



Facultad de Arquitectura,
Planeamiento y Diseño.

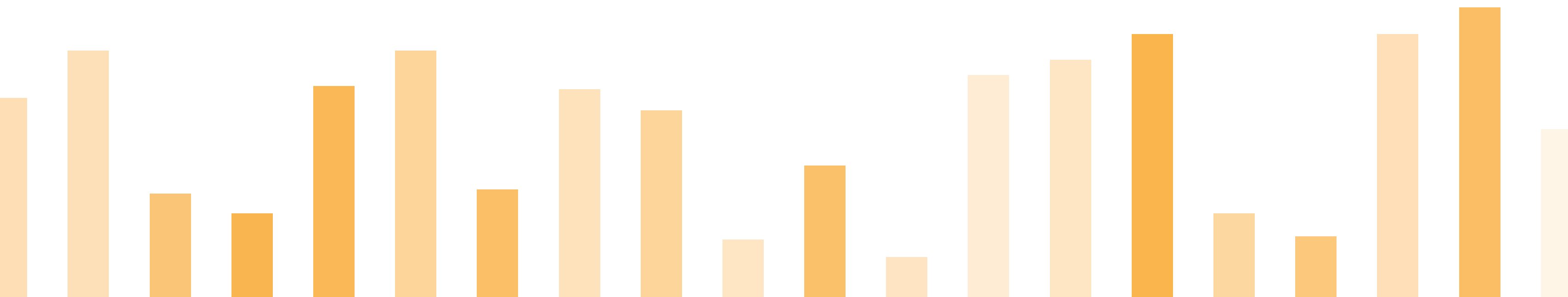
3, 4 y 5 de agosto
2022

Creta XII Congreso Regional de
Tecnología en Arquitectura

Libro de ponencias

ISBN 978 - 987 - 702 - 617 - 7

| Universidad Nacional de Rosario, A&P Ediciones, 2022.



Povrzenic, Javier

XII Congreso Regional de Tecnología en Arquitectura : libro de ponencias / Javier Povrzenic; María José Panvini ; compilación de Javier Povrzenic ; María José Panvini ; Iván Cabrera. - 1a ed.

- Rosario : UNR Editora, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-702-617-7

1. Arquitectura. I. Panvini, María José. II. Cabrera, Iván, comp. III.

Título.

CDD 720.7

ISBN 978-987-702-617-7



Área A – Docencia

Eje 2

La autoevaluación como parte del proceso formativo

Juan Luis Marezi, María Consuelo Calvo Zarlenga, María Elisa Cremaschi, María Sofia Massa Formica, Adrian Saenz

65 » 69

Laboratorio ambiental: experiencia organoléptica

César Altuzarra, Nélica Skindzier, Nora Díaz, Erica Lugo

70 » 74

Revisando nuestro hogar en la cursada virtual de Acondicionamiento y Confort

María de la Paz Diulio, Agustina Barthes, Joanna Baffoni, Andrea Bujer

75 » 78

El espacio vivencial personal como anclaje introductorio en el conocimiento de las solicitudes del medio en tecnología

Carlos Eduardo Fenoglio, Federico Moretti, Leonel Perez, Julia Alejandra Romero, Agustín Terra Loredo

79 » 82

El vínculo entre la proyectualidad y la materialidad a partir del análisis de una obra referencial.

Julia Alejandra Romero, Carlos Eduardo Fenoglio, Federico Moretti, Leonel Perez, Agustín Terra Loredo

83 » 86

Práctica Evaluada Globalizadora en tiempos de virtualidad

Gilma Beatriz Goity, Nicolás Hernan Oteiza, María Tatiana Villén

87 » 91

Eficiencia energética-sustentabilidad ambiental-tecnológica de la construcción NO Convencional: la esencia de la cátedra CONSTRUCCIONES II-B (Matutina) de la FAU-UNNE

Guillermo José Jacobo, Herminia María Alías, Jorge Alejandro Álvarez, José Ariel Collman, Rocío Carolina Molina.

