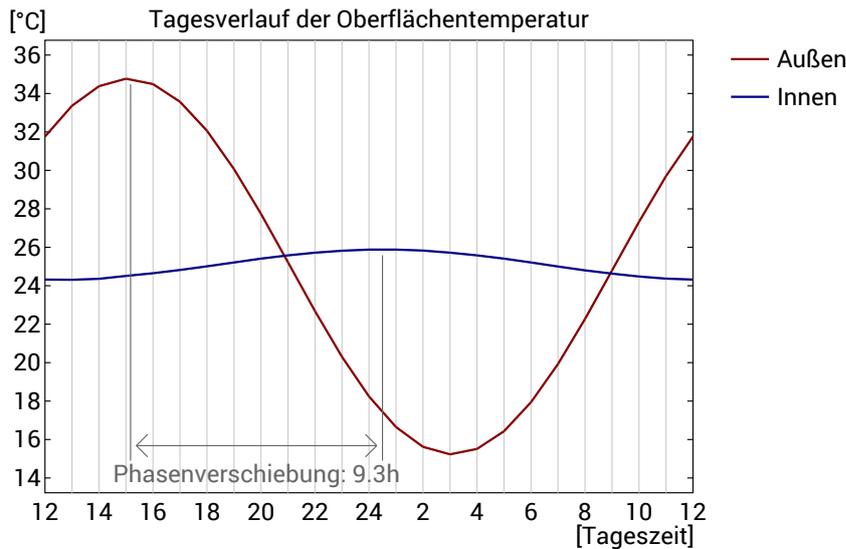
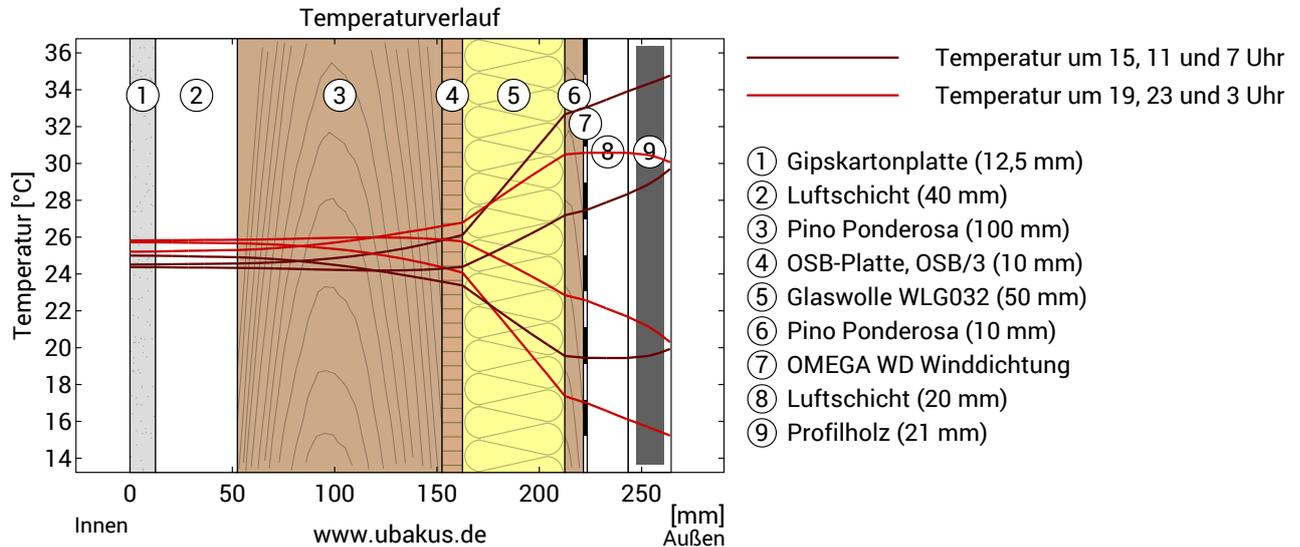
- | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ④ OSB-Platte, OSB/3 (10 mm) | ⑦ OMEGA WD Winddichtung |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (50 mm) | ⑧ Luftschicht (20 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (100 mm) | ⑥ Pino Ponderosa (10 mm) | ⑨ Profilholz (21 mm) |

Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

MH San Salv Jujuy - Julio, $U=0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



Obere Abbildung: Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

Untere Abbildung: Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	9,3 h	Wärmespeicherkapazität (gesamtes Bauteil):	85 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	12,4	Wärmespeicherkapazität der inneren Schichten:	53 kJ/m ² K
TAV***	0,081		

* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.

** Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.

*** Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: $TAV = 1/\text{Amplitudendämpfung}$

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

MH Buenos Aires - Enero

Außenwand
erstellt am 24.11.2021

Wärmeschutz

$U = 0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

GEG 2020 Bestand*: $U < 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



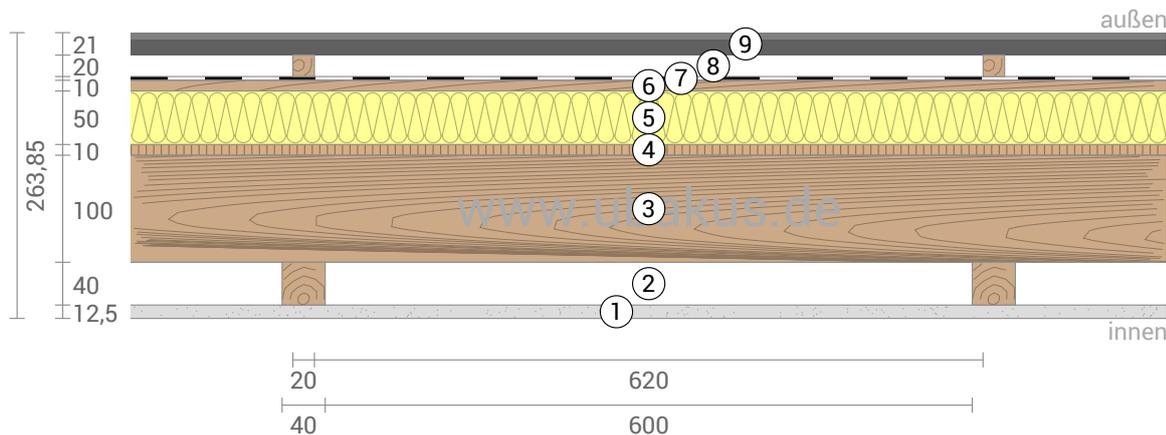
Feuchteschutz

Kein Tauwasser



Hitzeschutz

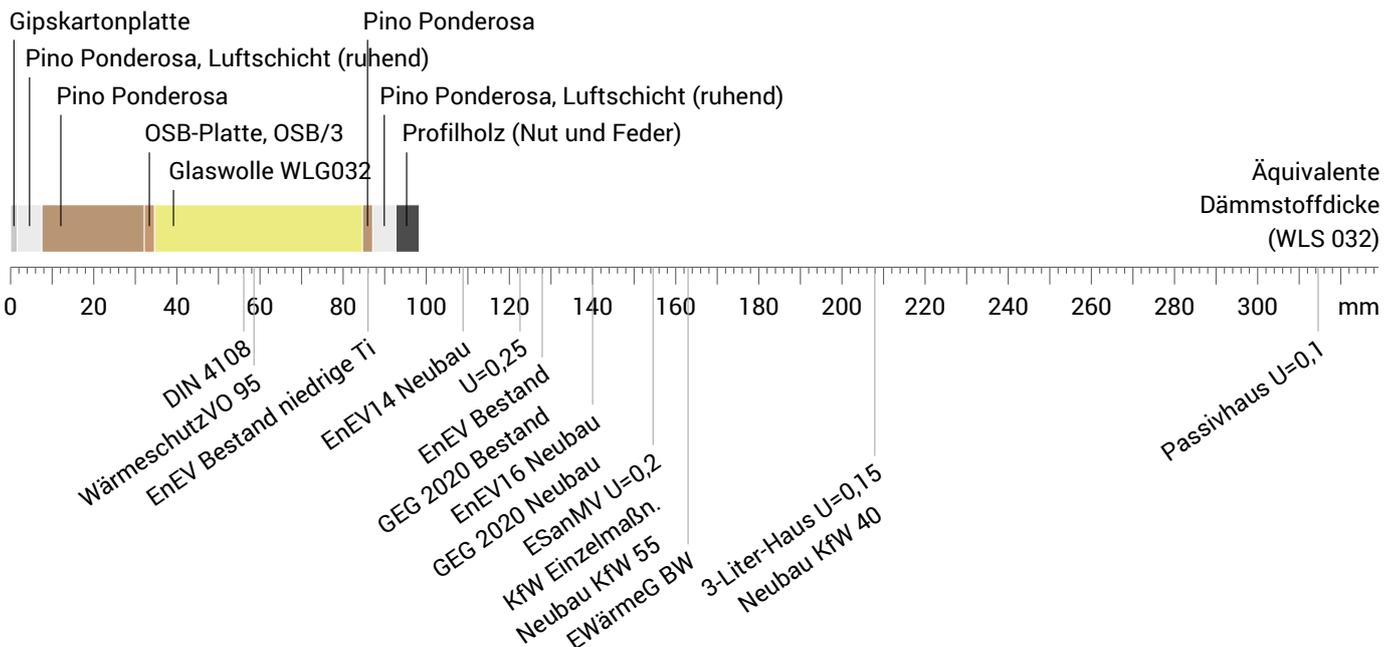
Temperaturamplitudendämpfung: 12
Phasenverschiebung: 9,3 h
Wärmekapazität innen: 53 kJ/m²K



- ① Gipskartonplatte (12,5 mm)
- ② Luftschicht (40 mm)
- ③ Pino Ponderosa (100 mm)
- ④ OSB-Platte, OSB/3 (10 mm)
- ⑤ Glaswolle WLG032 (50 mm)
- ⑥ Pino Ponderosa (10 mm)
- ⑦ OMEGA WD Winddichtung
- ⑧ Luftschicht (20 mm)
- ⑨ Profilholz (21 mm)

Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,032 W/mK.



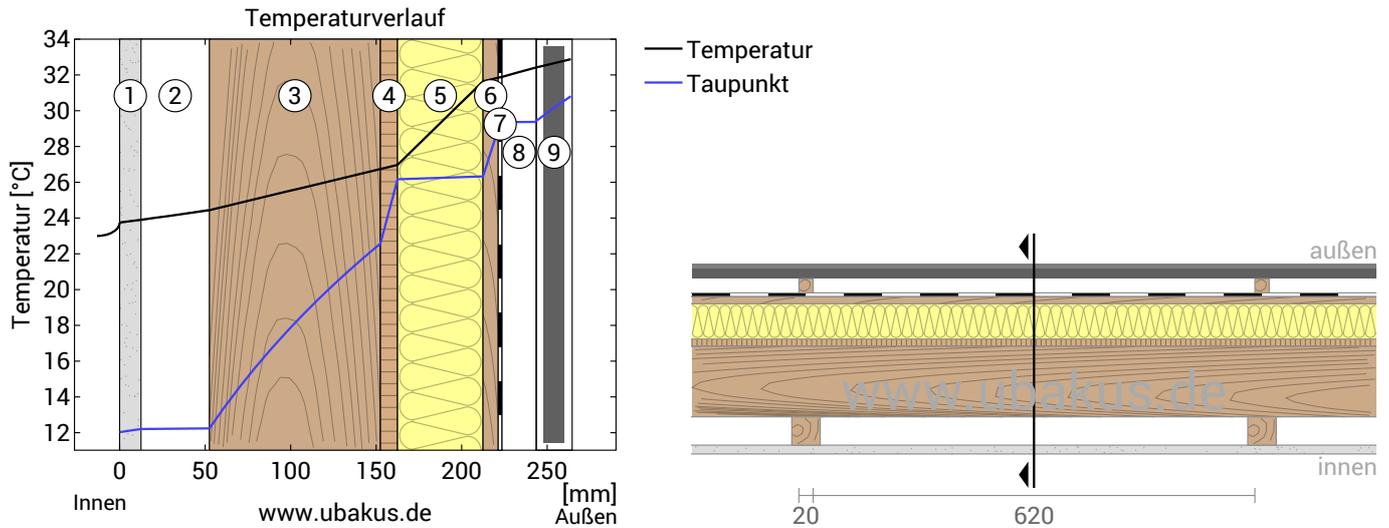
Raumluft: 23,0°C / 50%
Außenluft: 33,0°C / 88,2%
Oberflächentemp.: 23,7°C / 32,9°C

sd-Wert: 9,3 m

Dicke: 26,4 cm
Gewicht: 60 kg/m²
Wärmekapazität: 85 kJ/m²K

MH Buenos Aires - Enero, $U=0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Temperaturverlauf



- | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ④ OSB-Platte, OSB/3 (10 mm) | ⑦ OMEGA WD Winddichtung |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (50 mm) | ⑧ Luftschicht (20 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (100 mm) | ⑥ Pino Ponderosa (10 mm) | ⑨ Profilholz (21 mm) |

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m ²]	
				min	max		
Wärmeübergangswiderstand*				0,130	23,0	23,8	
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,250	0,050	23,7	23,9	8,5	
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,222	0,180	23,9	24,5	0,0	
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	0,130	0,308	23,8	24,5	0,8	
3	10 cm Pino Ponderosa	0,130	0,769	24,4	26,8	32,1	
4	1 cm OSB-Platte, OSB/3	0,130	0,077	26,7	27,0	6,0	
5	5 cm Glaswolle WLG032	0,032	1,563	27,0	31,7	1,5	
6	1 cm Pino Ponderosa	0,130	0,077	31,6	31,9	3,2	
7	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,500	0,001	31,9	31,9	0,1	
8	2 cm Luftschicht (ruhend)	0,114	0,175	31,9	32,4	0,0	
	2 cm Pino Ponderosa (3,1%)	0,130	0,154	31,9	32,4	0,2	
9	2,1 cm Profilholz (Nut und Feder)	0,130	0,162	32,4	32,9	7,4	
Wärmeübergangswiderstand*				0,040	32,9	33,0	
26,385 cm Gesamtes Bauteil			3,228			59,8	

*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden $R_{si}=0,25$ und $R_{se}=0,04$ gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 23,7°C 23,7°C 23,8°C
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): 32,9°C 32,9°C 32,9°C

MH Buenos Aires - Enero, $U=0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:
innen: 23°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: 33°C und 88.2% Luftfeuchtigkeit (Klima gemäß Benutzereingabe).

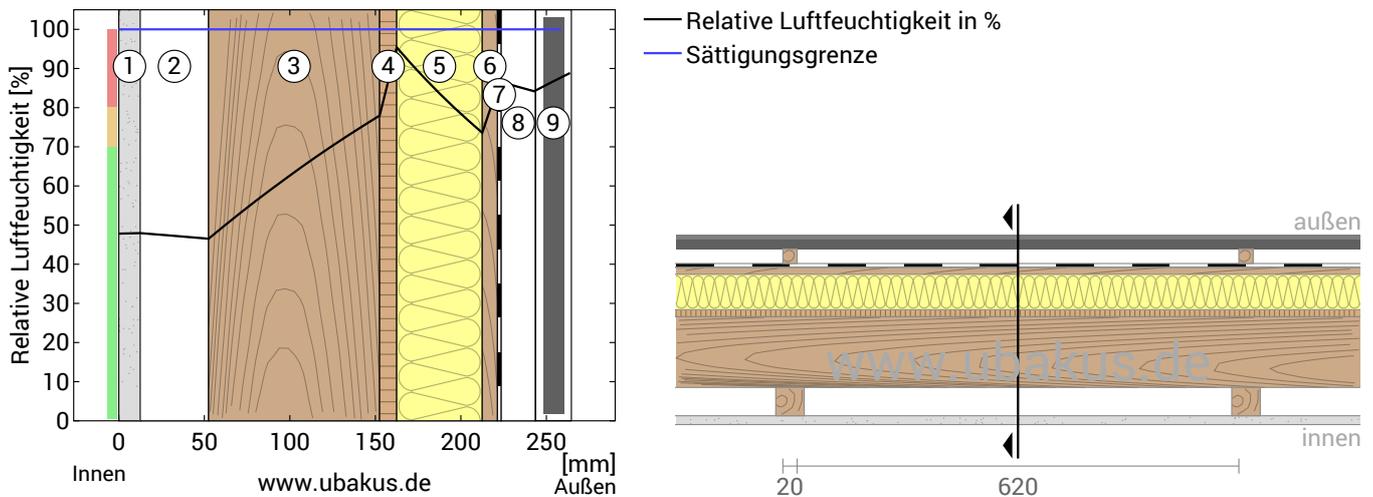
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²]	Tauwasser [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,05	-	-	8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	-	0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	1,60	-	-	0,8
3	10 cm Pino Ponderosa	4,00	-	-	32,1
4	1 cm OSB-Platte, OSB/3	2,00	-	-	6,0
5	5 cm Glaswolle WLG032	0,10	-	-	1,5
6	1 cm Pino Ponderosa	2,00	-	-	3,2
7	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,02	-	-	0,1
8	2 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	-	0,0
	2 cm Pino Ponderosa (3,1%)	4,00	-	-	0,2
9	2,1 cm Profilholz (Nut und Feder)	1,05	-	-	7,4
	26,385 cm Gesamtes Bauteil	9,35			59,8

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 23,0 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 48% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



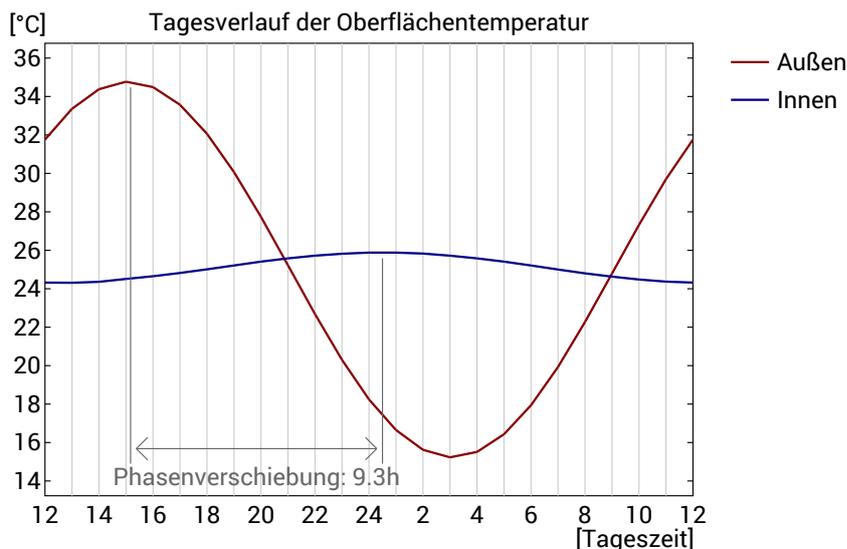
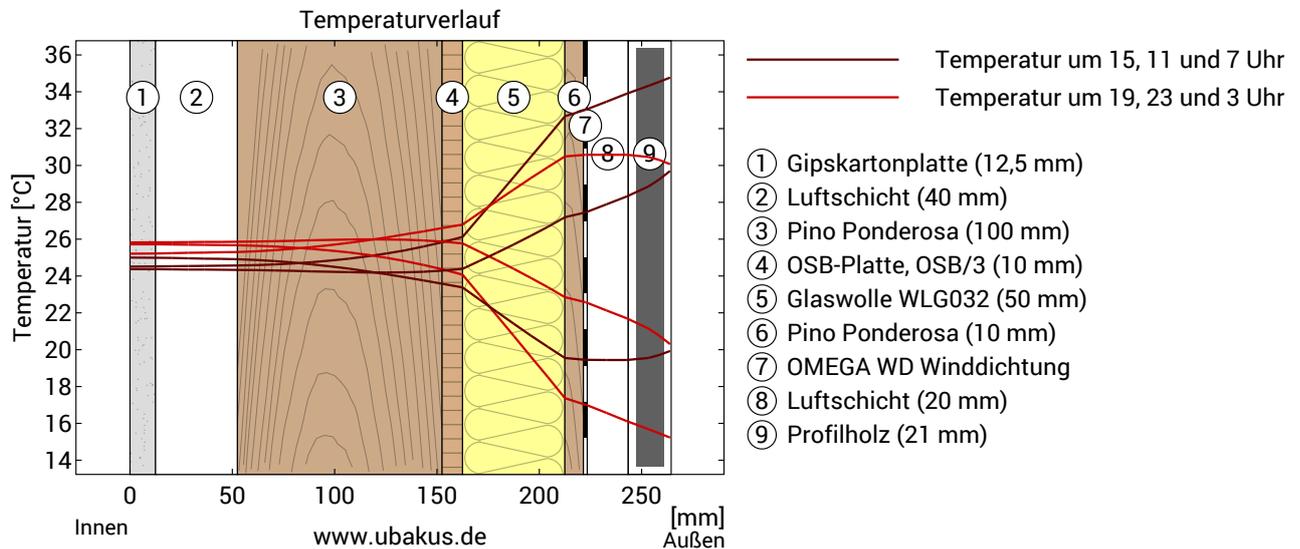
- | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ④ OSB-Platte, OSB/3 (10 mm) | ⑦ OMEGA WD Winddichtung |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (50 mm) | ⑧ Luftschicht (20 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (100 mm) | ⑥ Pino Ponderosa (10 mm) | ⑨ Profilholz (21 mm) |

Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

MH Buenos Aires - Enero, $U=0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



Obere Abbildung: Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

Untere Abbildung: Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	9,3 h	Wärmespeicherkapazität (gesamtes Bauteil):	85 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	12,4	Wärmespeicherkapazität der inneren Schichten:	53 kJ/m ² K
TAV***	0,081		

* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.

** Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.

*** Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: $TAV = 1/\text{Amplitudendämpfung}$

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

MH Buenos Aires - Julio

Außenwand
erstellt am 24.11.2021

Wärmeschutz

$U = 0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

GEG 2020 Bestand*: $U < 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

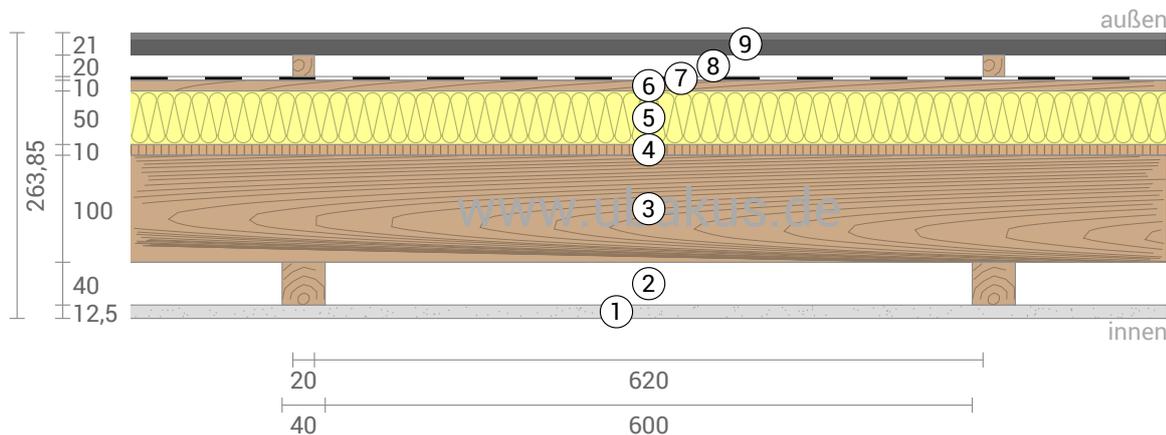


Feuchteschutz

Kein Tauwasser

Hitzeschutz

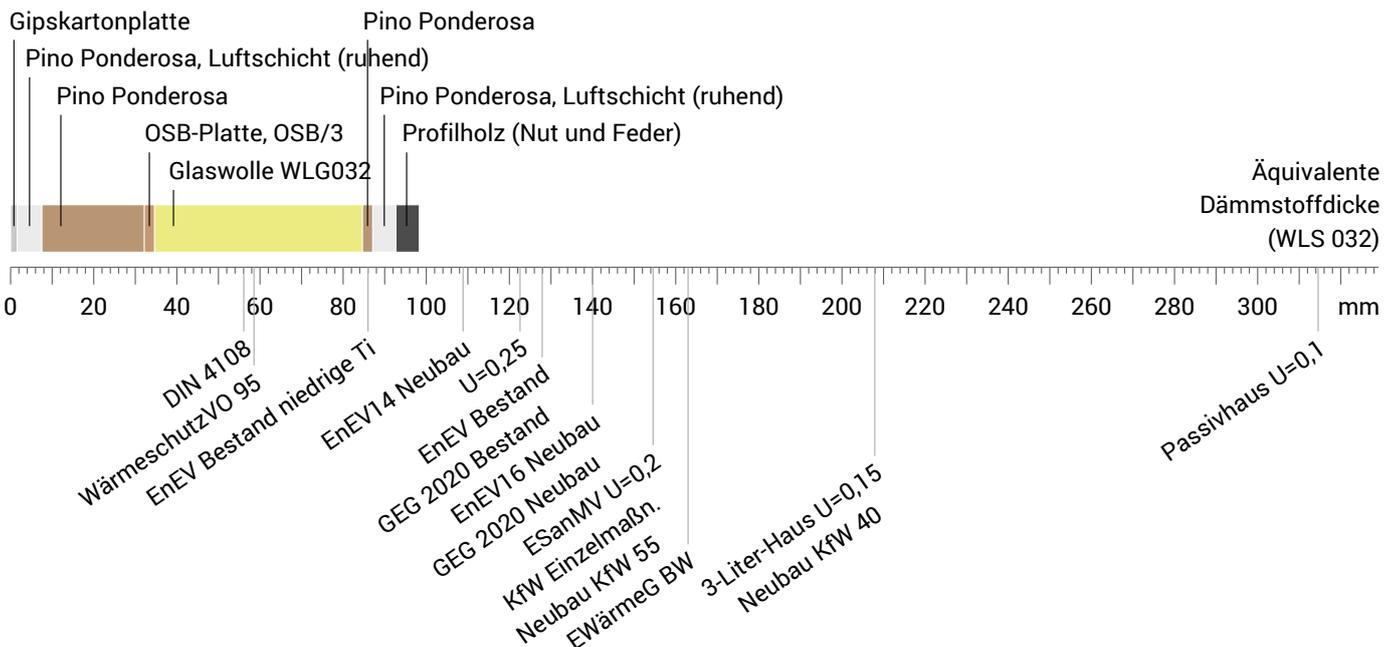
Temperaturamplitudendämpfung: 12
Phasenverschiebung: 9,3 h
Wärmekapazität innen: 53 kJ/m²K



- ① Gipskartonplatte (12,5 mm)
- ④ OSB-Platte, OSB/3 (10 mm)
- ⑦ OMEGA WD Winddichtung
- ② Luftschicht (40 mm)
- ⑤ Glaswolle WLG032 (50 mm)
- ⑧ Luftschicht (20 mm)
- ③ Pino Ponderosa (100 mm)
- ⑥ Pino Ponderosa (10 mm)
- ⑨ Profilholz (21 mm)

Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

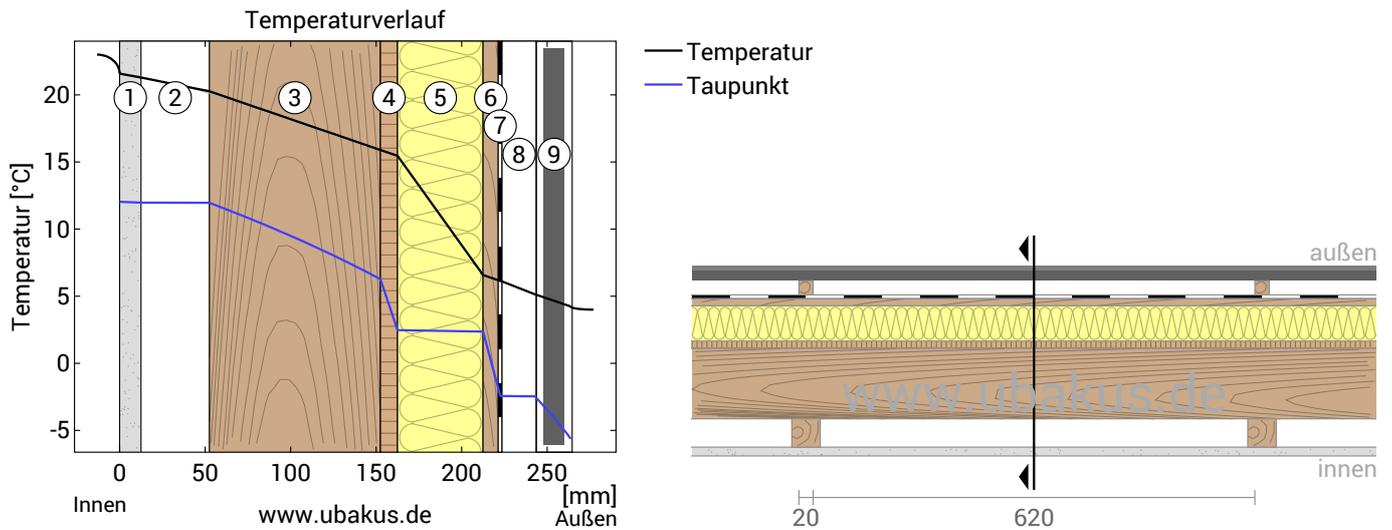
Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,032 W/mK.



Raumluft:	23,0°C / 50%		Dicke:	26,4 cm
Außenluft:	4,0°C / 46,8%	sd-Wert: 9,3 m	Gewicht:	60 kg/m ²
Oberflächentemp.:	21,6°C / 4,2°C		Wärmekapazität:	85 kJ/m ² K

MH Buenos Aires - Julio, $U=0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Temperaturverlauf



- | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ④ OSB-Platte, OSB/3 (10 mm) | ⑦ OMEGA WD Winddichtung |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (50 mm) | ⑧ Luftschicht (20 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (100 mm) | ⑥ Pino Ponderosa (10 mm) | ⑨ Profilholz (21 mm) |

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
Wärmeübergangswiderstand*				21,6	23,0	
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,250	0,050	21,3	21,7	8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,222	0,180	20,2	21,4	0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	0,130	0,308	20,1	21,4	0,8
3	10 cm Pino Ponderosa	0,130	0,769	15,8	20,3	32,1
4	1 cm OSB-Platte, OSB/3	0,130	0,077	15,4	15,9	6,0
5	5 cm Glaswolle WLG032	0,032	1,563	6,5	15,5	1,5
6	1 cm Pino Ponderosa	0,130	0,077	6,1	6,6	3,2
7	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,500	0,001	6,1	6,1	0,1
8	2 cm Luftschicht (ruhend)	0,114	0,175	5,1	6,1	0,0
	2 cm Pino Ponderosa (3,1%)	0,130	0,154	5,2	6,1	0,2
9	2,1 cm Profilholz (Nut und Feder)	0,130	0,162	4,2	5,2	7,4
Wärmeübergangswiderstand*				4,0	4,2	
26,385 cm Gesamtes Bauteil			3,228			59,8

*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden $R_{si}=0,25$ und $R_{se}=0,04$ gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 21,6°C 21,6°C 21,7°C
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): 4,2°C 4,2°C 4,2°C

MH Buenos Aires - Julio, $U=0,31 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:
innen: 23°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: 4°C und 46.8% Luftfeuchtigkeit (Klima gemäß Benutzereingabe).

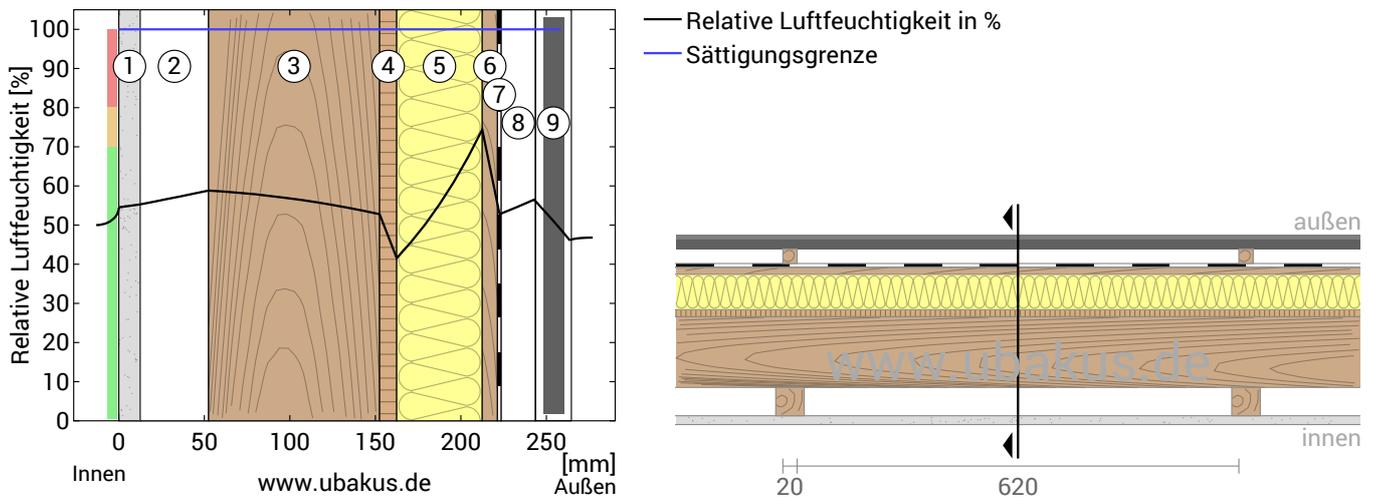
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²]	Tauwasser [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,05	-		8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-		0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	1,60	-	-	0,8
3	10 cm Pino Ponderosa	4,00	-	-	32,1
4	1 cm OSB-Platte, OSB/3	2,00	-	-	6,0
5	5 cm Glaswolle WL032	0,05	-	-	1,5
6	1 cm Pino Ponderosa	2,00	-	-	3,2
7	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,02	-	-	0,1
8	2 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	-	0,0
	2 cm Pino Ponderosa (3,1%)	4,00	-	-	0,2
9	2,1 cm Profilholz (Nut und Feder)	1,05	-	-	7,4
	26,385 cm Gesamtes Bauteil	9,30			59,8

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 21,6 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 54% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



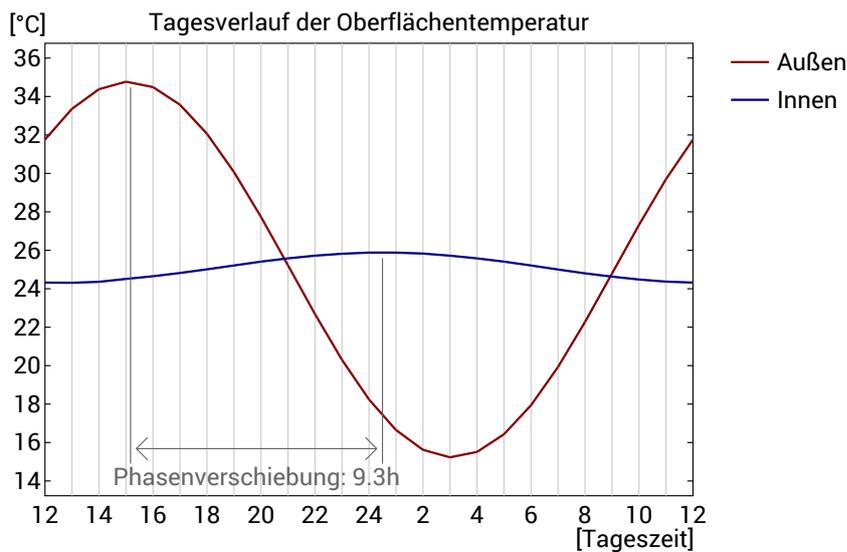
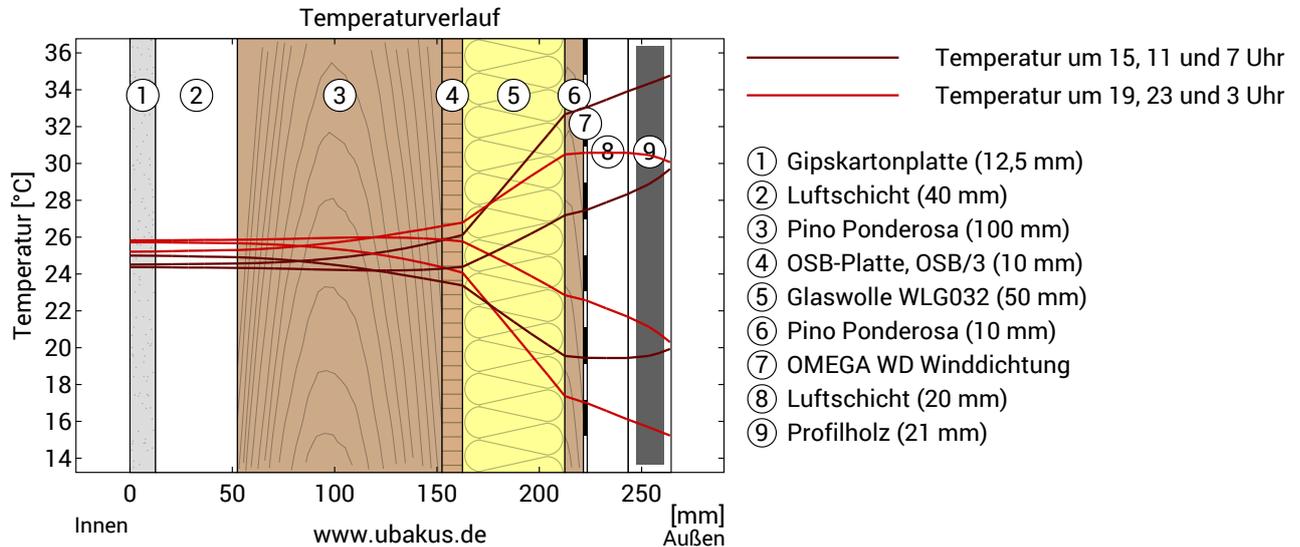
- | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ④ OSB-Platte, OSB/3 (10 mm) | ⑦ OMEGA WD Winddichtung |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑤ Glaswolle WL032 (50 mm) | ⑧ Luftschicht (20 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (100 mm) | ⑥ Pino Ponderosa (10 mm) | ⑨ Profilholz (21 mm) |

Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

MH Buenos Aires - Julio, $U=0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



Obere Abbildung: Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

Untere Abbildung: Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	9,3 h	Wärmespeicherkapazität (gesamtes Bauteil):	85 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	12,4	Wärmespeicherkapazität der inneren Schichten:	53 kJ/m ² K
TAV***	0,081		

* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.

** Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.

*** Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: $TAV = 1/\text{Amplitudendämpfung}$

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

MH Río Gallegos - Enero

Außenwand
erstellt am 24.11.2021

Wärmeschutz

$U = 0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

GEG 2020 Bestand*: $U < 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



Feuchteschutz

Kein Tauwasser

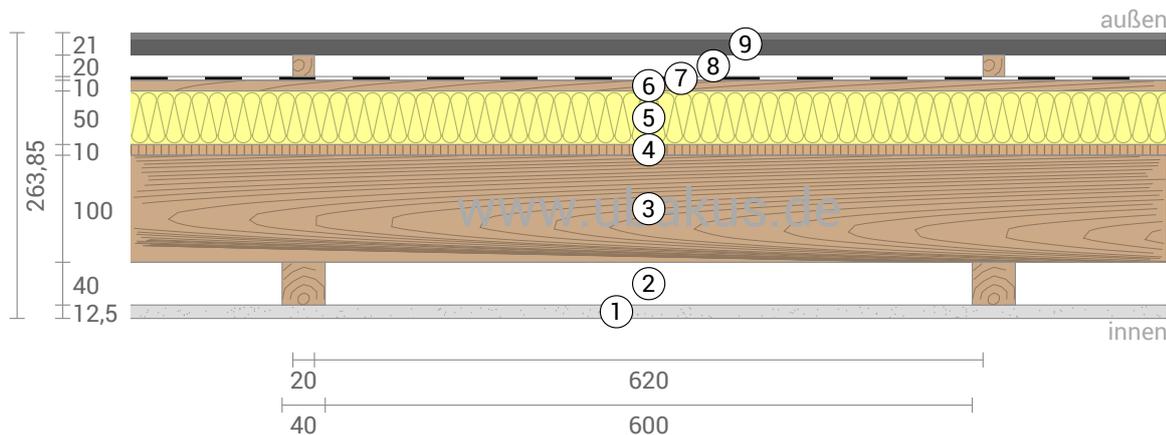


Hitzeschutz

Temperaturamplitudendämpfung: 12
Phasenverschiebung: 9,3 h
Wärmekapazität innen: 53 kJ/m²K



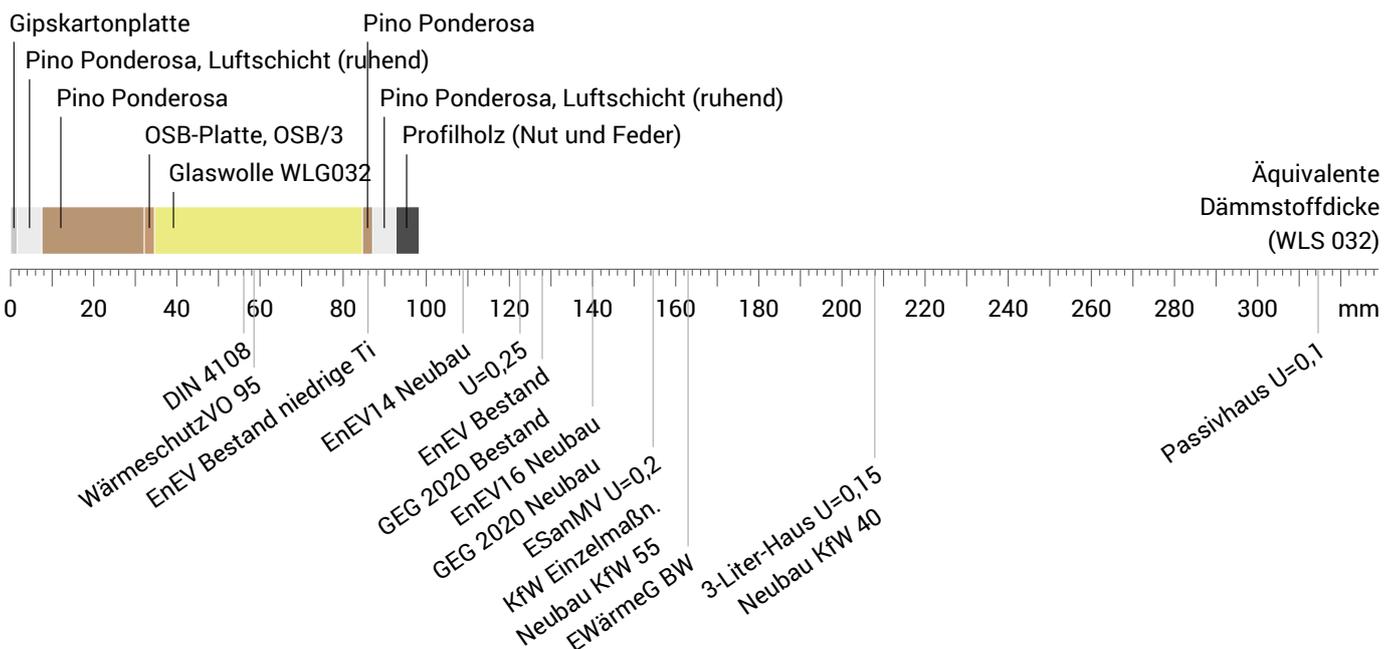
sehr gut mangelhaft sehr gut mangelhaft sehr gut mangelhaft



- | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ④ OSB-Platte, OSB/3 (10 mm) | ⑦ OMEGA WD Winddichtung |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (50 mm) | ⑧ Luftschicht (20 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (100 mm) | ⑥ Pino Ponderosa (10 mm) | ⑨ Profilholz (21 mm) |

Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,032 W/mK.



