



**CASA DE BALNEARIO EN SOLANAS DE ESTRUCTURA DE POSTE Y VIGA DE  
EUCALITPTUS CON BAJA ENERGÍA INCORPORADA EN SU PRODUCCIÓN**  
**SOLANAS HOUSE WITH POST AND BEAM STRUCTURE WITH EUCALYPTUS TO LOW  
ENERGY INCORPORATED IN ITS PRODUCTION**

Nogara, Pier<sup>1</sup>; Benitez, Alejandro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Uruguay;

<sup>2</sup>CUT Centro Universitario Tacuarembó, Uruguay

CÓDIGO: 4620268

### Resumen

El proyecto y ejecución de la Vivienda se realizó desde la consigna de los propietarios, de utilizar materiales constructivos de baja transformación que conjugaran con el entorno natural de pinos marítimos en el Balneario Solanas de Punta del Este. A partir de esta premisa se realizó el proyecto en base a un Sistema Constructivo de Poste y Viga con rollizos de Eucaliptus Grandis de 25 cm. de diámetro promedio tratados con sales de Cromo-Cobre-Arsénico. La propuesta implicó para su ejecución una metodología de armado que contemplara el posicionamiento de los postes (algunos continuos en dimensiones de 8 m. de altura) con sus aristas exteriores coplanares para ser revestidas con un emplacado exterior de OSB en toda su envolvente. La propuesta constructiva utilizó piezas estructurales de muy baja transformación a partir de madera en rollizos que incorporan baja energía en su proceso de producción, reduciendo las emisiones de dióxido de carbono y favoreciendo una Arquitectura más sustentable. La reducción de energía en la etapa de producción de los elementos constructivos de un edificio es una estrategia directa y efectiva para reducir las emisiones de dióxido de carbono que afectan al cambio climático, generando de esta manera construcciones más amigables con el medio ambiente.

*Palabras-clave: Casa de balneario, Estructura de Poste y Viga, baja energía incorporada*

### Abstract

The project and execution of the Housing was made from the precept of the owners to use low-construction building materials which combine with the natural environment of marine pines in the Solanas Spa of Punta del Este. Based on this premise, the project was carried out based on a Post and Beam Constructive System with Eucalyptus Grandis logs with diameter of 25 cm. of average treated with Chromium-Copper-Arsenic salts. The proposal involved an assembly methodology for the positioning of the posts (many of them continuous in dimensions of 8 m height) with their coplanar outer edges to be covered with the exterior OSB in its entire envelope.

The construction proposal used structural pieces of very low transformation form wood in logs that incorporates low energy in its production process and reduces carbon dioxide emissions, favoring a more sustainable architecture. The reduction of energy in the production stage of the building elements is a direct and effective strategy that reduces the greenhouse effect and the consequences of climate change generating more sustainable constructions.

*Keywords: House, Post and Beam Structure, low energy incorporated*



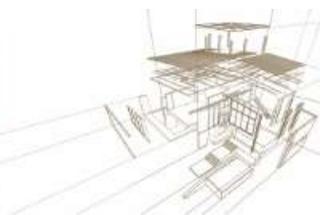
## 1. INTRODUCCIÓN

Desde la etapa de anteproyecto de la vivienda los propietarios tuvieron la idea de utilizar materiales constructivos de baja transformación y particularmente la utilización de maderas nacionales que conjugaran con el entorno natural de pinos marítimos en el Balneario Solanas de Punta del Este. En una primera etapa del anteproyecto se consideró la elección de un Sistema Constructivo de entramado ligero como solución estructural pero a posteriori y con la intención de lograr una estética espacial interior que dialogara con el paisaje de los pinares de Solanas, se planteó desde el proyecto dejar expuesta la estructura, buscando integrar la idea de la “cabaña primitiva” (Laugier, 1755) con una resolución estética de materiales de mayor acabado en las terminaciones. Fue a partir de estas dos concepciones, de utilizar materiales de baja transformación y de lograr una estética interior que conjugara con el entorno inmediato que se decidió optar por un Sistema Constructivo de Poste y Viga con rollizos de Eucaliptus Grandis de 25 cm. de diámetro promedio tratados con sales de Cromo-Cobre-Arsénico (CCA), conformando un cerramiento entre los vanos estructurales con paneles de entramado ligero de 2” x 4” de Pino Elliotti y Taeda con tratamiento de CCA. La rigidización de toda la estructura se realizó mediante paneles de OSB de 11 mm. de espesor y como terminación de la envolvente se utilizó un revestimiento exterior en tablas cementicias con textura de madera y revestimiento interior con placas de yeso de 12 mm de espesor manteniendo visible parte de la estructura conformada por los rollizos de Eucaliptus Grandis.