92 » 96

Trayecto curricular de la Materia Optativa “Lógicas Ambientales para el Proyecto Arquitectónico”

Daniel Perone, Laura Bracalenti, Patricia Mosconi, Jorge Vazquez, Marcelo Graziani, Laura Mateos, Melina Duca, Franco Nocioni, Federico Vazquez, Federico Ferrari, Julieta Cremonte, Mariana Giaccone, Agustina Martinez Chaher

97 » 102

Diseño estructural sostenible. Experiencia de enseñanza en el posgrado

Silvina Inés Prados, Guadalupe Álvarez

103 » 107

Tecnologías de proceso en la enseñanza de producción de obras

Federico García Zúñiga, Gerardo Wadel, Diego Cremaschi

108 » 113

Área B – Investigación

Eje 1

Entrepisos híbridos: avances tecnológicos en acero y hormigón armado
Guadalupe Álvarez, Gabriela Cristina
144 » 148

Componentes constructivos a base de RSU. Potencialidades del cartón corrugado de desecho para el hábitat
Samira Burgos, Alvaro Di Bernardo, Guillermo Jacobo
149 » 153

Predimensionado de entrepisos sin vigas en obras de hormigón armado en Argentina
Gerónimo Caffaro, Carolina Ponssa, Yohana Cicaré
154 » 158

Consideraciones constructivas de las juntas en paredes exteriores, construidas con tecnología en seco. Reporte de una vivienda en S.M. de Tucumán
Nora Fajre, Enrique Elsinger, Marcela Doz Costa
159 » 163

Procesos proyectuales en clave multidisciplinar desde un pensar técnico. Caso: casa áurea
Ma. Graciela Imbach, Ma. Soledad Fritz, Florencia A. Cernigoi, Sandra F. Kernot, Nestor M. Lenarduzzi
164 » 167

Desarrollo de un sistema constructivo con maderas correntinas de bosques implantados para edificios eficientes energéticamente de viviendas unifamiliares
Guillermo José Jacobo, José Luís Mancuso, María de los Ángeles Lourdes Aguirre Correa
168 » 172

Producción de losetas de hormigón para protección de cables subterráneos en barrios populares de Mar del Plata
José Isaac Melian, Agustín Lautaro Terra Loredo, Sabine Asis, Luis Fernando Alza, Lelis René Fernandez Wagner
173 » 177

Pensamiento material como técnica proyectual
Margarita Trlin, Andres G. Milos Sucsdorf
178 » 182

Comportamiento sismorresistente de tipologías frecuentes en la ciudad de Córdoba: Un caso de estudio
Eduardo Rodríguez Cimino, Gustavo Gonzalez, Gabriela Asis Ferri, Julieta Mansilla, Eduardo Wuthrich, Raquel Fabre, Daniela Gilabert, Leonel Ghiglione, Horacio Altamirano
183 » 187

Área B – Investigación

Eje 2

Impacto del uso en la eficiencia energética de viviendas del nordeste argentino

Herminia M. Alías, Guillermo J. Jacobo
189 » 193

Morteros cementicios con agregados de ceniza de origen vegetal

Fernando F. Arana Sema, Angel Marcelo Costilla, Hilda Kanan
194 » 197

Análisis del comportamiento térmico e higrotérmico de los muros de árido vertido implementados en la autoconstrucción de Mar del Plata

Kristina Atanasoska
198 » 202

Evaluación de tres jardines maternos municipales en la ciudad de Neuquén, su comportamiento higrotérmico y energético en verano

M. Belén Birche, Jorge D. Czajkowski, Analía F. Gómez, Julián Basualdo
203 » 206

Caracterización física y mecánica de los adobes producidos en el centro este de la provincia de Santa Fe

Santiago Cabrera, Santiago Noguera, Ariel González
207 » 210

Memorias del agua. Interacciones entre los ciclos de inundación y el proceso de crecimiento urbano en la localidad de Puerto Vilelas, Chaco, Argentina

Victor Hugo Cabrera, Daniel Edgardo Vedoya
211 » 216

Certificación de eficiencia energética de edificios escolares en Tucumán.

Análisis de la iluminación en aulas
Marta Susana Cisterna, Santiago Hernán Tadeo
217 » 221

La eficiencia energética edilicia como un problema complejo. Enfoque metodológico para abordar su investigación – proyecto

Laura Gisela Currie, Herminia María Alías
222 » 226

Comportamiento energético ambiental del centro de infancia de la familia CDIF “Santa Brígida”, en el partido de San Miguel, Provincia de Buenos Aires.