Raumluft: 23,0°C / 50%

Außenluft: 26,0°C / 50%

Oberflächentemp.: 23,2°C / 26,0°C

sd-Wert: 9,3 m

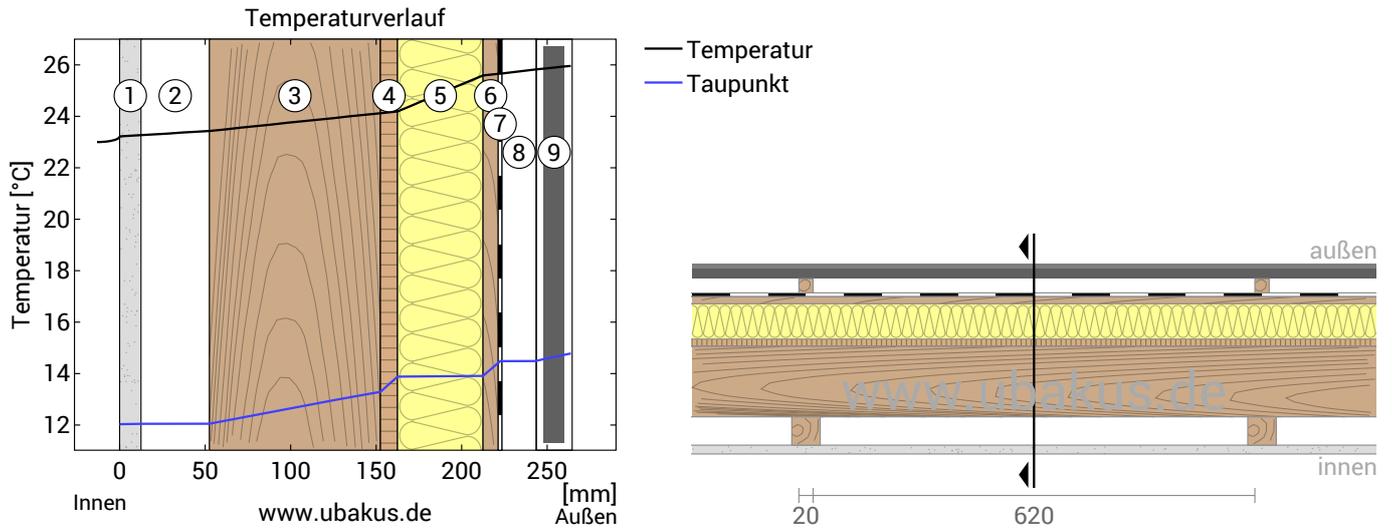
Dicke: 26,4 cm

Gewicht: 60 kg/m²

Wärmekapazität: 85 kJ/m²K

MH Río Gallegos - Enero, $U=0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Temperaturverlauf



- | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ④ OSB-Platte, OSB/3 (10 mm) | ⑦ OMEGA WD Winddichtung |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (50 mm) | ⑧ Luftschicht (20 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (100 mm) | ⑥ Pino Ponderosa (10 mm) | ⑨ Profilholz (21 mm) |

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
Wärmeübergangswiderstand*				23,0	23,2	
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,250	0,050	23,2	23,3	8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,222	0,180	23,3	23,4	0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	0,130	0,308	23,3	23,5	0,8
3	10 cm Pino Ponderosa	0,130	0,769	23,4	24,1	32,1
4	1 cm OSB-Platte, OSB/3	0,130	0,077	24,1	24,2	6,0
5	5 cm Glaswolle WLG032	0,032	1,563	24,2	25,6	1,5
6	1 cm Pino Ponderosa	0,130	0,077	25,6	25,7	3,2
7	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,500	0,001	25,7	25,7	0,1
8	2 cm Luftschicht (ruhend)	0,114	0,175	25,7	25,8	0,0
	2 cm Pino Ponderosa (3,1%)	0,130	0,154	25,7	25,8	0,2
9	2,1 cm Profilholz (Nut und Feder)	0,130	0,162	25,8	26,0	7,4
Wärmeübergangswiderstand*				26,0	26,0	
26,385 cm Gesamtes Bauteil			3,228			59,8

*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden $R_{si}=0,25$ und $R_{se}=0,04$ gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 23,2°C 23,2°C 23,2°C
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): 26,0°C 26,0°C 26,0°C

MH Río Gallegos - Enero, $U=0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:
innen: 23°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: 26°C und 50% Luftfeuchtigkeit (Klima gemäß Benutzereingabe).

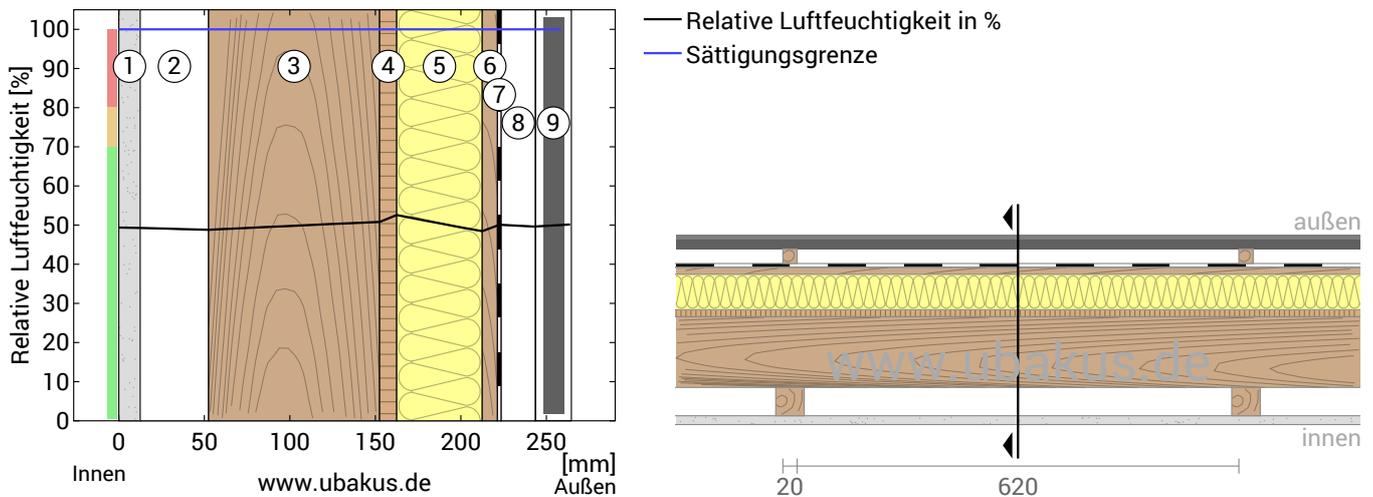
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²]	[Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,05	-		8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-		0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	1,60	-	-	0,8
3	10 cm Pino Ponderosa	4,00	-	-	32,1
4	1 cm OSB-Platte, OSB/3	2,00	-	-	6,0
5	5 cm Glaswolle WL032	0,10	-	-	1,5
6	1 cm Pino Ponderosa	2,00	-	-	3,2
7	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,02	-		0,1
8	2 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-		0,0
	2 cm Pino Ponderosa (3,1%)	4,00	-	-	0,2
9	2,1 cm Profilholz (Nut und Feder)	1,05	-		7,4
	26,385 cm Gesamtes Bauteil	9,35			59,8

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 23,0 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 49% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



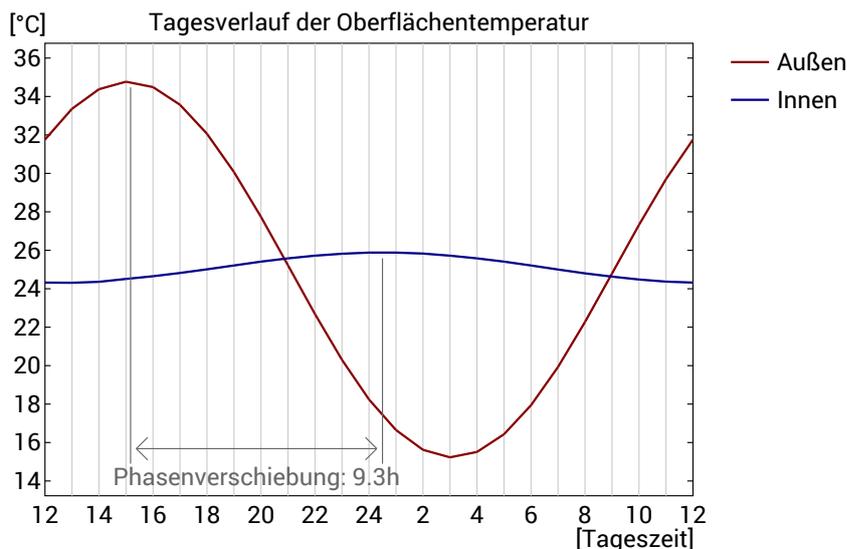
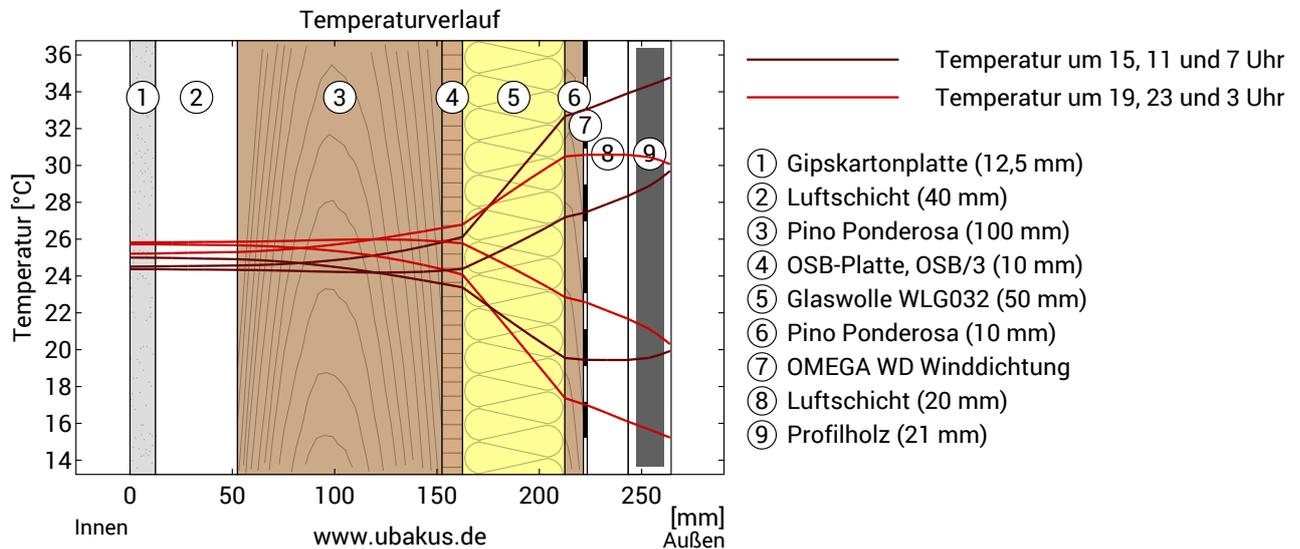
- | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ④ OSB-Platte, OSB/3 (10 mm) | ⑦ OMEGA WD Winddichtung |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑤ Glaswolle WL032 (50 mm) | ⑧ Luftschicht (20 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (100 mm) | ⑥ Pino Ponderosa (10 mm) | ⑨ Profilholz (21 mm) |

Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

MH Río Gallegos - Enero, $U=0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



Obere Abbildung: Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

Untere Abbildung: Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	9,3 h	Wärmespeicherkapazität (gesamtes Bauteil):	85 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	12,4	Wärmespeicherkapazität der inneren Schichten:	53 kJ/m ² K
TAV***	0,081		

* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.

** Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.

*** Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: $TAV = 1/\text{Amplitudendämpfung}$

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

MH Río Gallegos - Julio

Außenwand
erstellt am 24.11.2021

Wärmeschutz

$U = 0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

GEG 2020 Bestand*: $U < 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



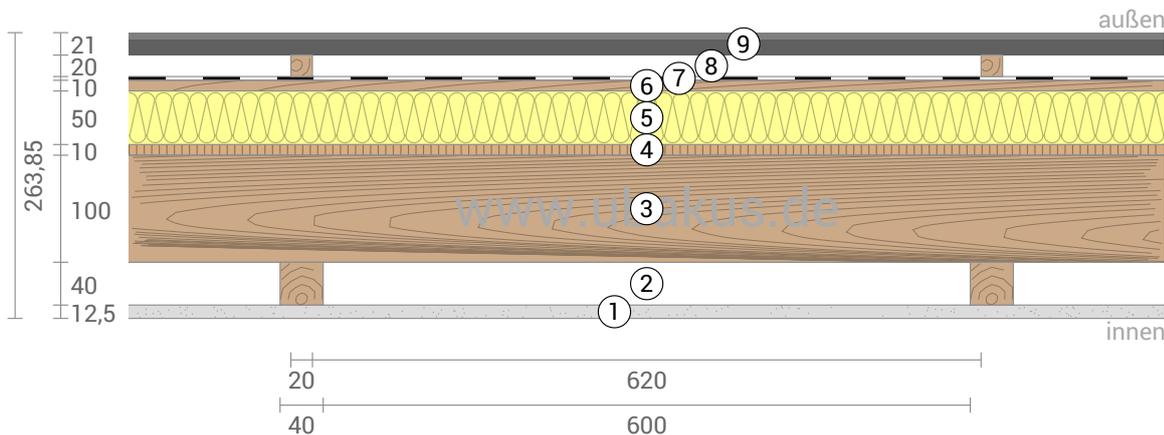
Feuchteschutz

Feuchtegehalt Holz: +1,9%
Trocknet 15 Tage
Tauwasser: 61 g/m²



Hitzeschutz

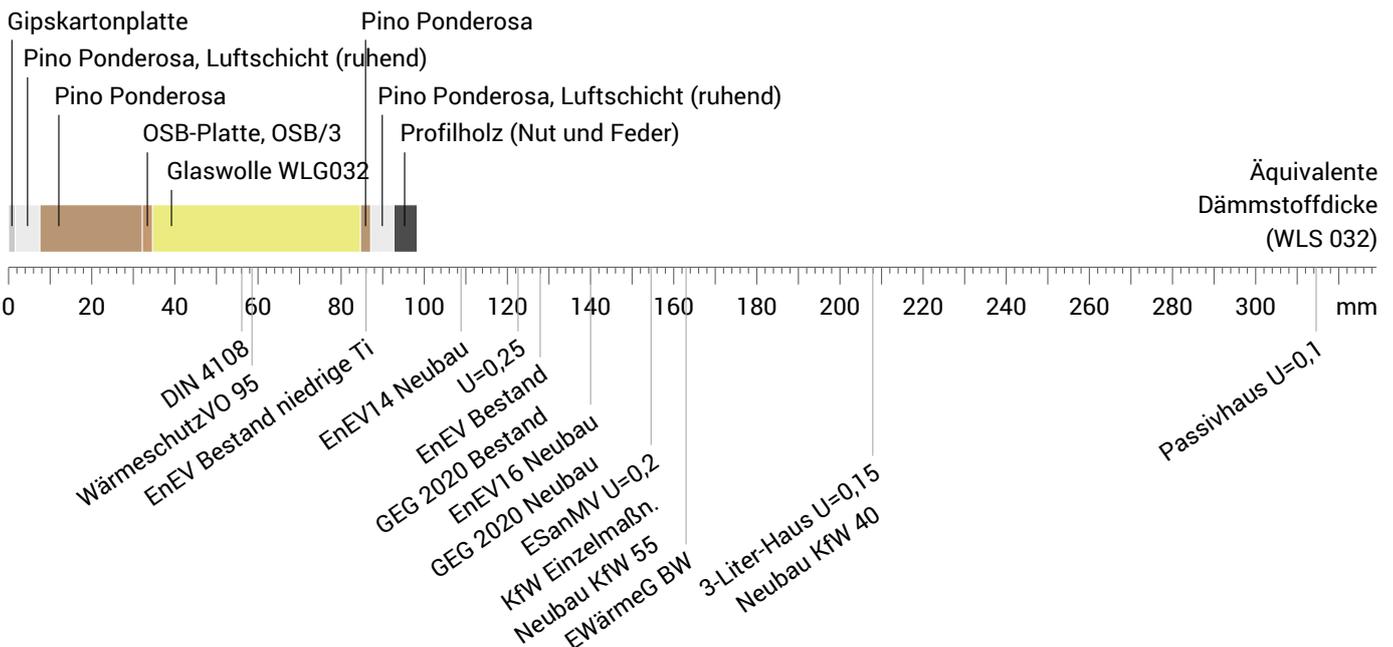
Temperaturamplitudendämpfung: 12
Phasenverschiebung: 9,3 h
Wärmekapazität innen: 53 kJ/m²K



- ① Gipskartonplatte (12,5 mm)
- ④ OSB-Platte, OSB/3 (10 mm)
- ⑦ OMEGA WD Winddichtung
- ② Luftschicht (40 mm)
- ⑤ Glaswolle WLG032 (50 mm)
- ⑧ Luftschicht (20 mm)
- ③ Pino Ponderosa (100 mm)
- ⑥ Pino Ponderosa (10 mm)
- ⑨ Profilholz (21 mm)

Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,032 W/mK.



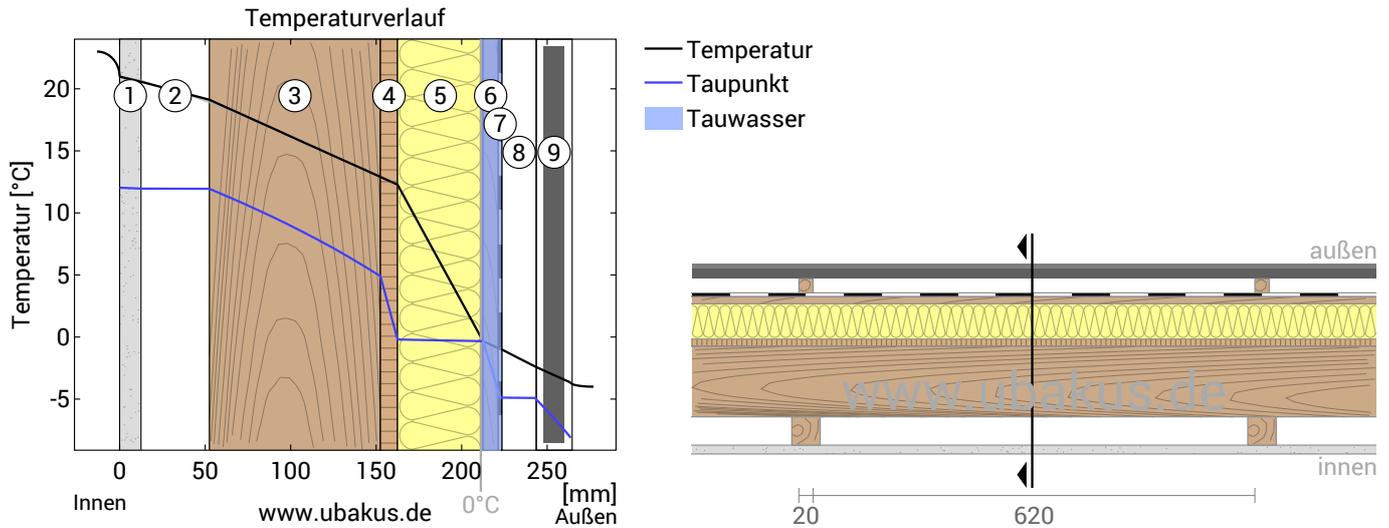
Raumluft: 23,0°C / 50%
Außenluft: -4,0°C / 70%
Oberflächentemp.: 21,0°C / -3,7°C

sd-Wert: 9,3 m

Dicke: 26,4 cm
Gewicht: 60 kg/m²
Wärmekapazität: 85 kJ/m²K

MH Río Gallegos - Julio, $U=0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Temperaturverlauf



- | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ④ OSB-Platte, OSB/3 (10 mm) | ⑦ OMEGA WD Winddichtung |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (50 mm) | ⑧ Luftschicht (20 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (100 mm) | ⑥ Pino Ponderosa (10 mm) | ⑨ Profilholz (21 mm) |

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
Wärmeübergangswiderstand*						
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,250	0,050	21,0	23,0	8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,222	0,180	19,0	20,7	0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	0,130	0,308	18,8	20,7	0,8
3	10 cm Pino Ponderosa	0,130	0,769	12,8	19,1	32,1
4	1 cm OSB-Platte, OSB/3	0,130	0,077	12,2	12,9	6,0
5	5 cm Glaswolle WLG032	0,032	1,563	-0,4	12,3	1,5
6	1 cm Pino Ponderosa	0,130	0,077	-1,0	-0,3	3,2
7	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,500	0,001	-1,0	-1,0	0,1
8	2 cm Luftschicht (ruhend)	0,114	0,175	-2,4	-1,0	0,0
	2 cm Pino Ponderosa (3,1%)	0,130	0,154	-2,3	-1,0	0,2
9	2,1 cm Profilholz (Nut und Feder)	0,130	0,162	-3,7	-2,3	7,4
Wärmeübergangswiderstand*						
26,385 cm Gesamtes Bauteil			3,228	-4,0	-3,7	59,8

*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden $R_{si}=0,25$ und $R_{se}=0,04$ gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 21,0°C 21,0°C 21,1°C
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): -3,7°C -3,7°C -3,7°C

MH Río Gallegos - Julio, $U=0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt: innen: 23°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: -4°C und 70% Luftfeuchtigkeit (Klima gemäß Benutzereingabe).

Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,061 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 15 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser		Gewicht [kg/m ²]
			[kg/m ²]	[Gew.-%]	
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,05	-		8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-		0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	1,60	-	-	0,8
3	10 cm Pino Ponderosa	4,00	-	-	32,1
4	1 cm OSB-Platte, OSB/3	2,00	-	-	6,0
5	5 cm Glaswolle WLG032	0,05	0,061		1,5
6	1 cm Pino Ponderosa	2,00	0,061	1,9	3,2
7	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,02	-		0,1
8	2 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-		0,0
	2 cm Pino Ponderosa (3,1%)	4,00	-	-	0,2
9	2,1 cm Profilholz (Nut und Feder)	1,05	-		7,4
26,385 cm Gesamtes Bauteil		9,30	0,061		59,8

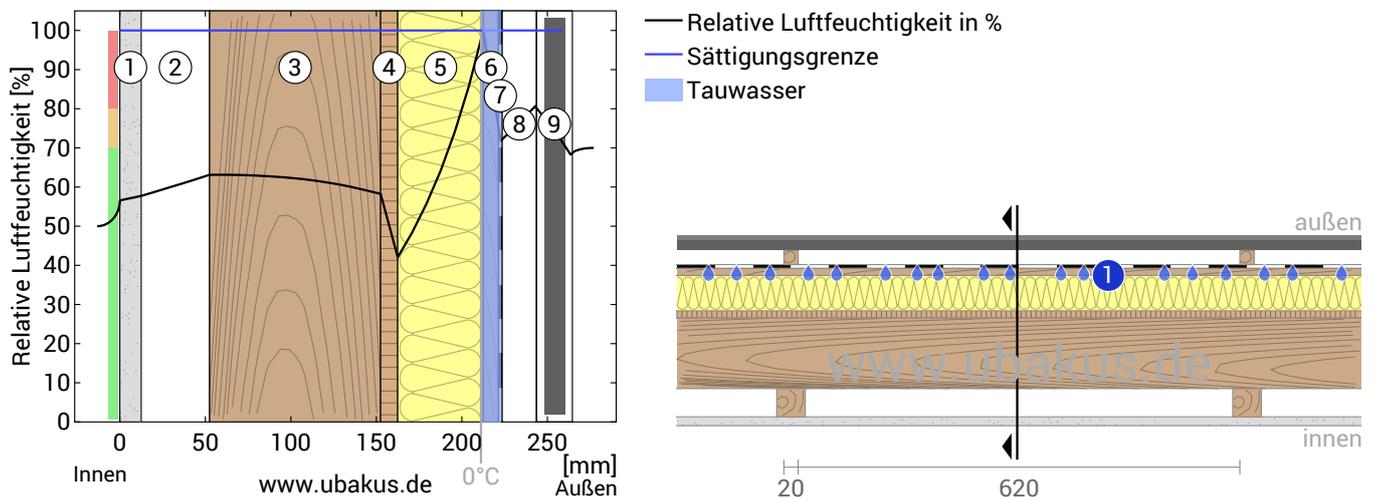
Tauwasserebenen

- ① Tauwasser: 0,061 kg/m² Betroffene Schichten: Pino Ponderosa, Glaswolle WLG032

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 21,0 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 56% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



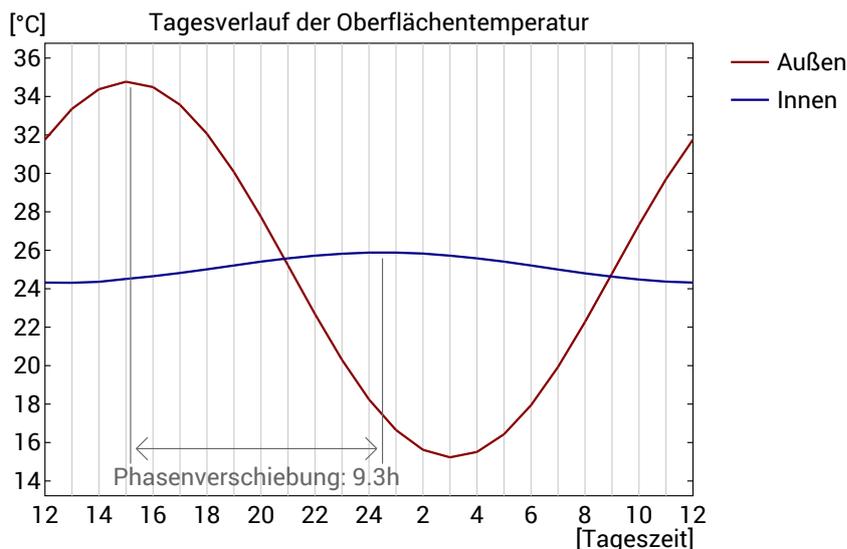
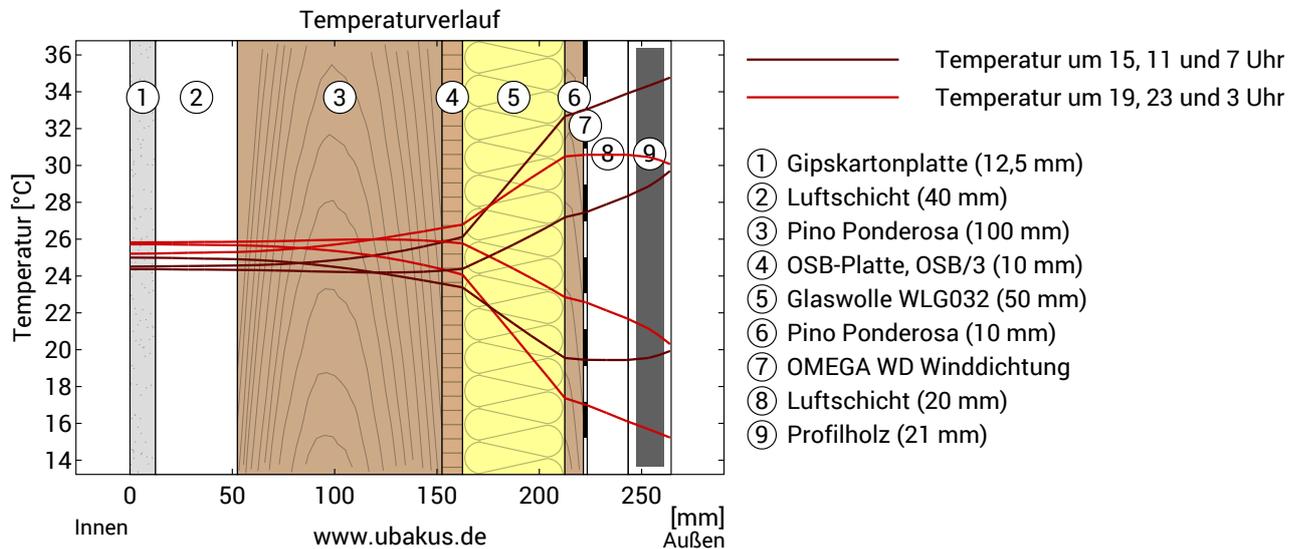
- | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ④ OSB-Platte, OSB/3 (10 mm) | ⑦ OMEGA WD Winddichtung |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (50 mm) | ⑧ Luftschicht (20 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (100 mm) | ⑥ Pino Ponderosa (10 mm) | ⑨ Profilholz (21 mm) |

Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

MH Río Gallegos - Julio, $U=0,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



Obere Abbildung: Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

Untere Abbildung: Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	9,3 h	Wärmespeicherfähigkeit (gesamtes Bauteil):	85 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	12,4	Wärmespeicherfähigkeit der inneren Schichten:	53 kJ/m ² K
TAV***	0,081		

* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.

** Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.

*** Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: $TAV = 1/\text{Amplitudendämpfung}$

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

MH San Salv Jujuy - Enero

Dachkonstruktion
erstellt am 24.11.2021

Wärmeschutz

$U = 0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

GEG 2020 Bestand*: $U < 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



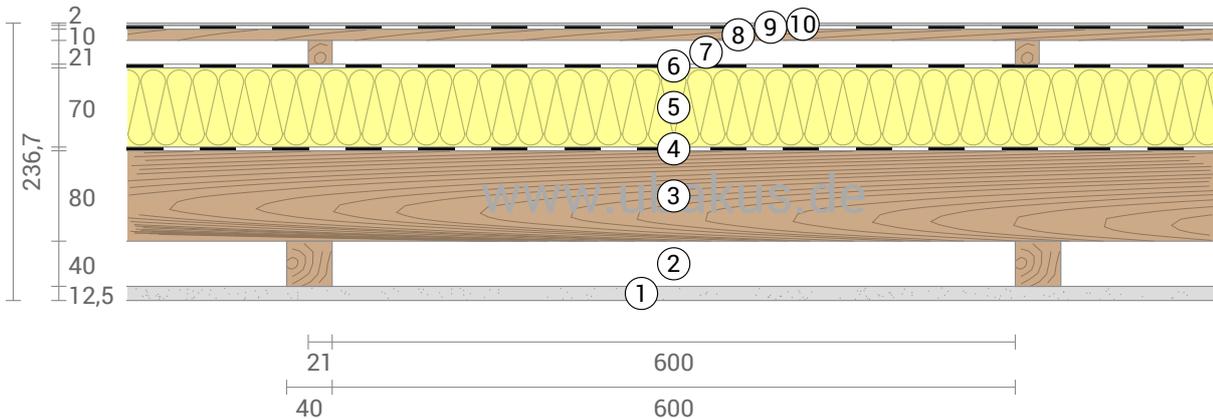
Feuchteschutz

Trocknet 59 Tage
Tauwasser: 5,2 g/m²



Hitzeschutz

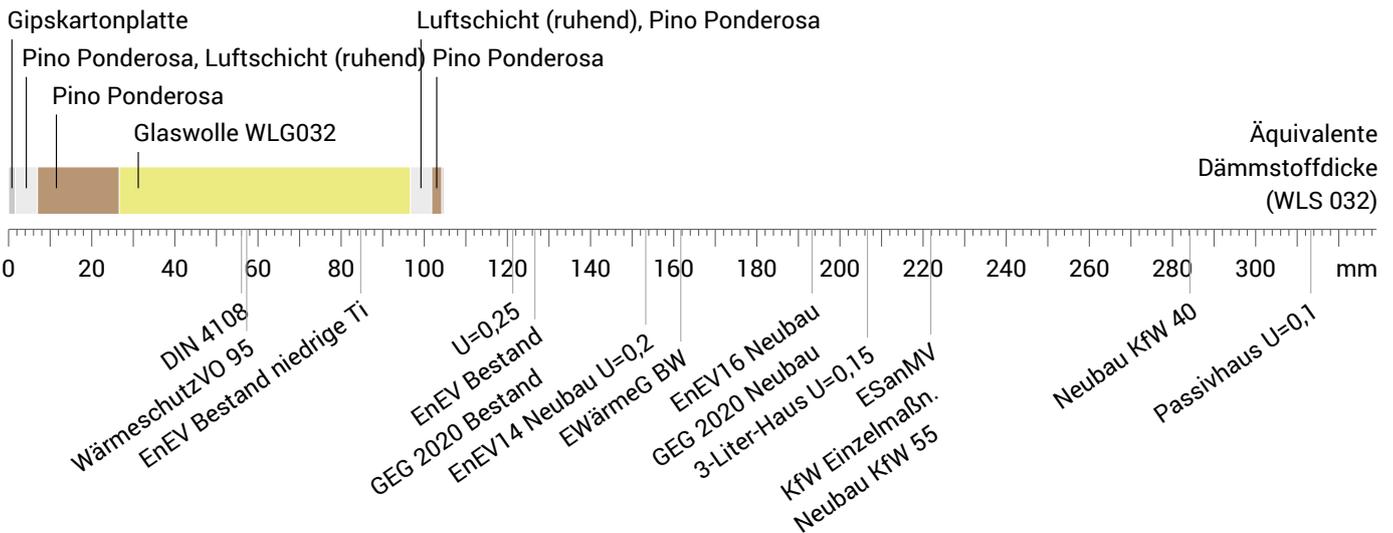
Temperaturamplitudendämpfung: 10
Phasenverschiebung: 7,7 h
Wärmekapazität innen: 43 kJ/m²K



- ① Gipskartonplatte (12,5 mm)
- ② Luftschicht (40 mm)
- ③ Pino Ponderosa (80 mm)
- ④ Dampfsperre
- ⑤ Glaswolle WLG032 (70 mm)
- ⑥ OMEGA WD Winddichtung
- ⑦ Luftschicht (21 mm)
- ⑧ Pino Ponderosa (10 mm)
- ⑨ Dichtbahn, Bitumen
- ⑩ Baustahl (2 mm)

Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,032 W/mK.



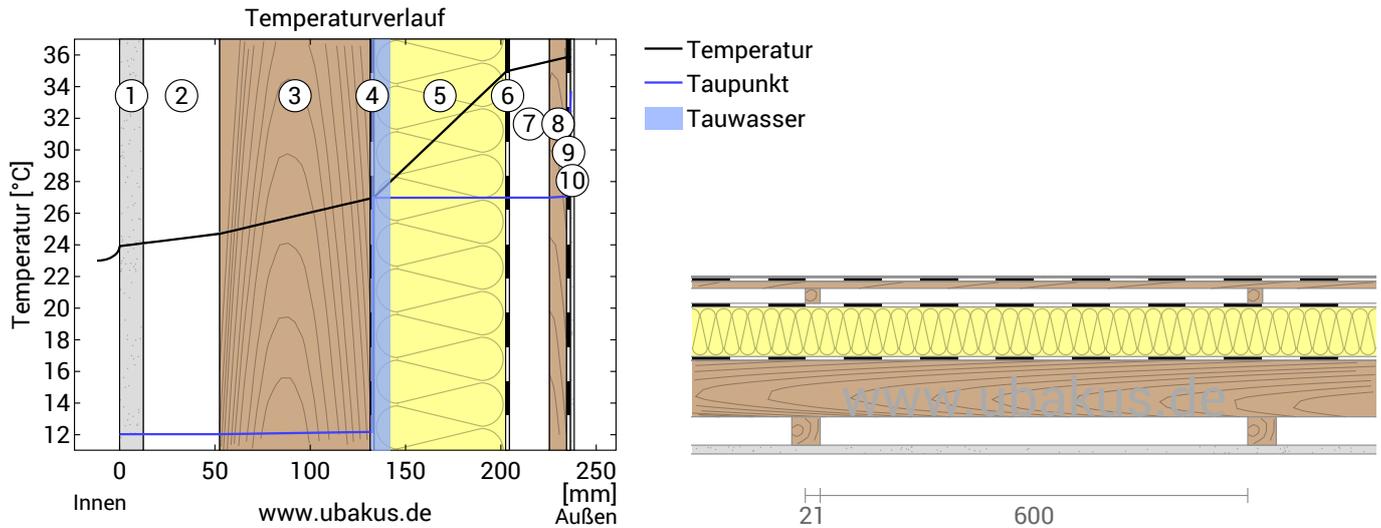
Raumluft: 23,0°C / 50%
 Außenluft: 36,0°C / 88%
 Oberflächentemp.: 23,9°C / 35,9°C

sd-Wert: 723,0 m

Dicke: 23,7 cm
 Gewicht: 58 kg/m²
 Wärmekapazität: 72 kJ/m²K

MH San Salv Jujuy - Enero, $U=0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Temperaturverlauf



- | | | |
|------------------------------|----------------------------|----------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (70 mm) | ⑨ Dichtbahn, Bitumen |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑥ OMEGA WD Winddichtung | ⑩ Baustahl (2 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (80 mm) | ⑦ Luftschicht (21 mm) | |
| ④ Dampfsperre | ⑧ Pino Ponderosa (10 mm) | |

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*					
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,250	0,170	23,0	23,9	8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,250	0,050	23,9	24,1	0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	0,130	0,160	24,1	24,8	0,0
3	8 cm Pino Ponderosa	0,130	0,308	24,0	24,8	1,0
4	0,05 cm Dampfsperre	0,130	0,615	24,7	27,0	25,7
5	7 cm Glaswolle WLG032	160,000	0,000	27,0	27,0	1,4
6	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,032	2,188	27,0	35,0	2,1
7	2,1 cm Luftschicht (ruhend)	0,500	0,001	35,0	35,0	0,1
	2,1 cm Pino Ponderosa (3,4%)	0,131	0,160	35,0	35,6	0,0
8	1 cm Pino Ponderosa	0,130	0,162	35,0	35,6	0,3
9	0,035 cm Dichtbahn, Bitumen	0,130	0,077	35,6	35,8	3,2
10	0,2 cm Baustahl	0,230	0,002	35,6	35,8	0,4
	Wärmeübergangswiderstand*			35,8	35,9	0,4
	23,67 cm Gesamtes Bauteil	50,000	0,000	35,9	35,9	15,6
			0,040	35,9	36,0	
			3,469			58,3

*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden $R_{si}=0,25$ und $R_{se}=0,04$ gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 23,9°C 23,9°C 23,9°C
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): 35,9°C 35,9°C 35,9°C

MH San Salv Jujuy - Enero, $U=0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:
innen: 23°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: 36°C und 88% Luftfeuchtigkeit (Klima gemäß Benutzereingabe).

Unter den angenommenen Klimabedingungen fallen innerhalb von 90 Tagen 0,005 kg Tauwasser an.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,05	-	8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	1,60	-	1,0
3	8 cm Pino Ponderosa	3,20	-	25,7
4	0,05 cm Dampfsperre	500,00	-	1,4
5	7 cm Glaswolle WLG032	0,14	0,0052	2,1
6	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,02	-	0,1
7	2,1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
	2,1 cm Pino Ponderosa (3,4%)	4,20	-	0,3
8	1 cm Pino Ponderosa	2,00	-	3,2
9	0,035 cm Dichtbahn, Bitumen	17,50	-	0,4
10	0,2 cm Baustahl	200,00	-	15,6
	23,67 cm Gesamtes Bauteil	722,98	0,0052	58,3

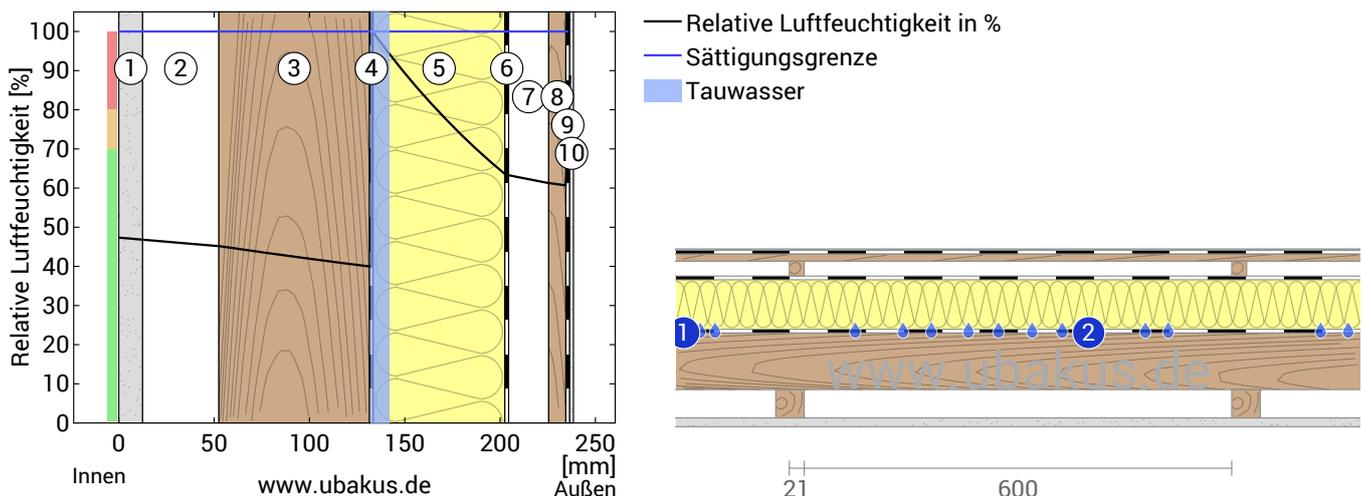
Tauwasserebenen

- ① Tauwasser: 0,001 kg/m² Betroffene Schichten: Glaswolle WLG032, Dampfsperre
- ② Tauwasser: 0,003 kg/m² Betroffene Schichten: Glaswolle WLG032, Dampfsperre
- ③ Tauwasser: 0,001 kg/m² Betroffene Schichten: Glaswolle WLG032, Dampfsperre

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 23,0 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 47% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



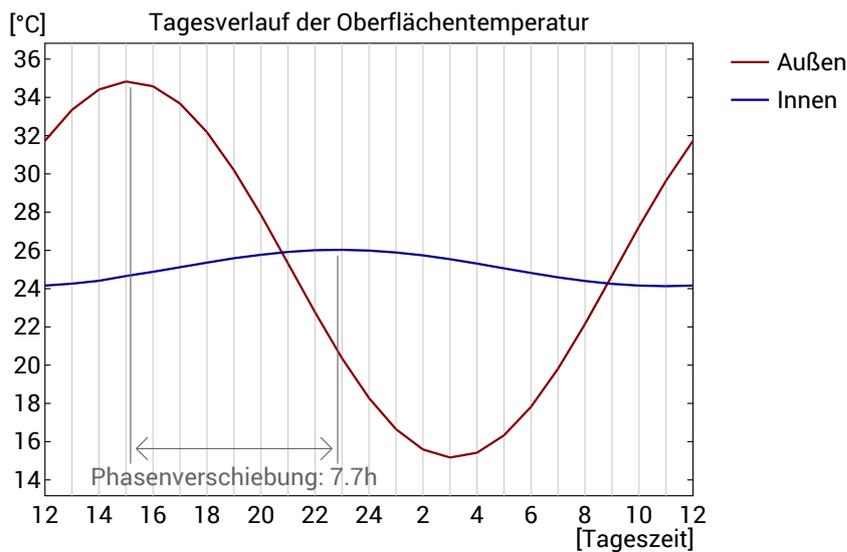
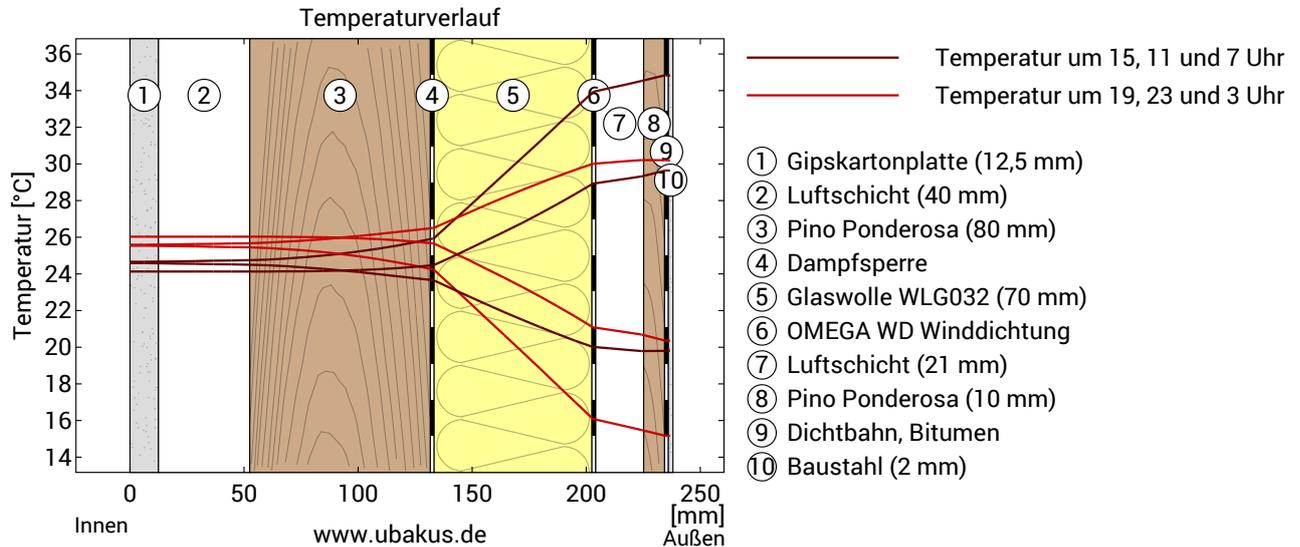
- | | | |
|------------------------------|----------------------------|----------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (70 mm) | ⑨ Dichtbahn, Bitumen |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑥ OMEGA WD Winddichtung | ⑩ Baustahl (2 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (80 mm) | ⑦ Luftschicht (21 mm) | |
| ④ Dampfsperre | ⑧ Pino Ponderosa (10 mm) | |

Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

MH San Salv Jujuy - Enero, $U=0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



Obere Abbildung: Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

Untere Abbildung: Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	7,7 h	Wärmespeicherkapazität (gesamtes Bauteil):	72 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	10,3	Wärmespeicherkapazität der inneren Schichten:	43 kJ/m ² K
TAV***	0,097		

* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.

** Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.

*** Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: $TAV = 1/\text{Amplitudendämpfung}$

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

MH San Salv Jujuy - Julio

Dachkonstruktion
erstellt am 24.11.2021

Wärmeschutz

$U = 0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

GEG 2020 Bestand*: $U < 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

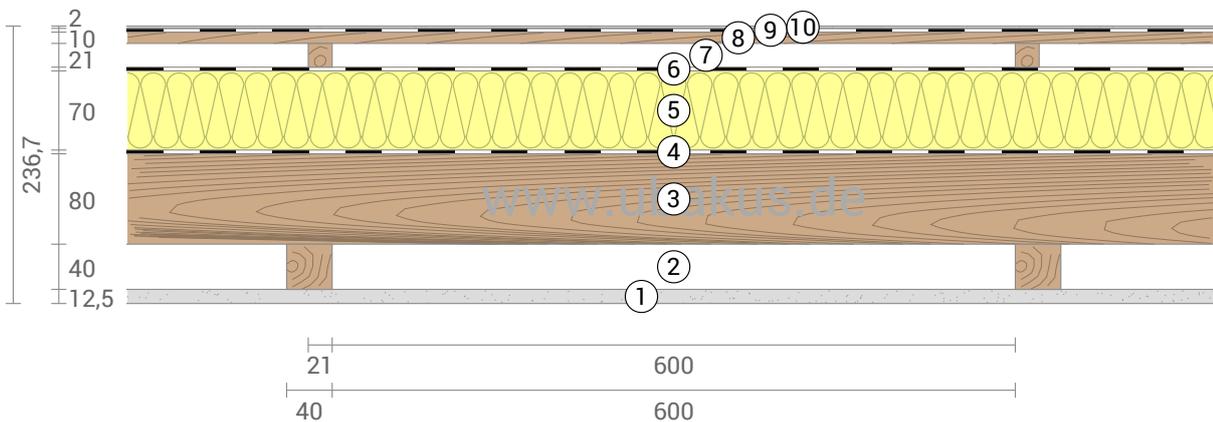


Feuchteschutz

Kein Tauwasser

Hitzeschutz

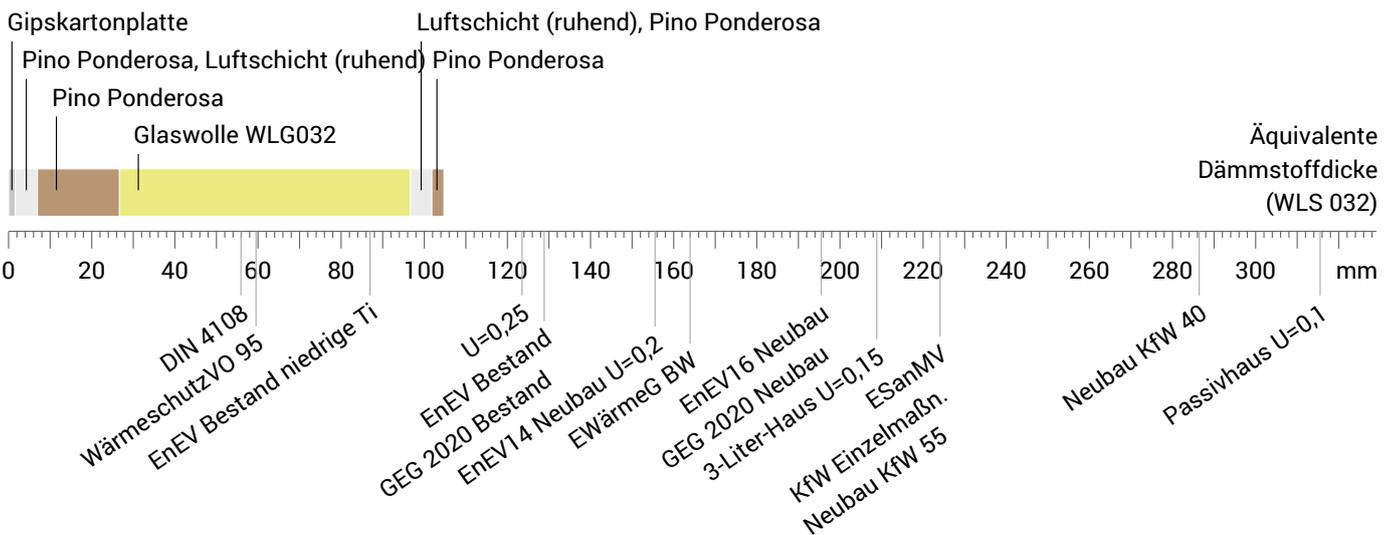
Temperaturamplitudendämpfung: 10
Phasenverschiebung: 7,7 h
Wärmekapazität innen: 43 kJ/m²K



- ① Gipskartonplatte (12,5 mm)
- ② Luftschicht (40 mm)
- ③ Pino Ponderosa (80 mm)
- ④ Dampfsperre
- ⑤ Glaswolle WLG032 (70 mm)
- ⑥ OMEGA WD Winddichtung
- ⑦ Luftschicht (21 mm)
- ⑧ Pino Ponderosa (10 mm)
- ⑨ Dichtbahn, Bitumen
- ⑩ Baustahl (2 mm)

Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,032 W/mK.



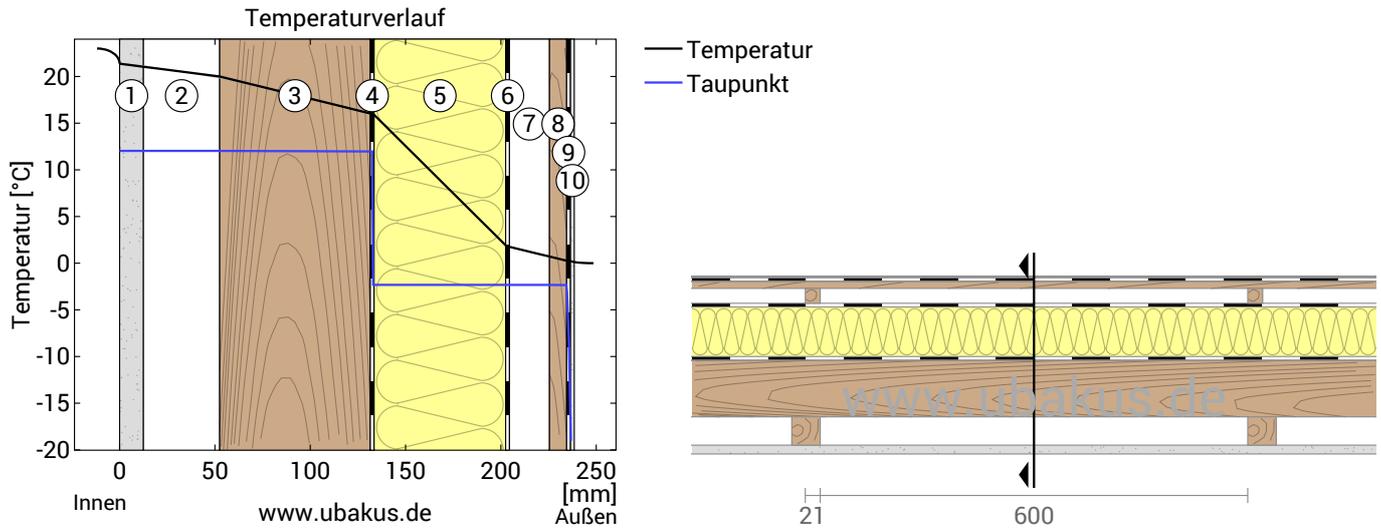
Raumluft: 23,0°C / 50%
 Außenluft: 0,0°C / 18,5%
 Oberflächentemp.: 21,4°C / 0,3°C

sd-Wert: 721,3 m

Dicke: 23,7 cm
 Gewicht: 58 kg/m²
 Wärmekapazität: 72 kJ/m²K

MH San Salv Jujuy - Julio, $U=0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Temperaturverlauf



- | | | |
|------------------------------|----------------------------|----------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (70 mm) | ⑨ Dichtbahn, Bitumen |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑥ OMEGA WD Winddichtung | ⑩ Baustahl (2 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (80 mm) | ⑦ Luftschicht (21 mm) | |
| ④ Dampfsperre | ⑧ Pino Ponderosa (10 mm) | |

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*		0,100	21,4	23,0	
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,250	0,050	21,0	21,5	8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,250	0,160	19,9	21,1	0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	0,130	0,308	19,8	21,2	1,0
3	8 cm Pino Ponderosa	0,130	0,615	16,0	20,0	25,7
4	0,05 cm Dampfsperre	160,000	0,000	16,0	16,0	1,4
5	7 cm Glaswolle WLG032	0,032	2,188	1,8	16,0	2,1
6	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,500	0,001	1,8	1,8	0,1
7	2,1 cm Luftschicht (ruhend)	0,131	0,160	0,8	1,8	0,0
	2,1 cm Pino Ponderosa (3,4%)	0,130	0,162	0,8	1,8	0,3
8	1 cm Pino Ponderosa	0,130	0,077	0,3	0,8	3,2
9	0,035 cm Dichtbahn, Bitumen	0,230	0,002	0,3	0,3	0,4
10	0,2 cm Baustahl	50,000	0,000	0,3	0,3	15,6
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	0,0	0,3	
	23,67 cm Gesamtes Bauteil		3,399			58,3

*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden $R_{si}=0,25$ und $R_{se}=0,04$ gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 21,4°C 21,4°C 21,5°C
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): 0,3°C 0,3°C 0,3°C

MH San Salv Jujuy - Julio, $U=0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:
innen: 23°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: 0°C und 18.5% Luftfeuchtigkeit (Klima gemäß Benutzereingabe).

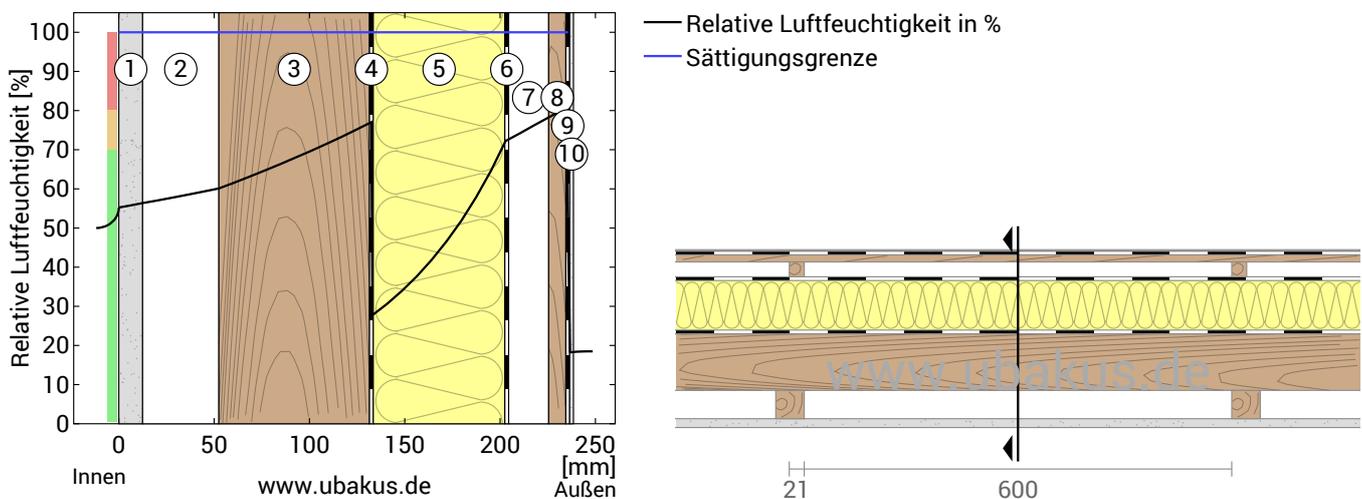
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²]	Tauwasser [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,05	-		8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-		0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	1,60	-	-	1,0
3	8 cm Pino Ponderosa	3,20	-	-	25,7
4	0,05 cm Dampfsperre	500,00	-		1,4
5	7 cm Glaswolle WL032	0,07	-		2,1
6	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,02	-		0,1
7	2,1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-		0,0
	2,1 cm Pino Ponderosa (3,4%)	0,84	-	-	0,3
8	1 cm Pino Ponderosa	0,40	-	-	3,2
9	0,035 cm Dichtbahn, Bitumen	17,50	-		0,4
10	0,2 cm Baustahl	200,00	-		15,6
	23,67 cm Gesamtes Bauteil	721,31			58,3

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 21,4 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 55% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

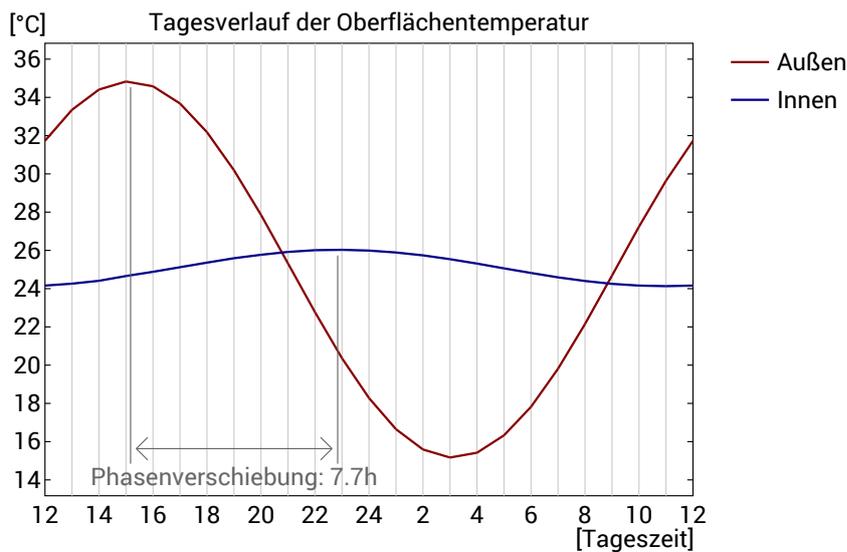
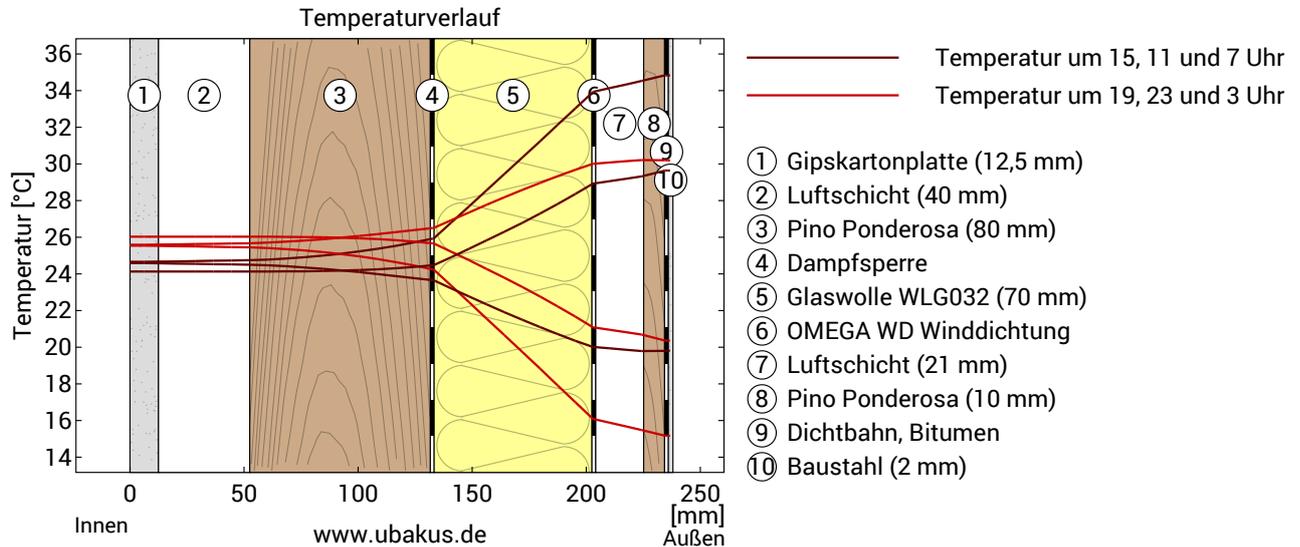


- | | | |
|------------------------------|---------------------------|----------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ⑤ Glaswolle WL032 (70 mm) | ⑨ Dichtbahn, Bitumen |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑥ OMEGA WD Winddichtung | ⑩ Baustahl (2 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (80 mm) | ⑦ Luftschicht (21 mm) | |
| ④ Dampfsperre | ⑧ Pino Ponderosa (10 mm) | |

Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



Obere Abbildung: Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

Untere Abbildung: Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	7,7 h	Wärmespeicherkapazität (gesamtes Bauteil):	72 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	10,3	Wärmespeicherkapazität der inneren Schichten:	43 kJ/m ² K
TAV***	0,097		

* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.

** Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.

*** Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: $TAV = 1/\text{Amplitudendämpfung}$

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

MH Buenos Aires - Enero

Dachkonstruktion
erstellt am 24.11.2021

Wärmeschutz

$U = 0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

GEG 2020 Bestand*: $U < 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



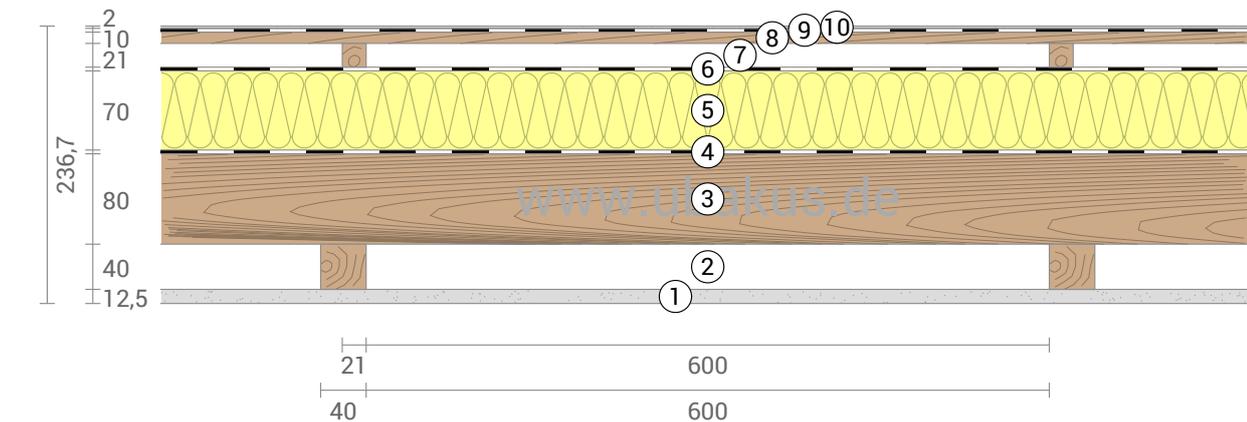
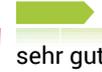
Feuchteschutz

Trocknet 17 Tage
Tauwasser: 1,4 g/m²



Hitzeschutz

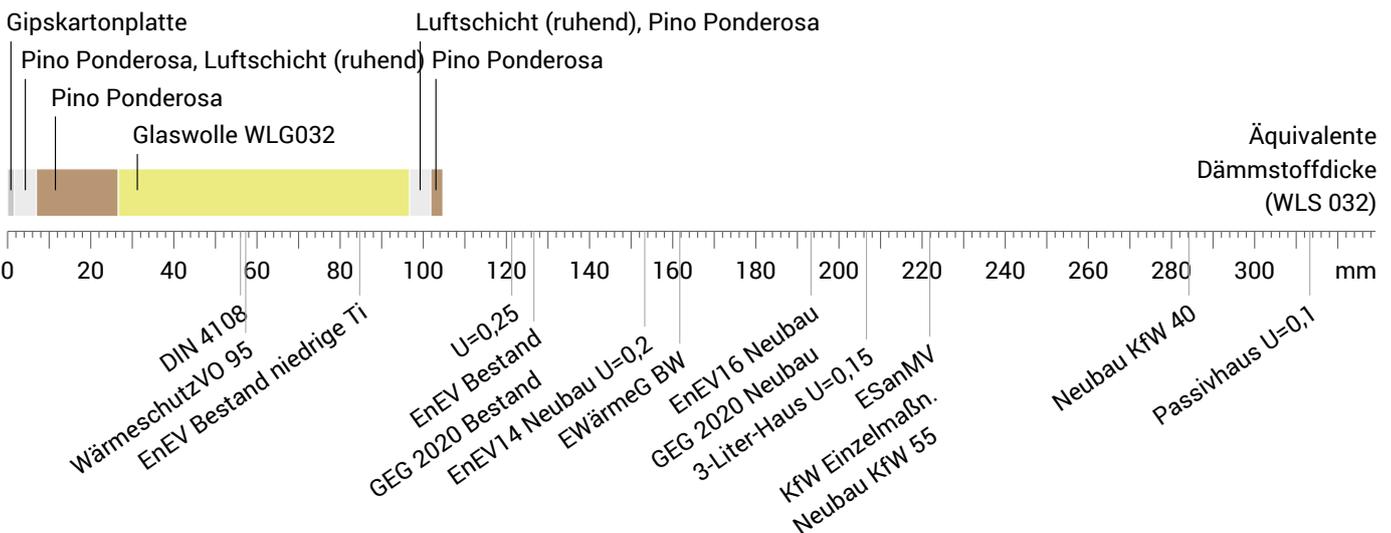
Temperaturamplitudendämpfung: 10
Phasenverschiebung: 7,7 h
Wärmekapazität innen: 43 kJ/m²K



- ① Gipskartonplatte (12,5 mm)
- ⑤ Glaswolle WLG032 (70 mm)
- ⑨ Dichtbahn, Bitumen
- ② Luftschicht (40 mm)
- ⑥ OMEGA WD Winddichtung
- ⑩ Baustahl (2 mm)
- ③ Pino Ponderosa (80 mm)
- ⑦ Luftschicht (21 mm)
- ④ Dampfsperre
- ⑧ Pino Ponderosa (10 mm)

Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

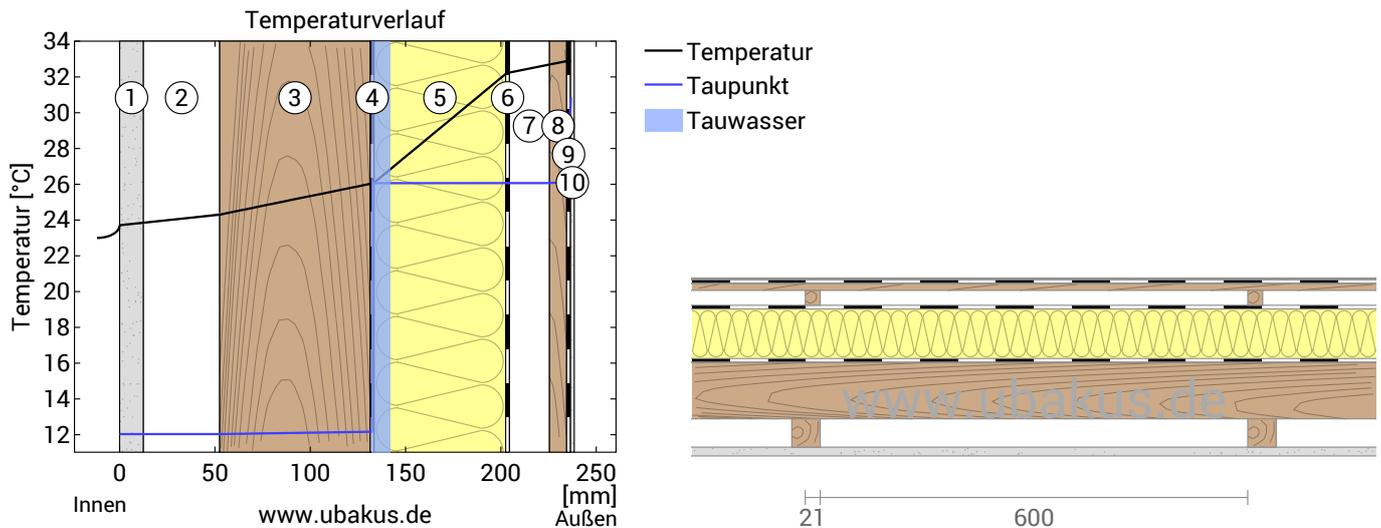
Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,032 W/mK.