Contemplando las premisas iniciales, la propuesta constructiva utilizó piezas estructurales de muy baja transformación a partir de madera en rollizos que incorpora baja energía en su proceso de producción, siendo esta una de las medidas más eficaces para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero GEI en la industria de la construcción que intervienen en las causas del cambio climático (Libro Verde, 2005). La reducción de energía en la etapa de producción de los elementos constructivos de un edificio tiene consecuencia directa en la baja de emisiones de los GEI hacia la atmósfera y es una estrategia efectiva para reducir las causas del cambio climático, generando construcciones más amigables con el medio ambiente y una Arquitectura sustentable.



Figura 1: Esquema del “efecto invernadero”.(Huella de carbono, Aragón 2011)



## 2. METODOLOGIA PARA LA EJECUCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE POSTE Y VIGA

En relación a la resolución formal de la vivienda se buscó materializar una imagen de plano continuo de fachada, lo que exigiría la continuidad material del revestimiento y su estructura auxiliar a ser anclada a la estructura principal de poste y viga. A su vez la resolución material de las fachadas debía mantener la verticalidad en sus dos ejes (eje de fachadas con orientación norte-sur y eje este-oeste). Una dificultad que esto presentaba era que al utilizar rollizos de madera sin maquinar, los mismos presentarían variaciones dimensionales tanto en el diámetro como en su conicidad (debido al crecimiento natural irregular del fuste), por lo que se debería recomponer un plano tangente a los postes desde el lado exterior a estos y que a su vez fuera perpendicular al plano horizontal para que tanto los paneles rigidizadores de OSB como el revestimiento exterior adosado a este quedaran perfectamente alineados en los ejes de fachada y aplomado respecto al plano vertical. Las dimensiones de los rollizos-postes, por sus características naturales son irregulares y debido a la esbeltez necesaria que solicitaba el proyecto estructural (piezas de 4 a 8 metros de longitud, con diámetros variables aproximados a los 25 cm.) los mismos presentaban una conicidad natural que generaba piezas diferentes con diámetros variables en cada uno de los postes. La propuesta implicó para su ejecución un metodología de armado que contemplara el posicionamiento de los postes con sus aristas exteriores coplanares para ser revestidas con el emplacado exterior de OSB en toda su envolvente y el posterior anclaje del revestimiento de terminación exterior conformado por tablas cementicias con textura de madera.



Figura 2: Modelo-vista fachada principal. Figura 3: Modelo-vista interior de entresiso