Jorge D. Czajkowski, Analía F. Gómez, Belén Birche, Roberto Berardi, David Basualdo, Julián Basualdo
227 » 231

Aplicación de residuos textiles en la producción de placas de fibro-cemento. Estudios Preliminares

Ma. Esther Fernández, Camila De Los Santos, Fernando Petrone, Ma. Eugenia Pereira, Holmer Savastano Júnior
232 » 236

Estrategias de diseño bioclimático en centros de salud en San Miguel de Tucumán

Amalita Fernandez, David Elsinger, Beatriz Garzón
237 » 240

Construcción del Año Base para el Subsector Salud

Santiago Tomás Fondoso Ossola, Pedro Joaquín Chévez, Irene Martini
241 » 245

Rehabilitación Bioclimática. Análisis de los niveles de confort bajo las condicionantes de la eficiencia energética en el edificio el Cubo

Miguel Bossi, Leandro Fontanetto, Maria Victoria Tate
246 » 249

Prototipo de piel verde modular aplicado a Viviendas Procrear II de la Ciudad de Resistencia, Chaco

Florencia Belén Galizzi, Claudia Pilar, Daniel Vedoya
250 » 254

Etnografía y prácticas energéticas en culturas constructivas nómades desérticas. Casos de vivienda social de adobe en Lavalle y Valle del Draa

María Laura Giovino, Leticia Katzer
255 » 260

Auditorías energéticas de edificios municipales en Argentina. Proyecto: Euroclima+

Jorge D. Czajkowski, Analía F. Gómez, Belén Birche, Roberto Berardi, David Basualdo, María de los Angeles Czajkowski, Julián Basualdo
261 » 265

Producción de viviendas de BTC a partir de tierras de excavación.

Stella Maris Latina, Mirta Eufemia Sosa, María Alejandra Sosa Latina, Irene Cecilia Ferreyra
266 » 271

Propuestas de mejoras de iluminación en aulas prototipo para las escuelas nuevas construidas en Tucumán, Argentina

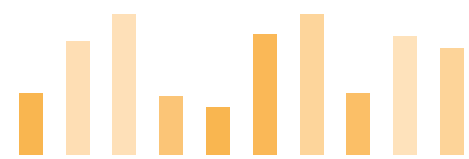
S. Gabriela Márquez Vega, Cecilia F. Martínez
272 » 276

Evaluación funcional-ambiental de modernización de espacio peatonal en localización de clima cálido-húmedo

Cecilia F. Martínez, Cintya L. Villa
277 » 281

Empleo de placas de residuos de desmote de algodón y resina urea-formaldehído para el mejoramiento de envolventes horizontales en viviendas

Agustina Trevisan, Luciano Massons, Florencia Benítez, María Fernanda Carrasco, Rubén Marcos Grether
282 » 286



Guillermo José Jacobo
 José Luís Mancuso
 María de los Ángeles Lourdes
 Aguirre Correa

Construcciones II-B
 Estructuras II/III

FAU — UNNE, Resistencia, Argentina

—
 gjjacobo@arq.unne.edu.ar

DESARROLLO DE UN SISTEMA CONSTRUCTIVO CON MADERAS CO- RRENTINAS DE BOSQUES IMPLANTADOS PARA EDIFICIOS EFICIENTES ENERGÉTICAMENTE DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES.

DEVELOPMENT OF A PREFABRICATED CONSTRUCTION SYSTEM WITH WOODS IMPLANTED FOREST FOR ENERGY-EFFICIENT BUILDINGS OF SINGLE-FAMILY DWELLINGS.

RESUMEN

En el mes de Junio del año 2020 fuimos convocados por la Empresa “ISE S.R.L.” para desarrollar el *sistema constructivo prefabricado*, “ISE”, para la ejecución de viviendas unifamiliares (de uno a tres dormitorios) a implantar en lotes urbanos y periurbano, que debían cumplimentar los objetivos: adecuada resistencia térmica perimetral respetando las normas IRAM vigentes (bajo consumo energético), rapidez de ejecución (tres meses), uso masivo de maderas de bosques implantados (Provincia de Corrientes), mano de obra local, mínimo consumo de materiales industriales foráneos (ej.: cemento): respeto del ambiente, costo competitivo con la tecnología constructiva tradicional. Se desarrollo la documentación técnica para todos los prototipos con alternativas de crecimiento temporal según necesidades familiares. Se construyo un prototipo en escala real para ajustar el proceso de prefabricación en taller, optimizar el transporte y el ensamblaje In-Situ, según conceptos académicos de las cátedras CONSTRUCCIONES II-B y ESTRUCTURAS II (Matutina) de la FAU-UNNE. Actualmente en proceso de comercialización en el campo inmobiliario privado.