Raumluft:	23,0°C / 50%	Dicke:	23,7 cm
Außenluft:	33,0°C / 88,2%	Gewicht:	58 kg/m ²
Oberflächentemp.:	23,7°C / 32,9°C	sd-Wert:	723,0 m
		Wärmekapazität:	72 kJ/m ² K

MH Buenos Aires - Enero, $U=0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Temperaturverlauf



- | | | |
|------------------------------|----------------------------|----------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (70 mm) | ⑨ Dichtbahn, Bitumen |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑥ OMEGA WD Winddichtung | ⑩ Baustahl (2 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (80 mm) | ⑦ Luftschicht (21 mm) | |
| ④ Dampfsperre | ⑧ Pino Ponderosa (10 mm) | |

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Taufwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Taufwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Taufwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*		0,170	23,0	23,7	
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,250	0,050	23,7	23,9	8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,250	0,160	23,8	24,4	0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	0,130	0,308	23,8	24,4	1,0
3	8 cm Pino Ponderosa	0,130	0,615	24,3	26,1	25,7
4	0,05 cm Dampfsperre	160,000	0,000	26,0	26,1	1,4
5	7 cm Glaswolle WLG032	0,032	2,188	26,0	32,2	2,1
6	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,500	0,001	32,2	32,2	0,1
7	2,1 cm Luftschicht (ruhend)	0,131	0,160	32,2	32,7	0,0
	2,1 cm Pino Ponderosa (3,4%)	0,130	0,162	32,2	32,7	0,3
8	1 cm Pino Ponderosa	0,130	0,077	32,7	32,9	3,2
9	0,035 cm Dichtbahn, Bitumen	0,230	0,002	32,9	32,9	0,4
10	0,2 cm Baustahl	50,000	0,000	32,9	32,9	15,6
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	32,9	33,0	
	23,67 cm Gesamtes Bauteil		3,469			58,3

*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden $R_{si}=0,25$ und $R_{se}=0,04$ gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 23,7°C 23,7°C 23,7°C
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): 32,9°C 32,9°C 32,9°C

MH Buenos Aires - Enero, $U=0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt: innen: 23°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: 33°C und 88.2% Luftfeuchtigkeit (Klima gemäß Benutzereingabe).

Unter den angenommenen Klimabedingungen fallen innerhalb von 90 Tagen 0,001 kg Tauwasser an.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,05	-	8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	1,60	-	1,0
3	8 cm Pino Ponderosa	3,20	-	25,7
4	0,05 cm Dampfsperre	500,00	-	1,4
5	7 cm Glaswolle WLG032	0,14	0,0015	2,1
6	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,02	-	0,1
7	2,1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
	2,1 cm Pino Ponderosa (3,4%)	4,20	-	0,3
8	1 cm Pino Ponderosa	2,00	-	3,2
9	0,035 cm Dichtbahn, Bitumen	17,50	-	0,4
10	0,2 cm Baustahl	200,00	-	15,6
	23,67 cm Gesamtes Bauteil	722,98	0,0014	58,3

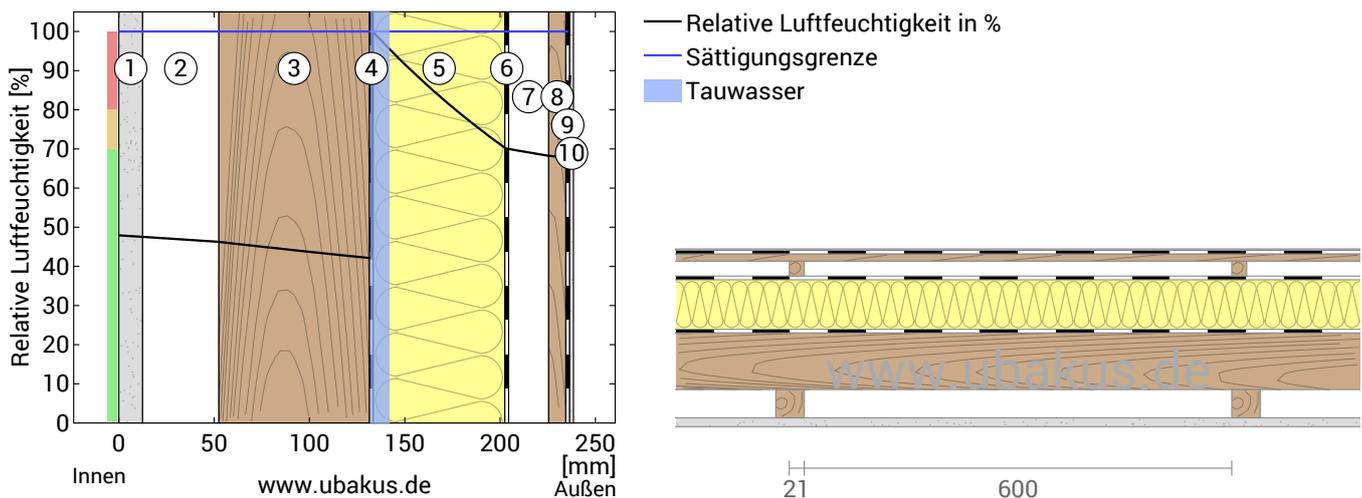
Tauwasserebenen

- 1 Tauwasser: ~0 kg/m² Betroffene Schichten: Glaswolle WLG032, Dampfsperre
- 2 Tauwasser: ~0 kg/m² Betroffene Schichten: Glaswolle WLG032, Dampfsperre
- 3 Tauwasser: ~0 kg/m² Betroffene Schichten: Glaswolle WLG032, Dampfsperre

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 23,0 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 48% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



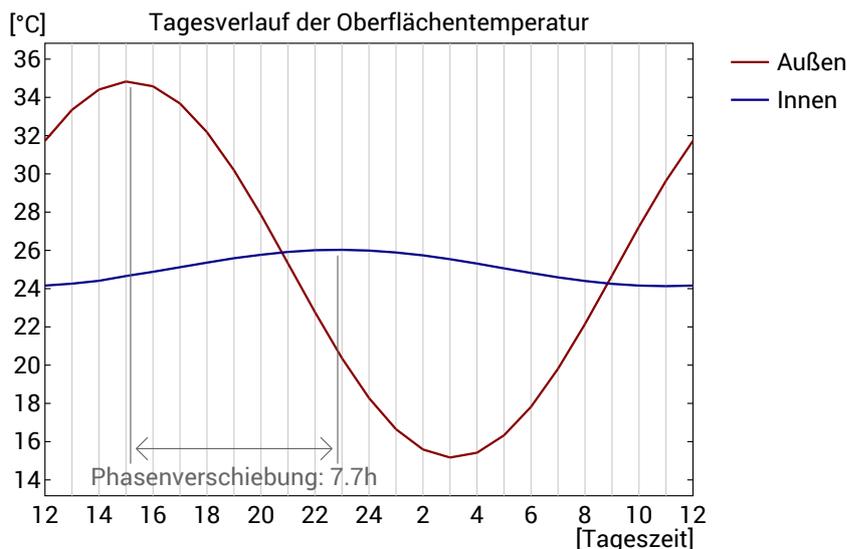
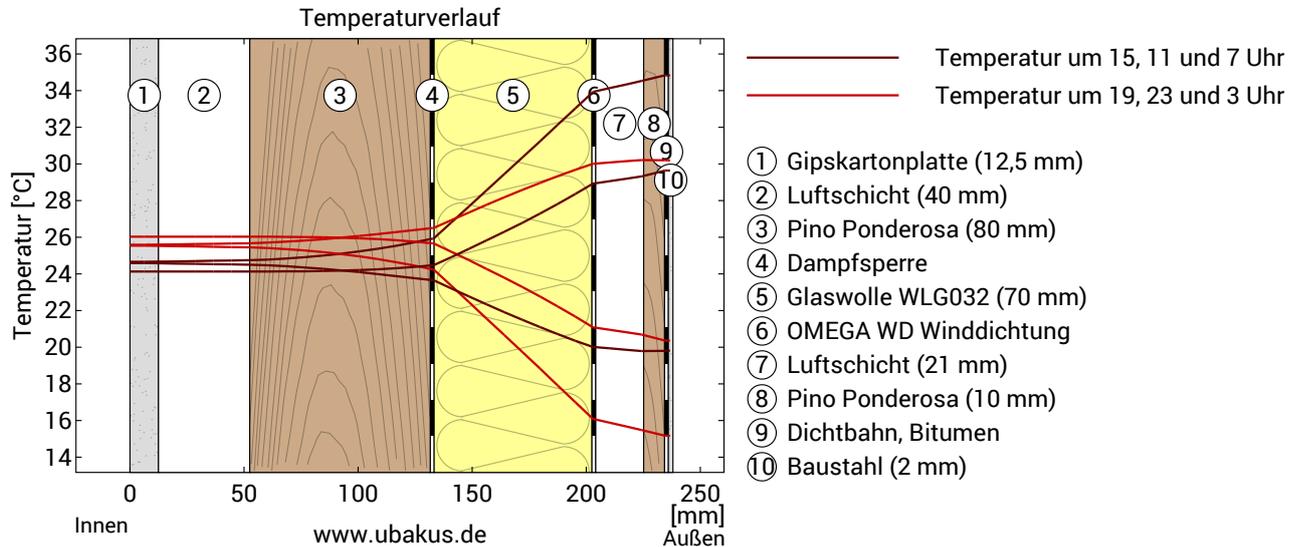
- | | | |
|------------------------------|----------------------------|----------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (70 mm) | ⑨ Dichtbahn, Bitumen |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑥ OMEGA WD Winddichtung | ⑩ Baustahl (2 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (80 mm) | ⑦ Luftschicht (21 mm) | |
| ④ Dampfsperre | ⑧ Pino Ponderosa (10 mm) | |

Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

MH Buenos Aires - Enero, $U=0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



Obere Abbildung: Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

Untere Abbildung: Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	7,7 h	Wärmespeicherkapazität (gesamtes Bauteil):	72 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	10,3	Wärmespeicherkapazität der inneren Schichten:	43 kJ/m ² K
TAV***	0,097		

* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.

** Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.

*** Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: $TAV = 1/\text{Amplitudendämpfung}$

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

MH Buenos Aires - Julio

Dachkonstruktion
erstellt am 24.11.2021

Wärmeschutz

$U = 0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

GEG 2020 Bestand*: $U < 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



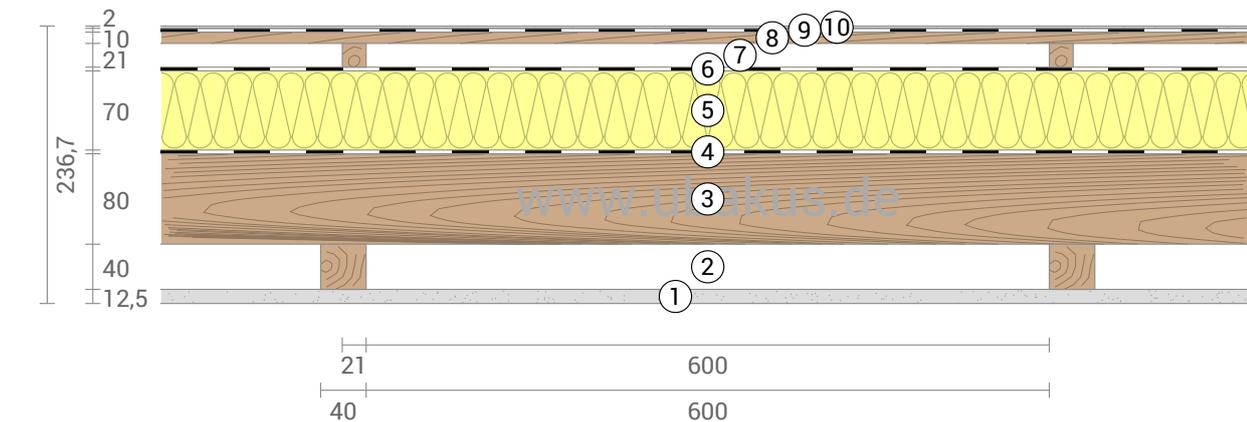
Feuchteschutz

Kein Tauwasser



Hitzeschutz

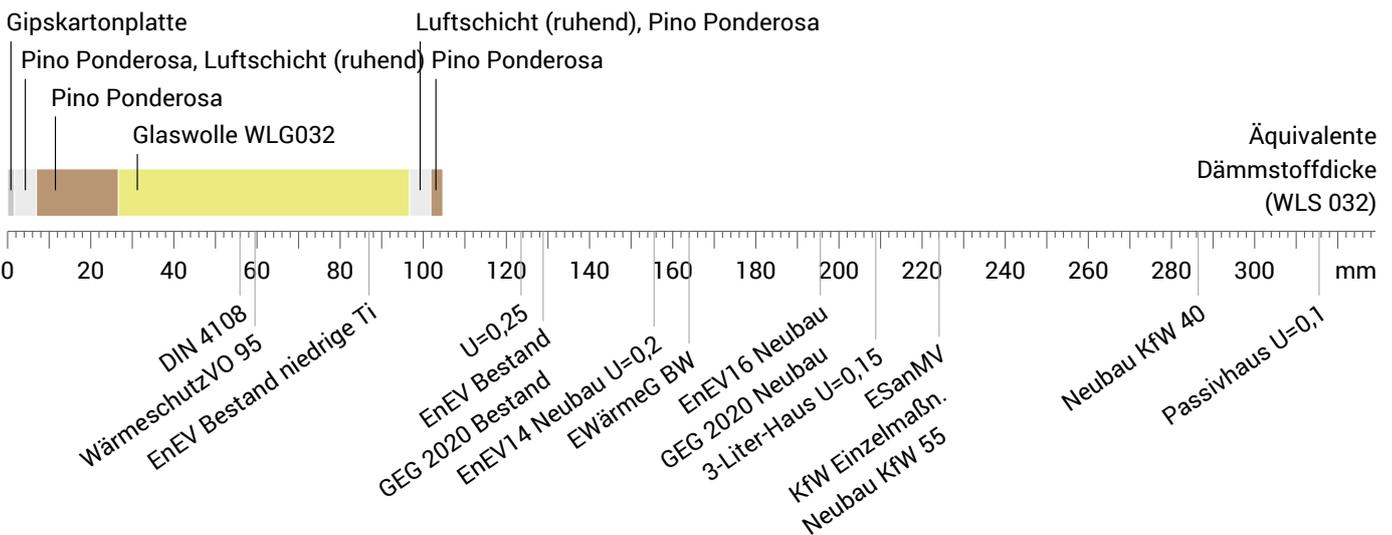
Temperaturamplitudendämpfung: 10
Phasenverschiebung: 7,7 h
Wärmekapazität innen: 43 kJ/m²K



- ① Gipskartonplatte (12,5 mm)
- ⑤ Glaswolle WLG032 (70 mm)
- ⑨ Dichtbahn, Bitumen
- ② Luftschicht (40 mm)
- ⑥ OMEGA WD Winddichtung
- ⑩ Baustahl (2 mm)
- ③ Pino Ponderosa (80 mm)
- ⑦ Luftschicht (21 mm)
- ④ Dampfsperre
- ⑧ Pino Ponderosa (10 mm)

Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

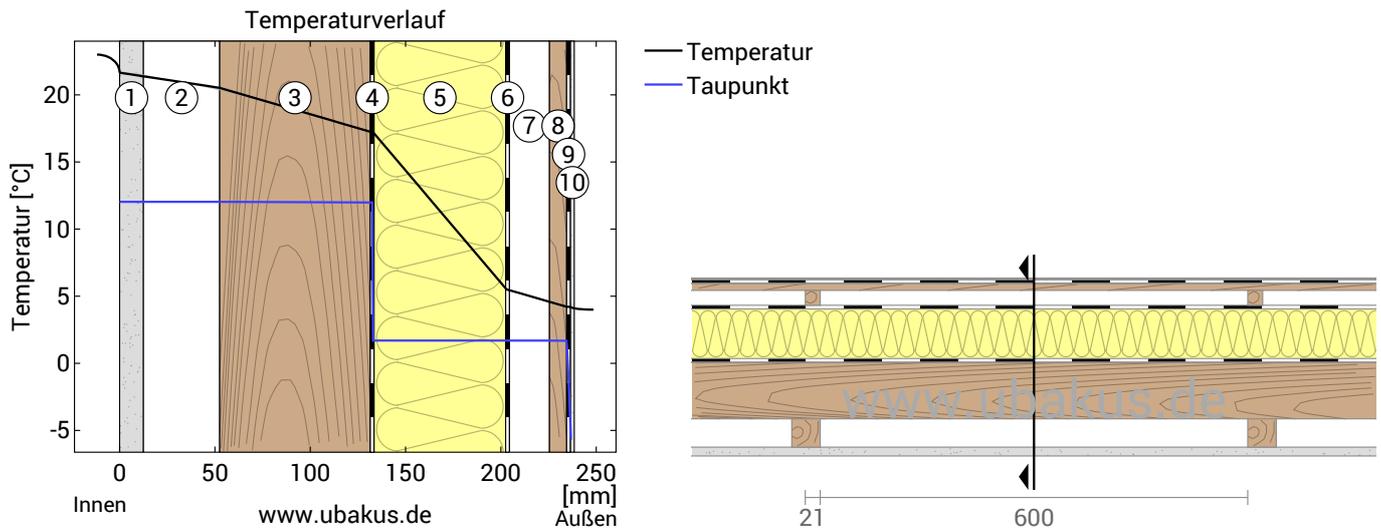
Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,032 W/mK.



Raumluft:	23,0°C / 50%		Dicke:	23,7 cm
Außenluft:	4,0°C / 46,8%	sd-Wert: 721,3 m	Gewicht:	58 kg/m ²
Oberflächentemp.:	21,7°C / 4,2°C		Wärmekapazität:	72 kJ/m ² K

MH Buenos Aires - Julio, $U=0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Temperaturverlauf



- | | | |
|------------------------------|----------------------------|----------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (70 mm) | ⑨ Dichtbahn, Bitumen |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑥ OMEGA WD Winddichtung | ⑩ Baustahl (2 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (80 mm) | ⑦ Luftschicht (21 mm) | |
| ④ Dampfsperre | ⑧ Pino Ponderosa (10 mm) | |

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*			21,7	23,0	
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,250	0,050	21,4	21,8	8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,250	0,160	20,4	21,5	0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	0,130	0,308	20,3	21,5	1,0
3	8 cm Pino Ponderosa	0,130	0,615	17,2	20,5	25,7
4	0,05 cm Dampfsperre	160,000	0,000	17,2	17,2	1,4
5	7 cm Glaswolle WLG032	0,032	2,188	5,5	17,2	2,1
6	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,500	0,001	5,5	5,5	0,1
7	2,1 cm Luftschicht (ruhend)	0,131	0,160	4,6	5,5	0,0
	2,1 cm Pino Ponderosa (3,4%)	0,130	0,162	4,6	5,5	0,3
8	1 cm Pino Ponderosa	0,130	0,077	4,2	4,6	3,2
9	0,035 cm Dichtbahn, Bitumen	0,230	0,002	4,2	4,2	0,4
10	0,2 cm Baustahl	50,000	0,000	4,2	4,2	15,6
	Wärmeübergangswiderstand*			4,0	4,2	
	23,67 cm Gesamtes Bauteil		3,399			58,3

*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden $R_{si}=0,25$ und $R_{se}=0,04$ gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 21,7°C 21,7°C 21,8°C
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): 4,2°C 4,2°C 4,2°C

MH Buenos Aires - Julio, $U=0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:
innen: 23°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: 4°C und 46.8% Luftfeuchtigkeit (Klima gemäß Benutzereingabe).