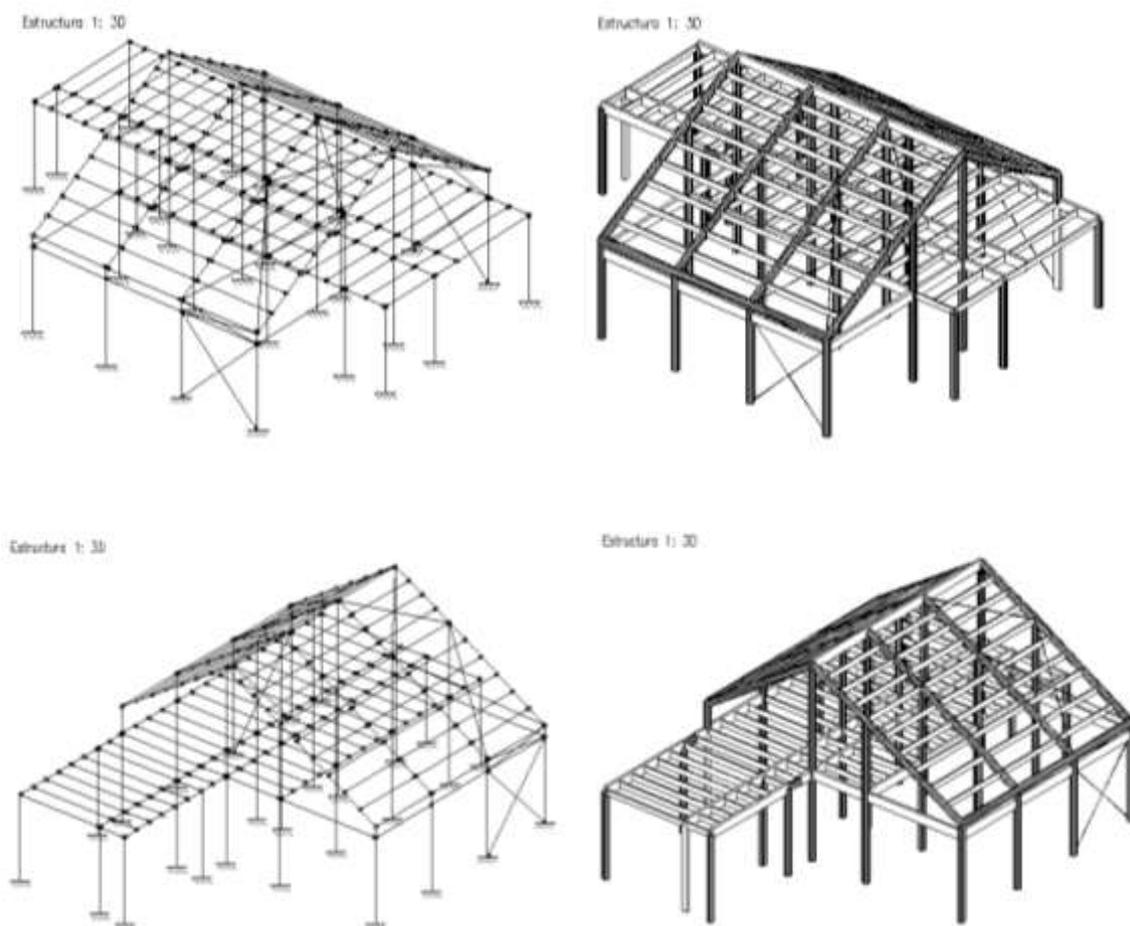
## 3. EJECUCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PILAR Y VIGA.

### 3.1 ETAPA PROYECTUAL

El proyecto se conformó en base al Sistema Constructivo de Poste y Viga en madera de Eucaliptus Grandis de diámetro promedio 25 cm. dimensionado en base a una modulación de 2, 3 y 4 metros en planta y con alturas de los postes entre 3 a 8 m., tabiques entre vanos de estructura conformados por entramados de Pino Elliotti y Taeda de 2" x 4", vigas de entresiso y correas de techo de 3" x 8" de Pino Elliotti y Taeda, con arriostramiento general en placas de OSB de 11 mm., revestimientos exteriores de tablas cementicias con textura de madera, placas interiores de yeso-cartón de 12mm, con aislación impermeable



de lámina microporosa tipo Tyvek, aislación térmica y acústica de lana de vidrio y lámina barrera de vapor de polietileno 200 micras.



ENTREPISO:  
TIRANTES DE PINO 3 X 8 Cada 0.60  
ESTRUCTURA GENERAL:  
ROLOS DE EUCALIPTUS DIAM.MIN. 25 CM  
ENTREPISO:  
ROLOS DE EUCALIPTUS DIAM.MIN. 25 CM  
CORREAS DE PINO 3 X 8

vivienda en solanas –  
Estructura 1  
Norma de acero laminado: NBR 8800: 2006  
Norma de madera: Eurocódigo 5  
Acero laminado: A-36 250Mpa  
Madera edt\_RML: D35  
Madera edt\_CMG: C18  
Escala: 1:100

*Figura 4: Modelo-Vistas axonométricas del diseño estructural del Sistema Poste y Viga*