ABSTRACT

In the year 2020 the company ISE SRL was called upon to develop the prefabricated construction system “ISE”, for the construction of single-family dwellings (from one to four bedrooms) to be implemented in urban and peri-urban lots, which had to meet the objectives: adequate perimeter thermal resistance respecting the IRAM standards in force (low energy consumption), speed Execution (three months), massive use of wood from forests planted in Corrientes, local labour force, minimum consumption of foreign industrial materials (e. g. cement): respect for the environment, competitive cost with traditional construction technology. Technical documentation was developed for all prototypes with temporary growth alternatives according to family needs. A full-scale prototype was built to adjust the prefabrication process in the workshop, optimize transport and in-situ assembly, according to academic concepts of the chairs CONSTRUCTIONS II-B and STRUCTURES II (FAU-UNNE). Currently in the process of commercialization in the private real estate field.

PALABRAS CLAVES: ambiente – construcción – industrialización – prefabricación

KEY WORDS: environment – construction – industrialization – prefabrication

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objetivo *EXPONER UNA EXPERIENCIA COLABORATIVA* desarrollado en el año 2020 entre emprendedores privados y la academia, esta última representada por las asignaturas de grado de cuarto año de la FAU-UNNE: *ESTRUCTURAS II* y *CONSTRUCCIONES II-B (Matutina)*, donde se ejecutan proyectos de investigación acreditados de tecnología aplicada y los resultados se vuelcan en contenidos académicos. Los conceptos académicos teóricos, que son dictados en las clases de las asignaturas citadas de la Carrera de Arquitectura, se materializaron con el *desarrollo tecnológico-constructivo* de un *sistema constructivo prefabricado* para el mercado comercial privado de la Provincia de Corrientes de Argentina (con posibilidad de exportarlo posteriormente a las provincias vecinas). El objetivo de esta experiencia realizada fue la de *concretar objetos arquitectónicos respetuosos de ambiente que propendan al bajo consumo energético durante las diferentes etapas de su ciclo de vida* (JACOBO, G., 2000-22). También, *mitigar el crónico déficit habitacional provincial*, con una oferta técnico-comercial comparativamente beneficiosa en relación a las construcciones tradicionales, y además, que se adapte a diferentes situaciones económica-familiares dentro del nivel socioeconómico de la *clase media normal y la media baja*, los que no pueden acceder a *soluciones habitacionales estatales* (de lenta ejecución, alta demanda social y costos que no se corresponden con una calidad constructiva adecuada según el *arte del buen construir*)

METODOLOGÍA

Los propietarios de la Empresa “INGENIERÍA Y SERVICIOS ELÉCTRICOS S.R.L.” (ISE, 2021) consultaron en INTERNET sobre publicaciones de trabajos de investigación ejecutados en temas relacionados con la *eficiencia energética y respeto ambiental aplicados en la edificación arquitectónica*. Así pudieron contactarnos, con el objetivo de analizar conjuntamente la posibilidad de expandir sus actividades empresariales dentro del campo de la construcción edilicia con una *oferta técnico-comercial* aplicable localmente en la Provincia de Corrientes, bajo la condición de que el resultado sea *una alternativa tecnológico-constructiva válida ante los altos costos existentes en el campo privado de la construcción y la lentitud de la concreción de soluciones habitacionales de interés social para el nivel socioeconómico: medio-normal y medio-bajo*, además de incorporar en la materialización los conceptos de *eficiencia energética y respeto al ambiente* (JACOBO, G., 2016-22). Los responsables de la *empresa ISE* observaron también que, en algunas ciudades capitales del NEA se verifica actualmente un crecimiento importante de *conjuntos habitacionales privados*, que debían ser considerados como potenciales demandantes, pero ofertando un producto co-

mercial con ventajas comparativa beneficiosas: rapidez de ejecución, precios accesibles, bajo consumo energético y calidad constructiva. Se acordó el *uso masivo de recursos locales* (materiales y mano de obra), la puesta en servicio del objeto arquitectónico ejecutado debía comprender un *período de tiempo corto* con relación a la construcción tradicional en el NEA y la *flexibilidad tecnológica* ante cambios en los usos por parte de los usuarios, como así también, adaptación funcional a sus *modificaciones temporales según la evolución del núcleo familiar inicial*.