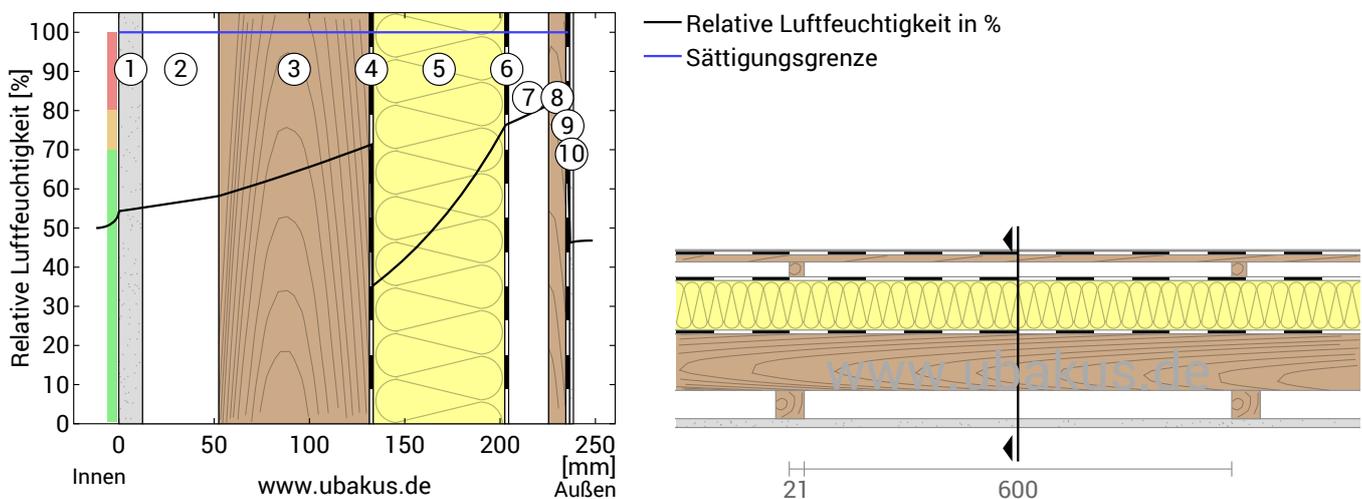
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,05	-	8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	1,60	-	1,0
3	8 cm Pino Ponderosa	3,20	-	25,7
4	0,05 cm Dampfsperre	500,00	-	1,4
5	7 cm Glaswolle WLG032	0,07	-	2,1
6	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,02	-	0,1
7	2,1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
	2,1 cm Pino Ponderosa (3,4%)	0,84	-	0,3
8	1 cm Pino Ponderosa	0,40	-	3,2
9	0,035 cm Dichtbahn, Bitumen	17,50	-	0,4
10	0,2 cm Baustahl	200,00	-	15,6
	23,67 cm Gesamtes Bauteil	721,31		58,3

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 21,7 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 54% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



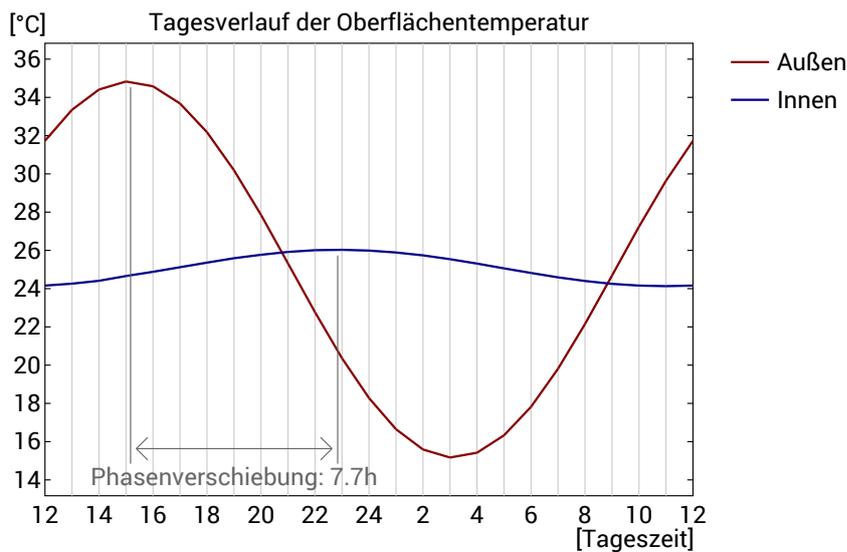
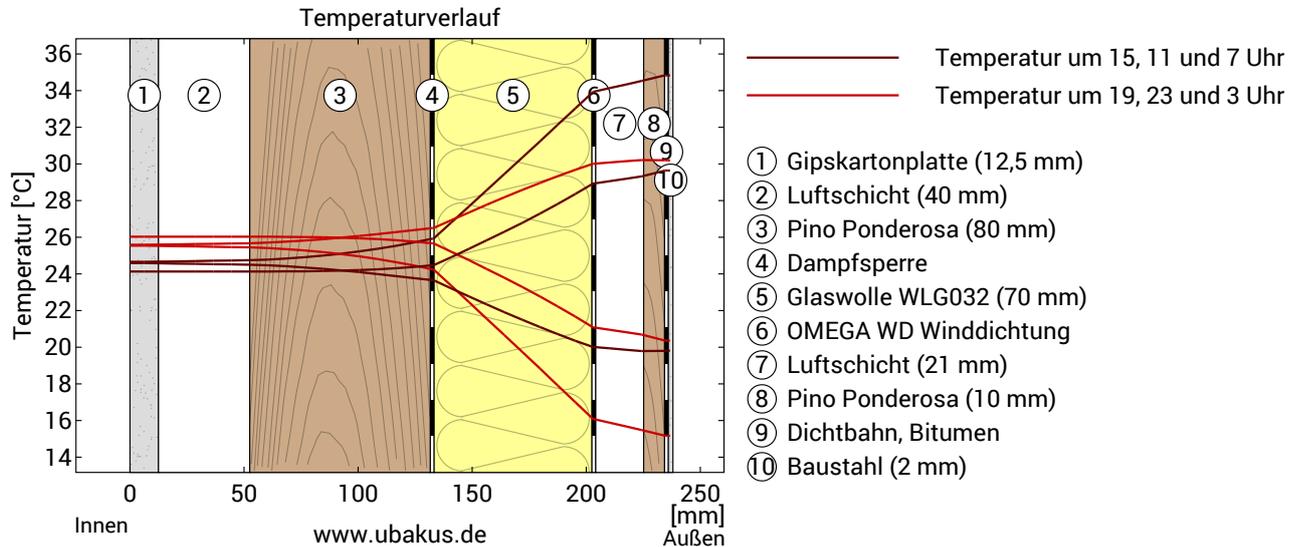
- | | | |
|------------------------------|----------------------------|----------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (70 mm) | ⑨ Dichtbahn, Bitumen |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑥ OMEGA WD Winddichtung | ⑩ Baustahl (2 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (80 mm) | ⑦ Luftschicht (21 mm) | |
| ④ Dampfsperre | ⑧ Pino Ponderosa (10 mm) | |

Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

MH Buenos Aires - Julio, $U=0,29 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



Obere Abbildung: Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

Untere Abbildung: Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	7,7 h	Wärmespeicherkapazität (gesamtes Bauteil):	72 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	10,3	Wärmespeicherkapazität der inneren Schichten:	43 kJ/m ² K
TAV***	0,097		

* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.

** Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.

*** Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: $TAV = 1/\text{Amplitudendämpfung}$

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

MH Río Gallegos - Enero

Dachkonstruktion
erstellt am 24.11.2021

Wärmeschutz

$U = 0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

GEG 2020 Bestand*: $U < 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

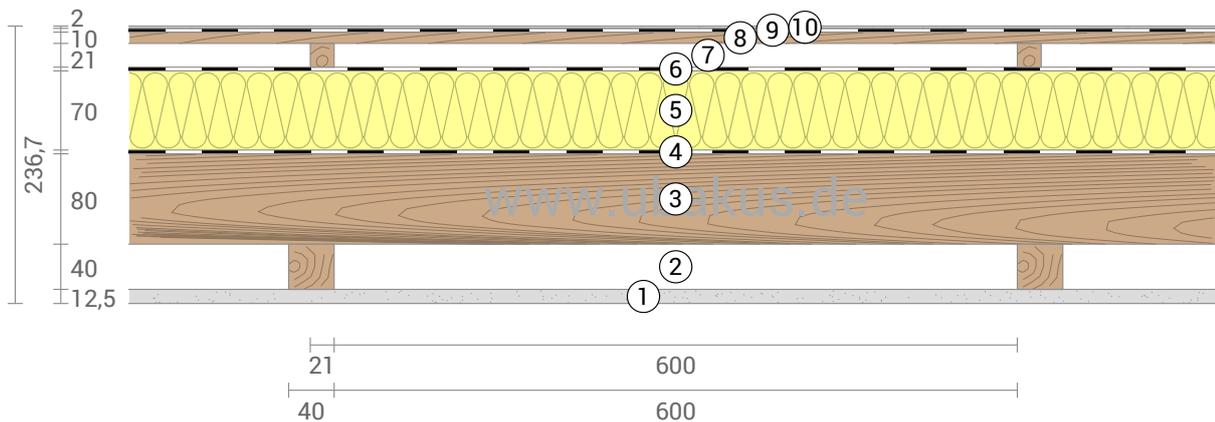


Feuchteschutz

Kein Tauwasser

Hitzeschutz

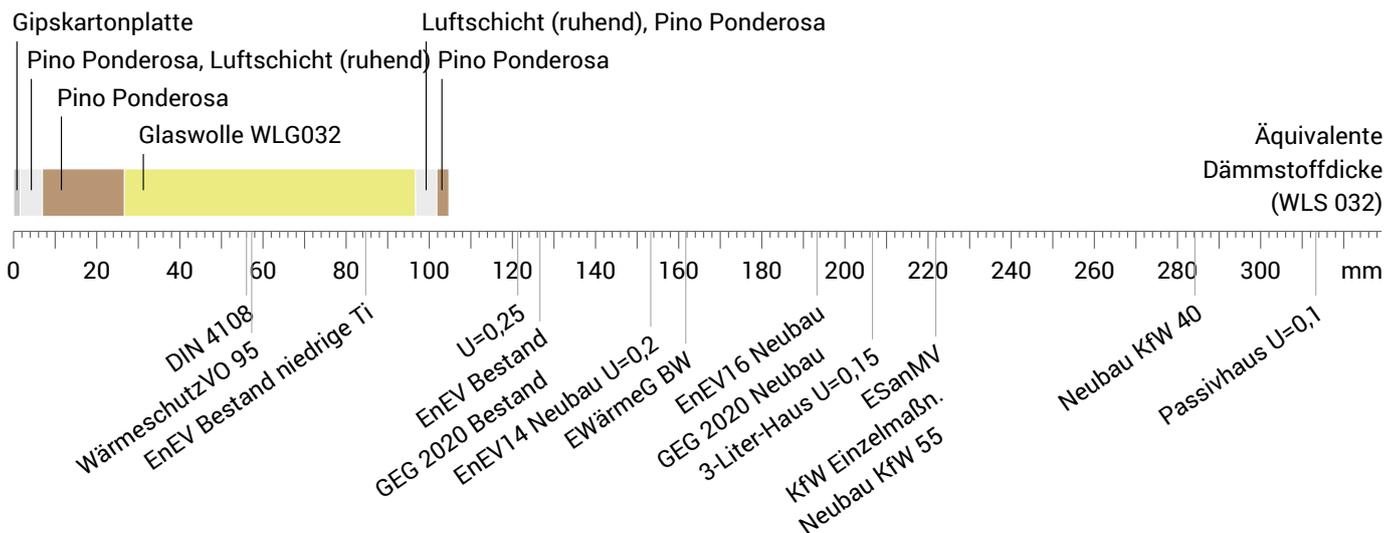
Temperaturamplitudendämpfung: 10
Phasenverschiebung: 7,7 h
Wärmekapazität innen: 43 kJ/m²K



- ① Gipskartonplatte (12,5 mm)
- ② Luftschicht (40 mm)
- ③ Pino Ponderosa (80 mm)
- ④ Dampfsperre
- ⑤ Glaswolle WLG032 (70 mm)
- ⑥ OMEGA WD Winddichtung
- ⑦ Luftschicht (21 mm)
- ⑧ Pino Ponderosa (10 mm)
- ⑨ Dichtbahn, Bitumen
- ⑩ Baustahl (2 mm)

Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

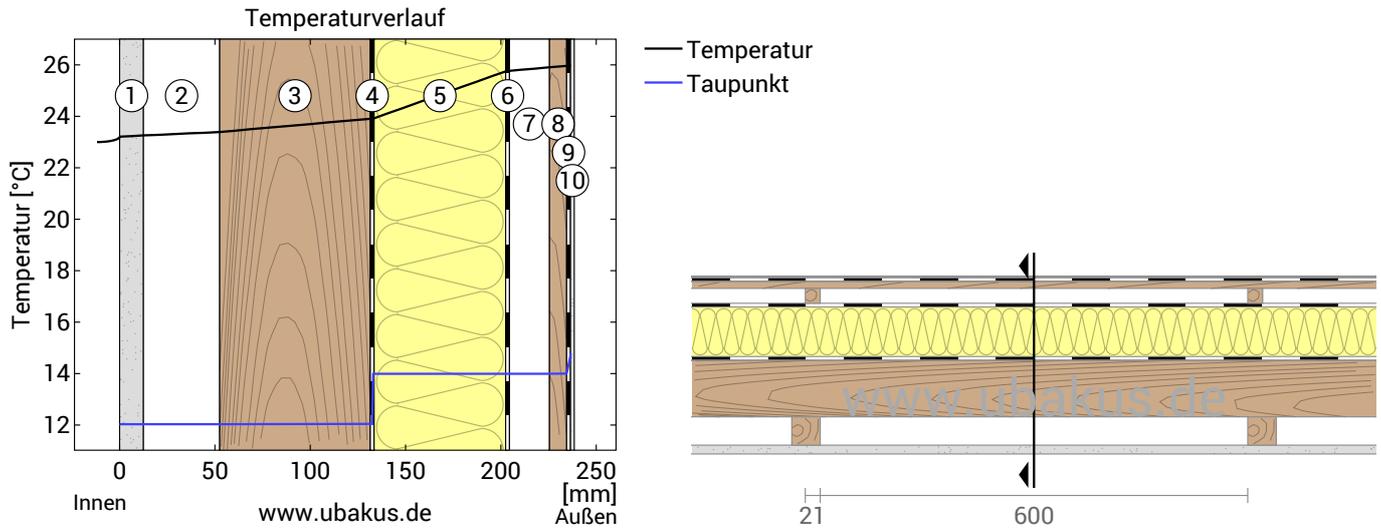
Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,032 W/mK.



Raumluft:	23,0°C / 50%		Dicke:	23,7 cm
Außenluft:	26,0°C / 50%	sd-Wert: 723,0 m	Gewicht:	58 kg/m ²
Oberflächentemp.:	23,2°C / 26,0°C		Wärmekapazität:	72 kJ/m ² K

MH Río Gallegos - Enero, $U=0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Temperaturverlauf



- | | | |
|------------------------------|----------------------------|----------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (70 mm) | ⑨ Dichtbahn, Bitumen |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑥ OMEGA WD Winddichtung | ⑩ Baustahl (2 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (80 mm) | ⑦ Luftschicht (21 mm) | |
| ④ Dampfsperre | ⑧ Pino Ponderosa (10 mm) | |

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*		0,170	23,0	23,2	
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,250	0,050	23,2	23,3	8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,250	0,160	23,2	23,4	0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	0,130	0,308	23,2	23,4	1,0
3	8 cm Pino Ponderosa	0,130	0,615	23,4	23,9	25,7
4	0,05 cm Dampfsperre	160,000	0,000	23,9	23,9	1,4
5	7 cm Glaswolle WLG032	0,032	2,188	23,9	25,8	2,1
6	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,500	0,001	25,8	25,8	0,1
7	2,1 cm Luftschicht (ruhend)	0,131	0,160	25,8	25,9	0,0
	2,1 cm Pino Ponderosa (3,4%)	0,130	0,162	25,8	25,9	0,3
8	1 cm Pino Ponderosa	0,130	0,077	25,9	26,0	3,2
9	0,035 cm Dichtbahn, Bitumen	0,230	0,002	26,0	26,0	0,4
10	0,2 cm Baustahl	50,000	0,000	26,0	26,0	15,6
	Wärmeübergangswiderstand*		0,040	26,0	26,0	
	23,67 cm Gesamtes Bauteil		3,469			58,3

*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden $R_{si}=0,25$ und $R_{se}=0,04$ gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max): 23,2°C 23,2°C 23,2°C
 Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max): 26,0°C 26,0°C 26,0°C

MH Río Gallegos - Enero, $U=0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:
innen: 23°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: 26°C und 50% Luftfeuchtigkeit (Klima gemäß Benutzereingabe).

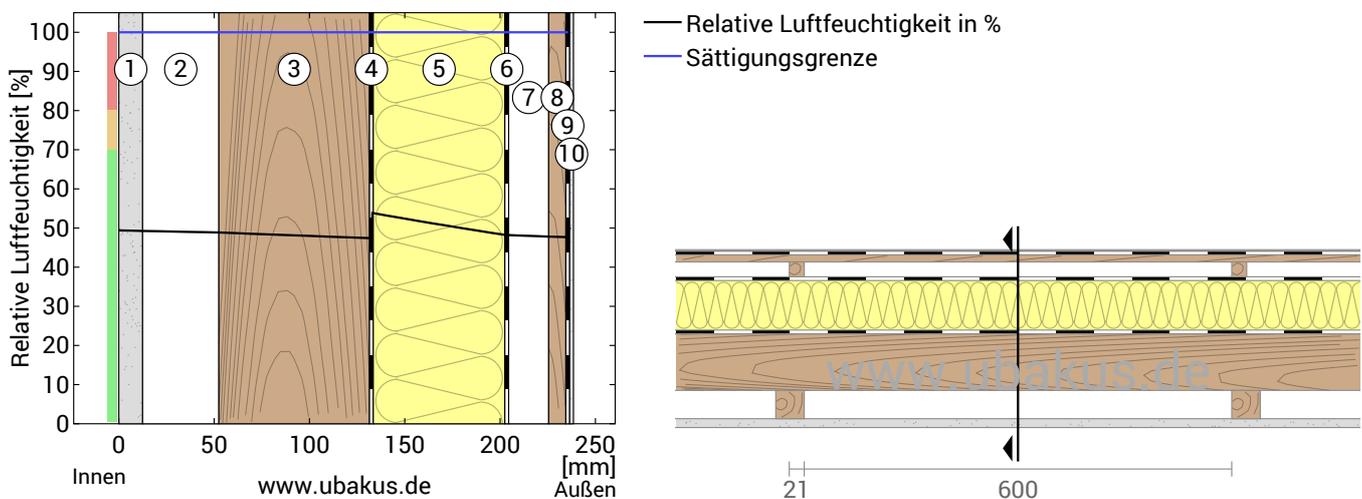
Unter den angenommenen Bedingungen bildet sich kein Tauwasser.

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,05	-	8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	1,60	-	1,0
3	8 cm Pino Ponderosa	3,20	-	25,7
4	0,05 cm Dampfsperre	500,00	-	1,4
5	7 cm Glaswolle WLG032	0,14	-	2,1
6	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,02	-	0,1
7	2,1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	0,0
	2,1 cm Pino Ponderosa (3,4%)	4,20	-	0,3
8	1 cm Pino Ponderosa	2,00	-	3,2
9	0,035 cm Dichtbahn, Bitumen	17,50	-	0,4
10	0,2 cm Baustahl	200,00	-	15,6
	23,67 cm Gesamtes Bauteil	722,98		58,3

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 23,0 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 49% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.



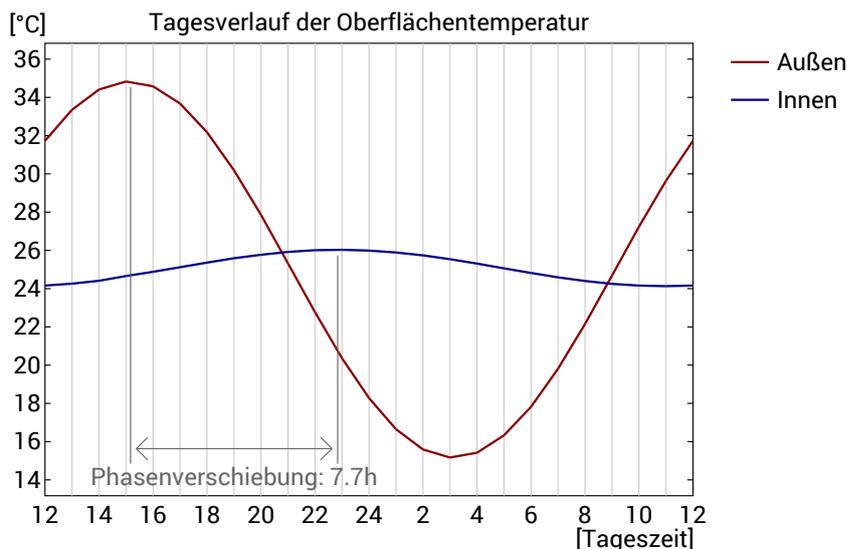
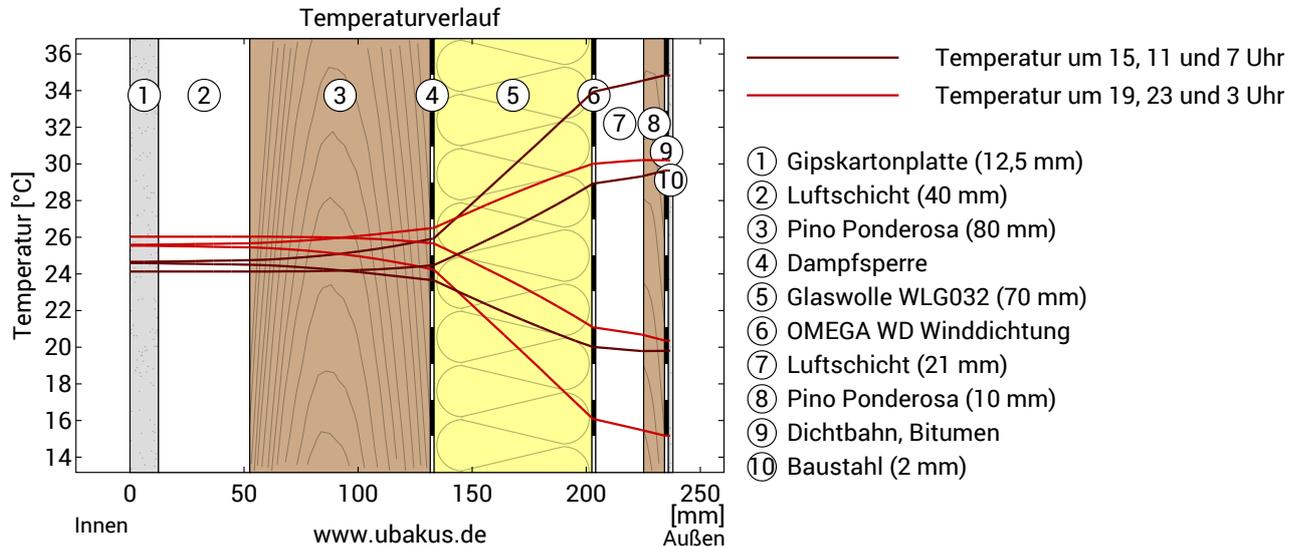
- | | | |
|------------------------------|----------------------------|----------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (70 mm) | ⑨ Dichtbahn, Bitumen |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑥ OMEGA WD Winddichtung | ⑩ Baustahl (2 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (80 mm) | ⑦ Luftschicht (21 mm) | |
| ④ Dampfsperre | ⑧ Pino Ponderosa (10 mm) | |

Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

MH Río Gallegos - Enero, $U=0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



Obere Abbildung: Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

Untere Abbildung: Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	7,7 h	Wärmespeicherkapazität (gesamtes Bauteil):	72 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	10,3	Wärmespeicherkapazität der inneren Schichten:	43 kJ/m ² K
TAV***	0,097		

* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.

** Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.

*** Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: $TAV = 1/\text{Amplitudendämpfung}$

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.

MH Río Gallegos - Julio

Dachkonstruktion
erstellt am 24.11.2021

Wärmeschutz

$U = 0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

GEG 2020 Bestand*: $U < 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



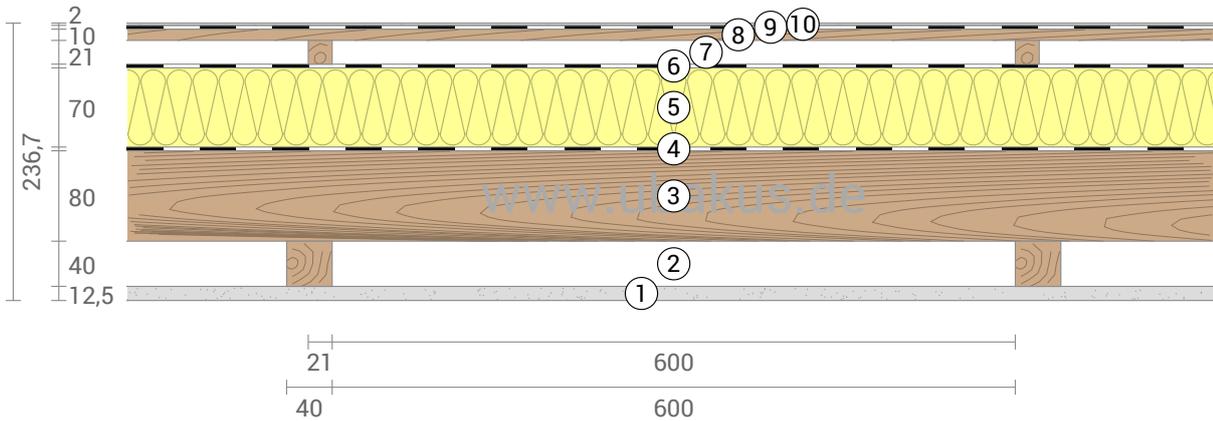
Feuchteschutz

Trocknet 22 Tage
Feuchtegehalt Holz: +0,1%
Tauwasser: 1,9 g/m²



Hitzeschutz

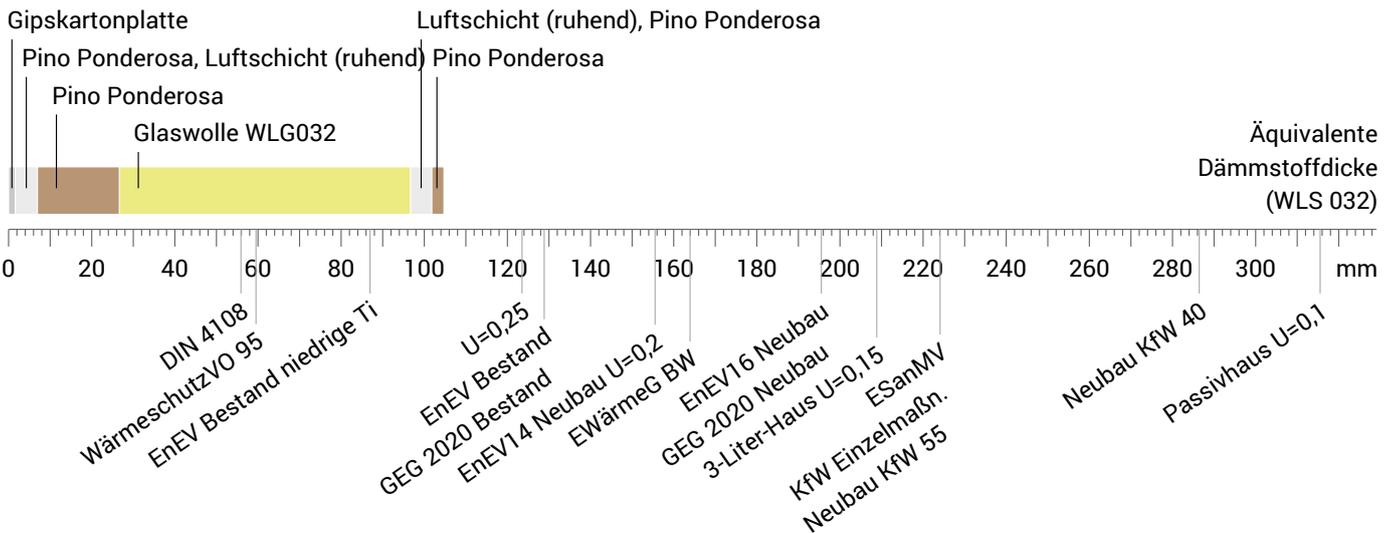
Temperaturamplitudendämpfung: 10
Phasenverschiebung: 7,7 h
Wärmekapazität innen: 43 kJ/m²K



- ① Gipskartonplatte (12,5 mm)
- ② Luftschicht (40 mm)
- ③ Pino Ponderosa (80 mm)
- ④ Dampfsperre
- ⑤ Glaswolle WLG032 (70 mm)
- ⑥ OMEGA WD Winddichtung
- ⑦ Luftschicht (21 mm)
- ⑧ Pino Ponderosa (10 mm)
- ⑨ Dichtbahn, Bitumen
- ⑩ Baustahl (2 mm)

Dämmwirkung einzelner Schichten und Vergleich mit Richtwerten

Für die folgende Abbildung wurden die Wärmedurchgangswiderstände (d.h. die Dämmwirkung) der einzelnen Schichten in Millimeter Dämmstoff umgerechnet. Die Skala bezieht sich auf einen Dämmstoff der Wärmeleitfähigkeit 0,032 W/mK.



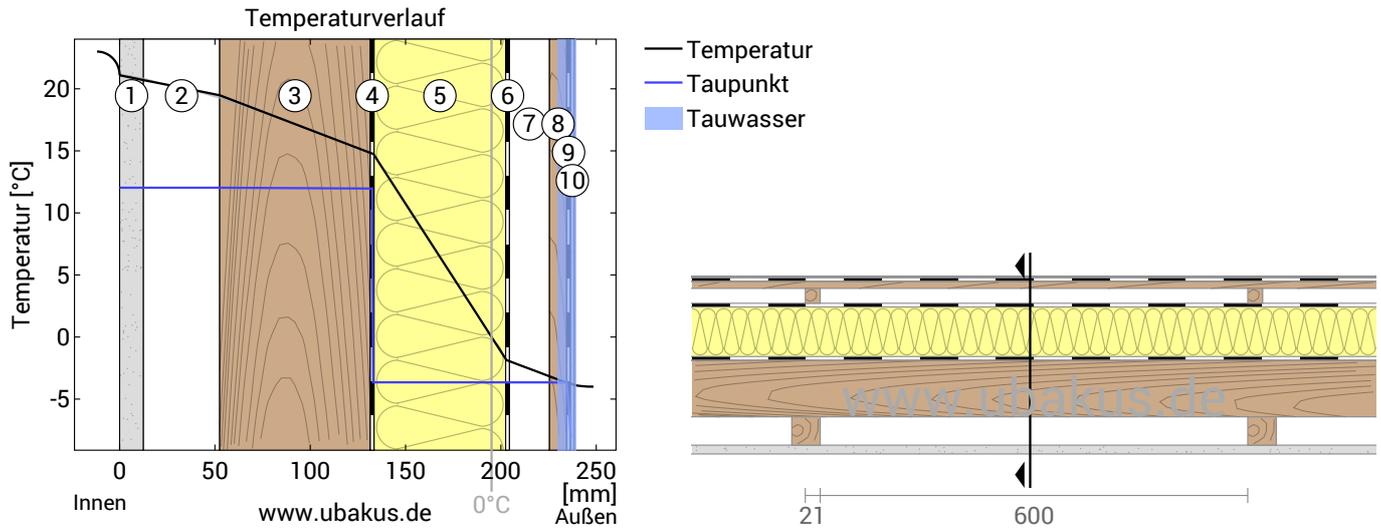
Raumluft: 23,0°C / 50%
Außenluft: -4,0°C / 70%
Oberflächentemp.: 21,1°C / -3,7°C

sd-Wert: 721,3 m

Dicke: 23,7 cm
Gewicht: 58 kg/m²
Wärmekapazität: 72 kJ/m²K

MH Río Gallegos - Julio, $U=0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Temperaturverlauf



- | | | |
|------------------------------|----------------------------|----------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (70 mm) | ⑨ Dichtbahn, Bitumen |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑥ OMEGA WD Winddichtung | ⑩ Baustahl (2 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (80 mm) | ⑦ Luftschicht (21 mm) | |
| ④ Dampfsperre | ⑧ Pino Ponderosa (10 mm) | |

Links: Verlauf von Temperatur und Taupunkt an der in der rechten Abbildung markierten Stelle. Der Taupunkt kennzeichnet die Temperatur, bei der Wasserdampf kondensieren und Tauwasser entstehen würde. Solange die Temperatur des Bauteils an jeder Stelle über der Taupunkttemperatur liegt, entsteht kein Tauwasser. Falls sich die beiden Kurven berühren, fällt an den Berührungspunkten Tauwasser aus.

Rechts: Maßstäbliche Zeichnung des Bauteils.

Schichten (von innen nach außen)

#	Material	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
	Wärmeübergangswiderstand*			21,1	23,0	
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,250	0,050	20,7	21,2	8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,250	0,160	19,3	20,8	0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	0,130	0,308	19,2	20,9	1,0
3	8 cm Pino Ponderosa	0,130	0,615	14,8	19,5	25,7
4	0,05 cm Dampfsperre	160,000	0,000	14,8	14,8	1,4
5	7 cm Glaswolle WLG032	0,032	2,188	-1,9	14,8	2,1
6	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,500	0,001	-1,9	-1,9	0,1
7	2,1 cm Luftschicht (ruhend)	0,131	0,160	-3,1	-1,9	0,0
	2,1 cm Pino Ponderosa (3,4%)	0,130	0,162	-3,1	-1,9	0,3
8	1 cm Pino Ponderosa	0,130	0,077	-3,7	-3,1	3,2
9	0,035 cm Dichtbahn, Bitumen	0,230	0,002	-3,7	-3,7	0,4
10	0,2 cm Baustahl	50,000	0,000	-3,7	-3,7	15,6
	Wärmeübergangswiderstand*			0,040	-4,0	-3,7
	23,67 cm Gesamtes Bauteil		3,399			58,3

*Wärmeübergangswiderstände gemäß DIN 6946 für die U-Wert-Berechnung. Für Feuchteschutz und Temperaturverlauf wurden $R_{si}=0,25$ und $R_{se}=0,04$ gemäß DIN 4108-3 verwendet.

Oberflächentemperatur innen (min / mittel / max):	21,1°C	21,1°C	21,2°C
Oberflächentemperatur außen (min / mittel / max):	-3,7°C	-3,7°C	-3,7°C

MH Río Gallegos - Julio, $U=0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Feuchteschutz

Für die Berechnung der Tauwassermenge wurde das Bauteil 90 Tage lang dem folgenden konstanten Klima ausgesetzt:
innen: 23°C und 50% Luftfeuchtigkeit; außen: -4°C und 70% Luftfeuchtigkeit (Klima gemäß Benutzereingabe).

Unter diesen Bedingungen fallen insgesamt 0,0019 kg Tauwasser pro Quadratmeter an. Diese Menge trocknet im Sommer innerhalb von 22 Tagen ab (Verdunstungsperiode gemäß DIN 4108-3:2018-10).

#	Material	sd-Wert [m]	Tauwasser [kg/m ²]	Tauwasser [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	1,25 cm Gipskartonplatte	0,05	-	-	8,5
2	4 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	-	0,0
	4 cm Pino Ponderosa (6,2%)	1,60	-	-	1,0
3	8 cm Pino Ponderosa	3,20	-	-	25,7
4	0,05 cm Dampfsperre	500,00	-	-	1,4
5	7 cm Glaswolle WLG032	0,07	-	-	2,1
6	0,035 cm OMEGA WD Winddichtung	0,02	-	-	0,1
7	2,1 cm Luftschicht (ruhend)	0,01	-	-	0,0
	2,1 cm Pino Ponderosa (3,4%)	0,84	-	-	0,3
8	1 cm Pino Ponderosa	0,40	0,0019	0,1	3,2
9	0,035 cm Dichtbahn, Bitumen	17,50	-	-	0,4
10	0,2 cm Baustahl	200,00	-	-	15,6
	23,67 cm Gesamtes Bauteil	721,31	0,0019		58,3

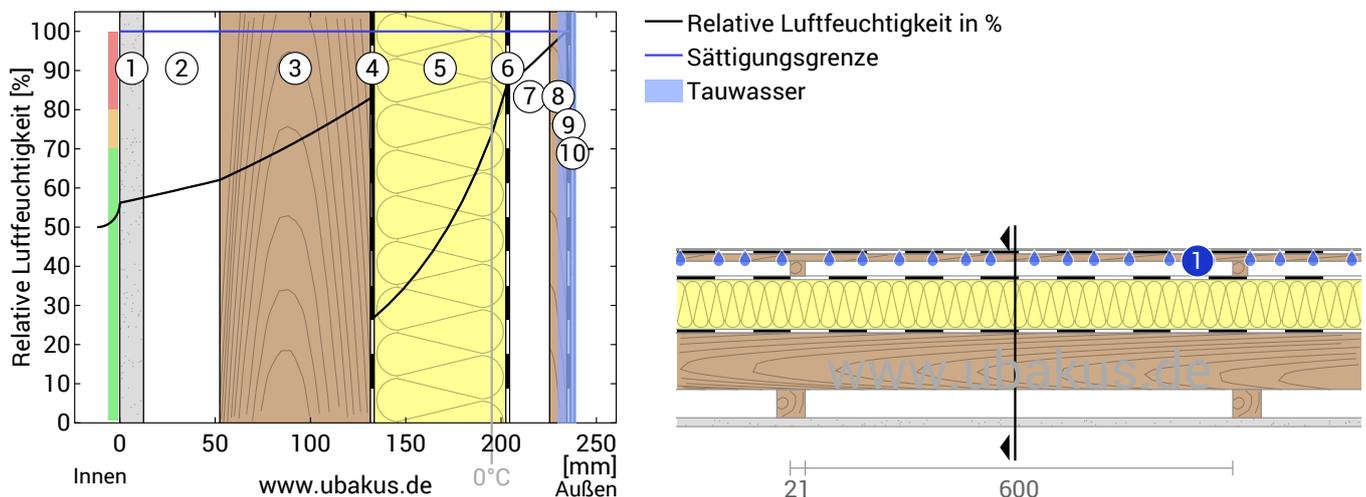
Tauwasserebenen

- ① Tauwasser: 0,002 kg/m² Betroffene Schichten: Dichtbahn, Bitumen, Pino Ponderosa

Luftfeuchtigkeit

Die Oberflächentemperatur auf der Raumseite beträgt 21,1 °C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 56% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.

Das folgende Diagramm zeigt die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils.

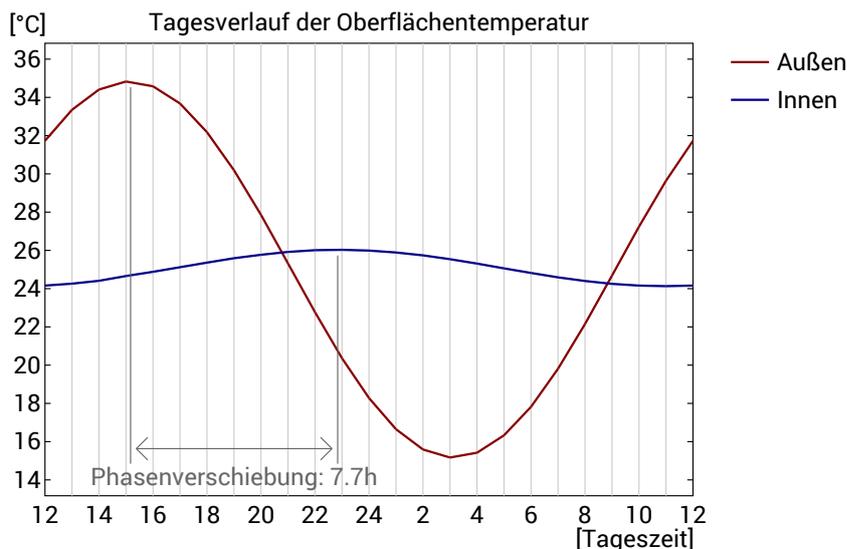
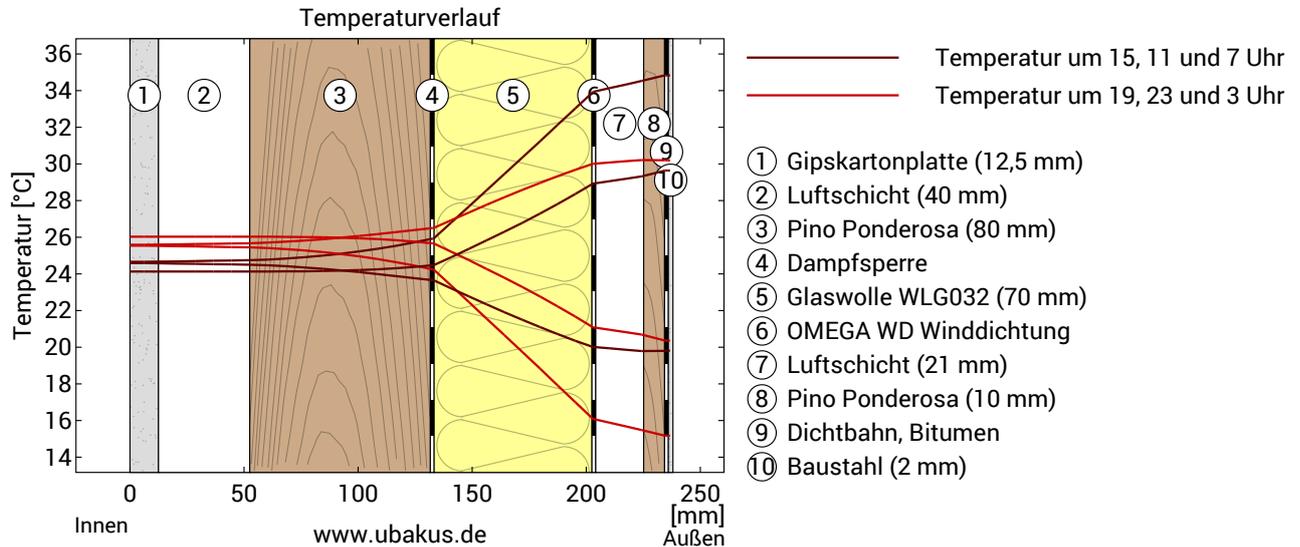


- | | | |
|------------------------------|----------------------------|----------------------|
| ① Gipskartonplatte (12,5 mm) | ⑤ Glaswolle WLG032 (70 mm) | ⑨ Dichtbahn, Bitumen |
| ② Luftschicht (40 mm) | ⑥ OMEGA WD Winddichtung | ⑩ Baustahl (2 mm) |
| ③ Pino Ponderosa (80 mm) | ⑦ Luftschicht (21 mm) | |
| ④ Dampfsperre | ⑧ Pino Ponderosa (10 mm) | |

Hinweise: Berechnung mittels Ubakus 2D-FE Verfahren. Konvektion und die Kapillarität der Baustoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Trocknungsdauer kann unter ungünstigen Bedingungen (Beschattung, feuchte/kühle Sommer) länger dauern als hier berechnet.

Hitzeschutz

Die folgenden Ergebnisse sind Eigenschaften des untersuchten Bauteils allein und machen keine Aussage über den Hitzeschutz des gesamten Raums:



Obere Abbildung: Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils zu verschiedenen Zeitpunkten. Jeweils von oben nach unten, braune Linien: um 15, 11 und 7 Uhr und rote Linien um 19, 23 und 3 Uhr morgens.

Untere Abbildung: Temperatur auf der äußeren (rot) und inneren (blau) Oberfläche im Verlauf eines Tages. Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die Lage der Temperaturhöchstwerte. Das Maximum der inneren Oberflächentemperatur sollte möglichst während der zweiten Nachthälfte auftreten.

Phasenverschiebung*	7,7 h	Wärmespeicherkapazität (gesamtes Bauteil):	72 kJ/m ² K
Amplitudendämpfung**	10,3	Wärmespeicherkapazität der inneren Schichten:	43 kJ/m ² K
TAV***	0,097		

* Die Phasenverschiebung gibt die Zeitdauer in Stunden an, nach der das nachmittägliche Hitzemaximum die Bauteilinnenseite erreicht.

** Die Amplitudendämpfung beschreibt die Abschwächung der Temperaturwelle beim Durchgang durch das Bauteil. Ein Wert von 10 bedeutet, dass die Temperatur auf der Außenseite 10x stärker variiert, als auf der Innenseite, z.B. außen 15-35°C, innen 24-26°C.

*** Das Temperaturamplitudenverhältnis TAV ist der Kehrwert der Dämpfung: $TAV = 1/\text{Amplitudendämpfung}$

Hinweis: Der Hitzeschutz eines Raumes wird von mehreren Faktoren beeinflusst, im Wesentlichen aber von der direkten Sonneneinstrahlung durch Fenster und der Gesamtmenge an Speichermasse (darunter auch Fußboden, Innenwände und Einbauten/Möbel). Ein einzelnes Bauteil hat auf den Hitzeschutz des Raumes in der Regel nur einen sehr geringen Einfluss.

Die oben dargestellten Berechnungen wurden für einen 1-dimensionalen Querschnitt des Bauteils erstellt.