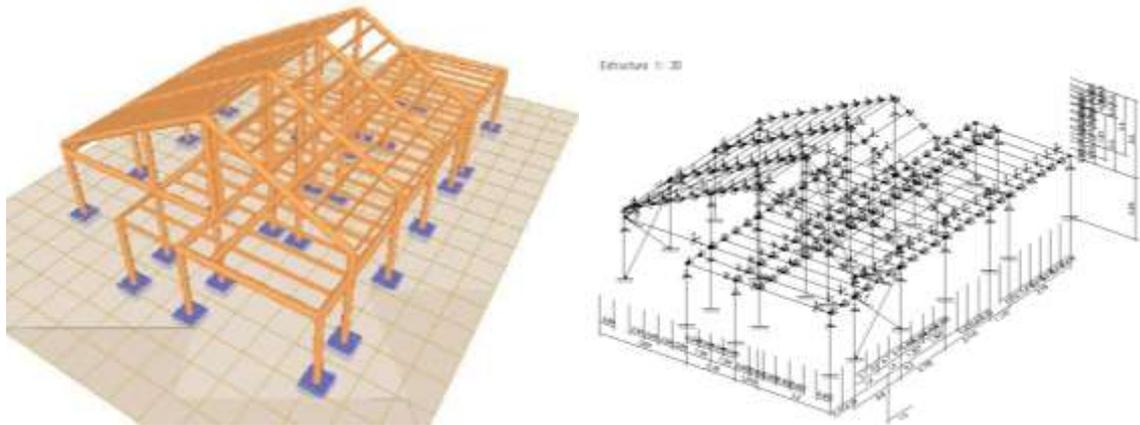
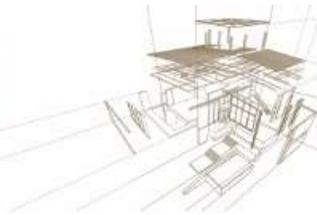


Figura 5: Modelo-Vistas axonométricas del diseño estructural del Sistema Poste y Viga

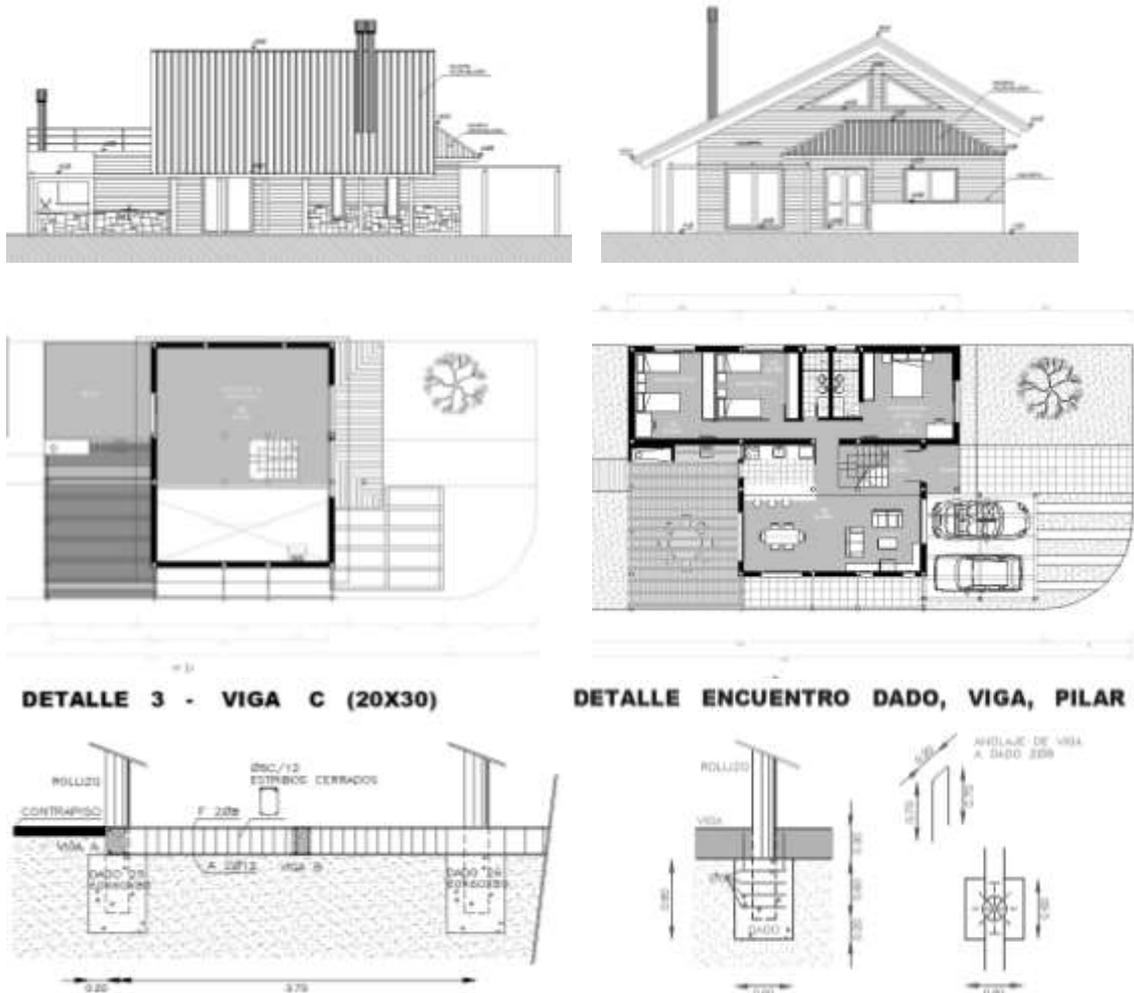
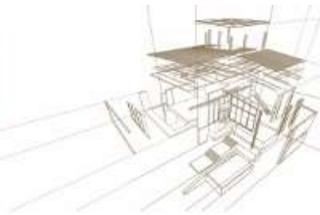