Por lo expuesto, se plantearon los siguientes criterios de diseño arquitectónico y tecnológico-constructivos para el sistema constructivo que debía contemplar los conceptos de prefabricación e industrialización (JACOBO, G., 2016-22):

- **PROTOTIPO ARQUITECTÓNICO BASE FLEXIBLE** de ampliación desde un dormitorio a tres dormitorios, con espacio para cochera y adaptables a diferentes tamaños de lotes urbanos y periurbanos. El sistema constructivo también se puede aplicar a otros usos arquitectónicos: oficina administrativa, depósito, taller, comercio, centro de salud, etc. (Figura 1)
- **USO DE MADERAS DE BOSQUES IMPLANTADOS** en el territorio de la Provincia de Corrientes, pues antes de los incendios forestales del verano 2021-2022, contaba con la mayor superficie nacional de bosques implantados de Argentina (SPIVAK, A., 2021). La madera como materializadora de toda la obra gruesa por medio de diferentes elementos constructivos prefabricados, tipo “marcos rígidos” (JACOBO, G., MANCUSO, J., 1999-2022), como solución estructural-constructiva. (Figura 4, página 5). La madera es un material reciclable, biodegradable y de producción continua natural sustentable (VAZQUEZ, J., 2022).
- **USO DE MANO DE OBRA LOCAL** del campo de la construcción tradicional, pero previamente capacitada para la producción en taller de los elementos prefabricados del sistema constructivo y luego el montaje en obra de los elementos constructivos prefabricados. Sentido social no generar desocupación local y dependencia de mano de obra foránea.

Se acordó también que el desarrollo de la documentación técnica sea ejecutado con una continua **ASESORÍA COMERCIAL** (representantes de cadenas nacionales expendedoras de materiales de construcción) y **TECNOLÓGICA ESPECIALIZADA** (charla técnica con el Ing. *Ciro Andrés MASTRANDREA*, de la Estación Experimental Agropecuaria Concordia del INTA, Entre Ríos), quien desarrolló y ejecutó prototipos de viviendas prefabricadas con madera de Eucaliptus). Por último, los empresarios aceptaron la exigencia que la propuesta técnica teórica sea validada, en cuanto su factibilidad y ajuste constructivo, con la ejecución de un *prototipo arquitectónico base* del sistema constructivo prefabricado, a ESCA-

LA REAL (1:1), para analizar el proceso de *fabricación, montaje y ejecución final*, como así también, su *comportamiento en servicio* (uso y clima).



Fig. 1: Prototipo Arquitectónico Base: un dormitorio ampliable a dos (izq.) Alternativas según tamaños de lotes (der.). Fuente: JACOBO, G., MANCUSO, J., 2021.

DESARROLLO

El *sistema constructivo prefabricado ISE* se conforma en un *60% con madera*, que es uno de los productos naturales que requiere *UN BAJO CONSUMO ENERGÉTICO* para su elaboración industrial como elemento constructivo prefabricado, en comparación con los otros materiales de construcción industriales tradicionales (Tabla 1, página 3). La producción masiva de madera en los bosques implantados, se basa en la *fórmula de la vida: fotosíntesis* (VAZQUEZ, J. M., 2021), que genera *cero emisiones de gases de efecto invernadero* (GEIs), (Figura 2, izq., página 3), que la califica como uno de los mejores materiales para *descarbonizar la tecnología de la construcción en la etapa inicial del ciclo de vida: PRODUCCIÓN DEL MISMO* (herramienta fundamental para la eficiencia energética de la edificación), pues es un sumidero natural del CO2 atmosférico. Construir con madera permite una reducción inicial de un 26% a un 31% de GEIs con respecto al concreto o al acero: *tecnología de carbono negativo*: con 1.000,00 m3 de madera utilizada se pueden almacenar de 765 toneladas equivalentes de CO2 emitidos (Figura 2, der.).

Material de construcción	IM-No Biológico tn/tn	IM-Biológico tn/tn	IM-Agua tn/tn	IM-Aire tn/tn	IM-Energía kWh/tn
Acero	7,0	0,0	45,0	1,3	441,0
Aluminio	85,0	0,0	1.400,0	10,0	16.302,0
Cobre	500,0	0,0	260,0	2,0	3.000,0
Madera de Pino	0,9	5,5	10,0	0,1	113,0
PVC	8,0	0,0	118,0	1,0	1.153,0

Fuente: SCHMIDT-BLEEK, Friedrich (1998).

TABLA 1: INTENSIDAD DE CONSUMO DE MATERIAL (IM) para producir una tonelada del material de construcción. Fuente: SCHMIDT-BLEEK, Friedrich (1998).