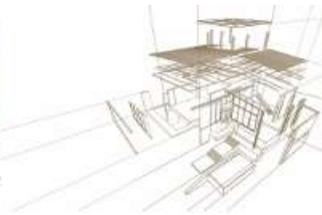
Figura 6: Plantas, Fachadas y detalles estructurales – Vivienda en Solanas



### 3.2 EJECUCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE POSTE Y VIGA

El procedimiento para recomponer los planos verticales donde se ancla el emplacado de OSB se realizó mediante procedimientos de replanteo posicionando los postes a nivel de cimentación sujetos provisoriamente mediante puntales y tablas auxiliares para lograr la verticalidad en relación a su arista exterior que sería la línea de tangencia y punto de contacto con el panel de arrostramiento de OSB. Una vez arriostrado cada poste, se procedió al llenado de la base (dados de hormigón ciclópeo de 60 x 60 x 80 cm.).





A partir e que el hormigón ciclópeo se encuentre en un 70 % de su resistencia (aproximado a los 7 días de llenado) se comenzó la colocación de las vigas de rollizos de Eucaliptus Grandis, conformando el entramado estructural general de Poste y Viga, mediante tornillos tirafondos galvanizados y platinas metálicas.

Posteriormente se colocó la panelería de 2" x 4" de Pino Ellioti y Taeda conformando el cerramiento entre los vanos estructurales de la estructura de Poste y Viga, alineando las caras exteriores de las escuadrías de 2" x 4" con los planos de tangencia de los rollizos de postes y vigas. Para lograr un correcto anclaje de las escuadrías de 2"x 4" sobre los rollizos, se colocaron cuñas de complemento de madera de la misma madera de pino uniendo la zona de curvatura de los rollizos con las caras de las escuadrías de 2"x 4" (el anclaje se realizó mediante tirafondos galvanizados). A continuación se colocaron las placas de OSB mediante tornillos específicos de cabeza rasante atornillados al entramado de 2" x 4" y a la estructura de poste y viga, previendo de complementar las posibles

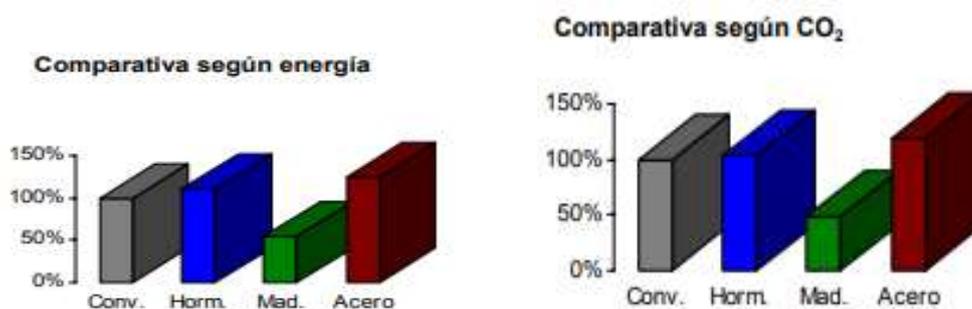


variaciones coplanares entre los postes y las placas de OSB mediante láminas de madera que permiten el apoyo del panel sin perder la alineación del plano vertical. De esta manera se logró anclar las placas de OSB manteniendo la verticalidad y alineación coplanar para luego colocar la película microporosa impermeable y la terminación de tablas cementicias con textura de madera como recubrimiento exterior, utilizando para ello tornillos galvanizados de cabeza fresada para lograr una terminación al ras de la tabla.

#### 4. ANALISIS DE RESULTADOS

Simplificando el modelo de análisis, se relaciona el estudio comparativo del consumo de energía y las respectivas emisiones de CO<sub>2</sub> de cuatro sistemas constructivos para la construcción de una vivienda (convencional de ladrillo, hormigón, madera y acero), se analizó la energía incorporada de cada uno y sus correspondientes emisiones de CO<sub>2</sub> (Wadel, 2009).

*Tabla 1: Comparativa de Sistemas constructivos convencional, de hormigón, madera, acero para las fases de extracción y fabricación de materiales*



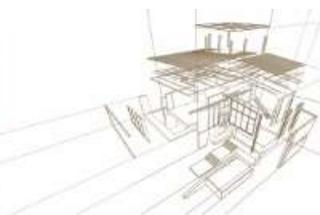
Se observa en las gráficas de barras que el sistema constructivo en madera es el que consume menos energía en el proceso de fabricación y su equivalencia de emisiones de CO<sub>2</sub>.

*Tabla 2: Valores comparativos de energía incorporada de los cuatro Sistemas Constructivos (convencional, hormigón, madera y acero) para la construcción de una vivienda.*

Sistema	Peso		Energía		Emisiones	
	kg/m <sup>2</sup>	%	MJ/m <sup>2</sup>	%	KgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	%
Convencional	1464,55	100%	5380,28	100%	600,49	100%
Modular hormigón	945,86	65%	5986,60	111%	615,48	102%
Modular madera	506,826	35%	2932,44	55%	292,85	49%
Modular acero	408,566	28%	6685,21	124%	708,66	118%

En las gráficas y en la tabla se observa el estudio comparativo realizado sobre la energía incorporada en los sistemas constructivos modulares (prefabricados) y convencional de ladrillo. El sistema constructivo en madera es el posee menor energía incorporada y recíprocamente de menor emisión de dióxido de carbono (el gas mayoritario de los GEI).

#### 5. CONCLUSIONES

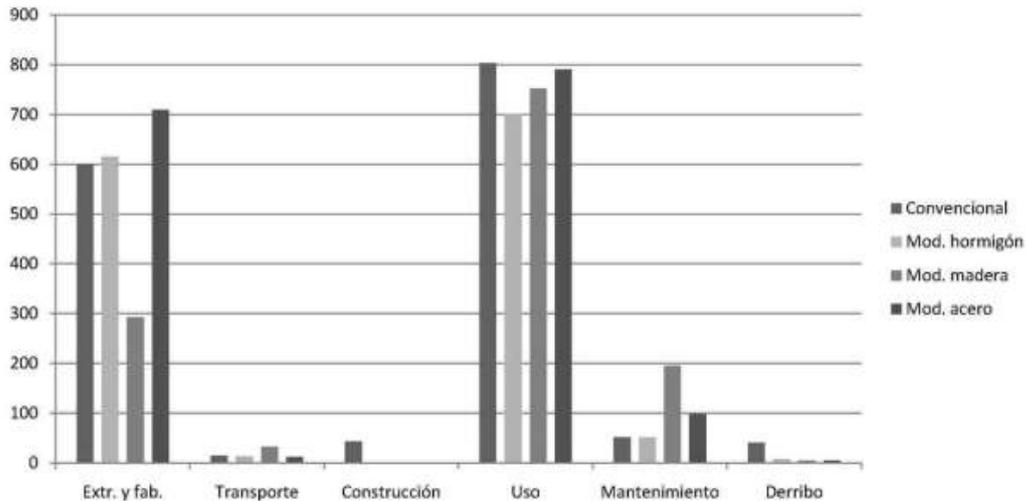
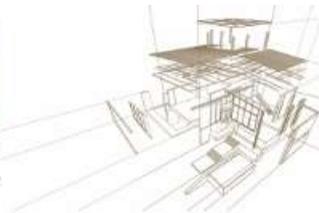