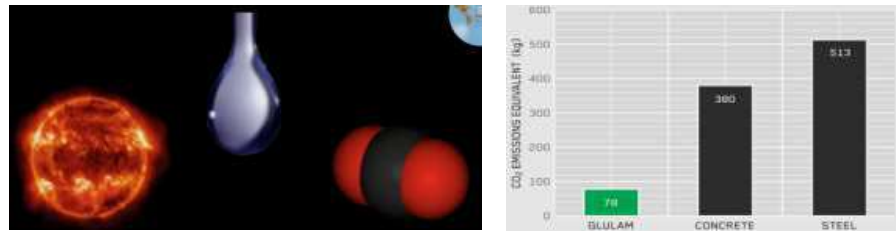


Fig. 2 (izq.): Fotosíntesis: Luz solar + agua + CO₂ = Celulosa + O₂. Fig. 2 (der.): Emisiones de CO₂ de una viga. Fuentes: (Izq.) VAZQUEZ, J. M. (2021). (der.) NORDIC STRUCTURES© (2020).

Según la perspectiva de la *eficiencia energética de la edificación*, la *madera* posee una caracterización térmofísica beneficiosa, pues posee un valor del *coeficiente de conductividad térmica*: $\lambda = 0,04$ (Fig. 3), que es similar al de los productos industriales utilizados comúnmente para la aislación térmica. Sin embargo, *No emite GEIs* debido a su producción natural, por el contrario, los secuestra y retiene en su masa. No así en el proceso de elaboración industrial, cuando se hace necesario consumir energía eléctrica, para elaborarlo como producto comercial. Aunque, en cantidades inferiores a los de los otros materiales industriales de construcción (JACOBO, G., 2016-22).



Fig. 3: La conductividad térmica del material define la resistencia térmica de la envolvente constructiva del edificio. Fuente: JACOBO, G., 2016-22.

Además, la *madera* posee *características mecánicas adecuadas para la transmisión de cargas*, y según un diseño constructivo-estructural puede materializar varios niveles de altura. Se Existen actualmente edificios en altura ejecutados (JACOBO, G., MANCUSO, J., 1999-22). Por su textura, posee *bondades estéticas*, con un *largo tiempo de servicio* (con un uso adecuado).

En síntesis, *es un material multifunción* (estructural-aislante-estético): mantenimiento sencillo, rapidez de ejecución y bajo costo, comparativamente con otras soluciones estructural- constructivas (JACOBO, G., 2016-22). El material de construcción *madera* se encontraba disponible de manera abundante en la *Provincia de Corrientes*: 10 millones de toneladas anuales, antes de los incen-

dios forestales del verano 2021-22, cuando se quemaron 50.000 has (RAZZETTI, N., 2022). La superficie de bosques implantados alcanzaba los 550.000 has., al mes de Septiembre 2021, lo que comprendía el 50% del total nacional de superficies boscosas cultivadas (SPIVAK, A. F., 2021).

Las especies implantadas en el territorio correntino son las de *Pinus* (65% de la superficie cultivada): *Elliotti*, *Taeda* y *Caribea* y la de *Eucalyptus* (35% de la superficie cultivada): *Saligna* y *Grandis*. Situación posibilita reducir costos de transporte interno (distancias cortas, en relación a otras regiones de Argentina) con el beneficio ambiental de: *menores emisiones de CO₂ de combustibles fósiles y de generar una cadena interna de valor agregado* con más puestos de trabajo en el sector productivo. El parque industrial maderero correntino comprende cerca de 332 aserraderos que, si se los incluyen a los existentes en las *Provincias de Misiones y de Entre Ríos*, se alcanza a los 1.000 aserraderos (de diferente envergadura) que no llegan a procesar toda la producción maderera anual de Corrientes, lo que implica que es un material desaprovechado como recurso natural (SPIVAK, A. F., 2021). Casi el 60% de la producción maderera se destina la producción de pasta de celulosa. Los subproductos de aserraderos: *virutas y aserrín*, representan el 30% y son comercializados para *combustible de alto horno* o como *abono natural*. Estos son considerados *residuos*, que podría utilizarse como *materia prima* para la producción de *elementos constructivos prefabricados*, como se lo realiza en otros países con grandes superficie de bosques implantados (Europa del Norte, Canadá, Australia, etc.), (JACOBO, G., 2020-22). La *solución tecnológica* del prototipo, se adoptó un *módulo estructural- constructivo* de 300 cm x 280 cm (Figura 4, izq.). Los elementos longitudinales internos con una escuadría de 5 cm x 7,5 cm (2" x 3"). En planta sirve también de *módulo funcional*. Como *arriostre horizontal* de los paneles estructurales (marcos rígidos) se realizan *cruces de San Andrés* internos de alambre trenzado. Una partición interna del módulo base, en submódulos horizontales de 50 cm posibilita una mayor distribución de las cargas superiores, fijación de los elementos de terminación (exterior e interior), (Figura 4, der.). La trama en planta permite ordenar las posiciones de todos los elementos constructivos necesarios, comprendidos por paneles de diferentes dimensiones longitudinales y la generación de vanos para carpinterías interiores y exteriores (Figuras 1 y 4). Las dimensiones adoptadas responden a la necesidad de *manipulación sin herramientas, ni máquinas especiales, durante la fabricación, el montaje en obra*, lo que implica que debido a su bajo peso se necesitan entre dos y cuatro operarios para dichas tareas (JACOBO, G., 2016-22). Los encuentros de los paneles generan un *hueco* que se resuelve *In-Situ*, como *elemento conector vertical*, con una colada manual de *concreto reforzado* (1:3:1), pues en