La utilización del Sistema Constructivo de Poste y Viga para su aplicación estructural, permitió dejar a la vista una parte de los rollizos (mitad circunferencia) cumpliendo con el interés del cliente de conjurar la estructura vista con el paisaje de pinos de Solanas.

El replanteo de los postes y su posicionamiento manteniendo la arista exterior coplanar entre todos ellos, permitió la colocación de los rigidizadores de OSB que fueron de gran eficacia en el arriostre y monolitismo de toda la estructura. En el proceso del montaje de la estructura, se logró un buen resultado de ejecución práctica y eficacia estructural, a partir de los componentes que funcionan integrados a través de la continuidad material de las piezas estructurales, anclaje y uniones. La utilización de Postes y Vigas como elementos estructurales de baja transformación para conformar la estructura de la vivienda, permitió llegar a una solución estructural de bajo consumo energético tanto por el aporte de los rollizos que poseen muy baja energía incorporada en su proceso de fabricación (salvo el descortezado, el proceso de impregnación de sales CCA y el dimensionado longitudinal) no tuvieron otro proceso de incorporación de energía en su industrialización hasta llegar a la obra y el proceso de armado a pie del obrador se redujo a simples operaciones manuales tanto humanas como de maquinaria de pequeño porte. Se deberá tener en cuenta la energía incorporada de los elementos complementarios del sistema estructural de Poste y Viga, como son los rigidizadores de OSB, las escuadrías de Pino Eliotti y Taeda de los entramados entre poste y viga y las estructuras de techo, los dados de hormigón ciclópeo y las vigas de hormigón armado que arriostran la cimentación, anclajes metálicos y uniones que permiten el armado y ensamble estructural. En relación a las ventajas de utilizar productos de madera y en particular de baja transformación como es el caso de los rollizos de Eucaliptus para uso estructural favorece a la disminución de los GEI que genera la industria de la construcción reduciendo por tanto las consecuencias del efecto invernadero. De las conclusiones de Wadel (Wadel, 2009) se deduce que las estructuras de Poste y Viga de madera reforestada de Eucaliptus Grandis son las de menor energía incorporada en el proceso de fabricación de una vivienda comparativamente a las estructuras convencionales de ladrillo, hormigón y acero, impactando en la reducción de los gases GEI y consecuentemente en las causas del efecto invernadero.

En la Tabla N° 3 (Wadel, Avellaneda, Cuchí, 2010) se realiza un análisis comparativo entre sistemas constructivos Convencional (ladrillo), prefabricado de hormigón, prefabricado de madera y prefabricado de acero, concluyendo que los sistemas constructivos en madera son los de más baja energía incorporada en el proceso de extracción y fabricación de los elementos constructivos, confirmando las ventajas de la madera en la reducción de los GEI y las consecuencias del efecto invernadero.

*Tabla N° 3 Emisiones de CO<sub>2</sub> en relación al consumo de energía de cada uno de los sistemas en el Ciclo de vida de un edificio. (Wadel, Avellaneda, Cuchí, 2010)*



## 6. AGRADECIMIENTOS

El cálculo de todos los componentes estructurales de la vivienda fue realizado por el Dr. Juan José Fontana. Su participación permitió que los procedimientos constructivos fueran más confiables a la hora de la ejecución a pie de obra.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros:

Laugier, M. A. (1755). An Essay on Architecture

Libro Verde, (2005) Huella de carbono, Aragón

Tesis:

Wadel, G. (2009). La Sostenibilidad en la Construcción Industrializada

Revistas:

Wadel, Avellaneda and Cuchí.(2010). La Sostenibilidad en la Construcción Industrializa. Cerrando el Ciclo