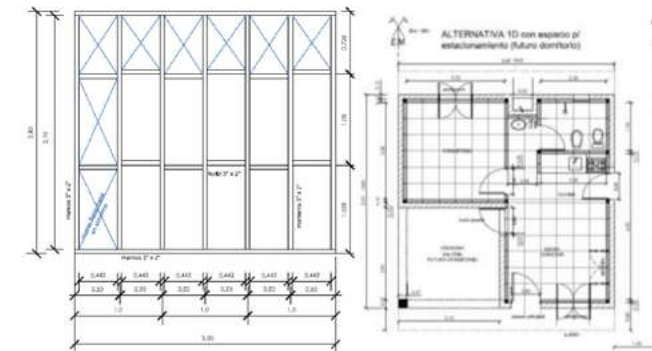


Fig. 4: Paneles prefabricados tipo marcos rígidos estructurales de madera, como módulo constructivo-funcional. Arriostramiento interno horizontal con cruces de San Andrés de trenzado de alambres. (izq.). Los ejes de las separaciones interiores de los elementos verticales, responden a la trama interna funcional (der.). Fuente: JACOBO, G., MANCUSO, J., 2021.

su interior se fija una armadura de anclaje vertical, una barra de 8 mm, que se encuentra empotrada en una viga perimetral inferior de H° A°. Los paneles se fijan verticalmente con clavos laterales de 10 cm que sobresalen, sirven de *pelos de anclaje* en los *conectores verticales* (Figura 5).

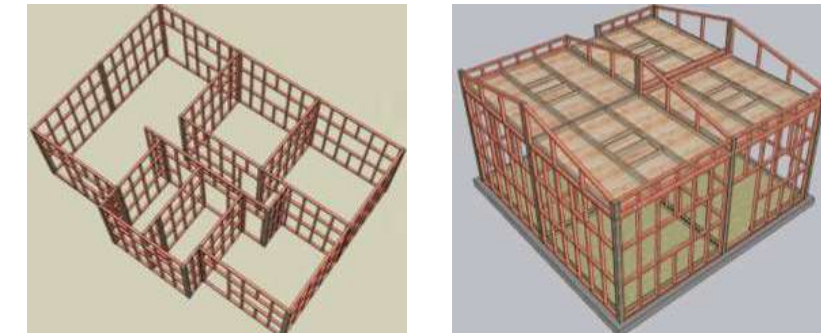


Fig. 5: Axonómicas de distribución de los paneles prefabricados con los conectores verticales ejecutados In-Situ. Fuente: AGUIRRE CORREA, M. A. L., 2021.

Todo el basamento es un contrapiso de H° que sirve para anclar los paneles horizontalmente por medio de tres tirafondos metálicos por panel. Así se fijan los paneles durante el proceso de montaje. La necesidad de *anclaje vertical* es debido el prototipo posee un bajo peso total en comparación con la edificación tradicional de mampuestos. Además, el territorio de la *Provincia de Corrientes* registra una *baja rugosidad superficial ante la acción del viento*, pues casi el 50% de la superficie provincial está cubierta por *espejos de agua* (Esteros del Iberá) y rodeada de Ríos importantes (Paraná y Uruguay), lo que permite que la *velocidad del viento* (desde el Norte y el Sur) alcance valores elevados (70 a 100 km/h) en la cercanía del *nivel de suelo*. Los ciellorrasos también son de paneles de madera, tres por módulo funcional, de los cuales el

central tiene refuerzos centrales para poder colgar ventiladores de techo. Se apoyan en los laterales de los paneles inferiores y luego con tirafondos se los fija (Figura 5, der.). El sector de la cubierta también se materializa con paneles de madera de similares escuadrías, pero dimensiones variables en altura y pendientes (Figura 5). Se los fijan horizontalmente a los paneles inferiores también con tirafondos y verticalmente a los conectores verticales, también colados In-Situ, que son continuidades de los conectores inferiores (Figura 5). La cubierta se materializa con chapas trapezoidales prepintadas de color blanco (mejora la capacidad aislante) fijadas a correas inclinadas de madera 10 cm x 20 cm (4" x 8"). Todas las instalaciones se ejecutan In-Situ. Las galerías exteriores, las terminaciones interiores y exteriores (verticales y horizontales), como así también, los artefactos de cocina y baño, dependen del gusto y del presupuesto del potencial cliente, a su propia elección, aunque se ofertan tres alternativas, como propuesta comercial inicial básica. Sin embargo, queda la decisión final al cliente y se incluye en el proyecto ejecutivo.

En todos los casos, se asegura un ancho de 10 cm a 15 cm en el perímetro exterior para materializar a los mismos, pero incluyendo el material de aislación térmica, el que se procura que no sea un producto industrial propenso a desgranarse en *micropartículas* en los espacios interiores. Se han calculado los valores de *transmitancia térmica* con diferentes soluciones tecnológicas de la envoltura perimetral exterior, obteniendo valores cercanos de $K = 0,95$ a $1,15 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$, (Categoría "B": $K = 1,10 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$), mejor valor que el de las soluciones habitacionales tipo FONAVI (Categoría "C"): $K = 1,81$, que caracteriza térmicamente a las construcciones masivas ejecutadas en la provincia, que en la realidad varían entre $2,00$ y $3,00 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. (Normas IRAM: 11.605 y 11.601). Se ha verificado también los riesgos de condensación (superficial e intersticial) de las diferentes soluciones tecnológicas perimetrales propuestas, con resultados nulos: *sin condensación* (Norma IRAM 11.625). La propuesta arquitectónica base incluye una cubierta con aleros de 40 cm, y como alternativa, con galerías de hasta 3,00 mts de ancho, según interés del cliente. Esta última solución es la más beneficiosa para el clima "cálido-húmedo II-B" (IRAM 11.603) predominante en la provincia. Como los prototipos se pueden aparear sobre los ejes medianeros, la propuesta implica la construcción de un muro medianero de ladrillos comunes entre ambos prototipos, para garantizar la privacidad a y evitar la promiscuidad. (Figura 6).

Se determinó un tiempo total de ejecución y entrega llave en mano de tres meses, con la siguiente secuencia de tareas: *fabricación de los paneles, su transporte a obra, replanteo y ejecución del basamento, replanteo de los paneles y montaje (con ejecución simultánea In-Situ de los conectores verticales), montaje de paneles*

de cielorrasos y cubierta (con su estructura), terminaciones de cerramientos In-Situ (internos y externos, tarea bajo techo), instalaciones In Situ (tarea bajo techo), montaje carpinterías (tarea bajo techo), terminaciones superficiales y y fijaciones de artefacto (tarea bajo techo). Para la *obra gruesa* se planificó un período de ejecución de seis semanas (incluyendo un tiempo para imponderables). Tanto las instalaciones como las carpinterías dependen de la elección final por parte del Usuario (cliente), quien deberá proponer según presupuesto disponible, aunque se ofertan tres alternativas básicas iniciales.



Fig. 6: Imágenes de difentes prototipos con terminaciones y galerías exteriores.
Fuente: AGUIRRE CORREA, L., 2021.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para verificar la propuesta de diseño se construyó un prototipo a escala real (1:1), en la localidad de *San Cosme, Corrientes*, durante el verano 2021-2022, en la propiedad de uno de los gerentes de la empresa ISE, sita a 25 km de la capital y a 10 km del Río Paraná, en una zona de baja rugosidad del suelo ante la acción del viento. Lo ejecutado, 100,00 m², cuenta de dos sectores, uno que responde al *proyecto del prototipo de la vivienda familiar* (una habitación y un baño completo, Figura 4, página 5) y el otro a *un gran espacio*, para verificar así la versatilidad del sistema constructivo en su aplicación en una temática arquitectónica diferente (quincho de usos múltiples con 9,00 m de luz libre interna). Todos los elementos constructivos en madera fueron producidos en un taller de la empresa, sita en la ciudad de Corrientes, y luego, transportados en dos etapas; primero los *paneles verticales*, segundo los *componentes de la cubierta* (Figura 7). El proceso de transporte no generó inconvenientes viales (se respetó la normativa vial vigente, en cuanto a dimensiones y pesos). Se ejecutó todo el basamento In-Situ en una semana (incluyendo la instalación cloacal), luego se montaron todos los paneles verticales y se ejecutaron In-Situ los conectores verticales, en una semana.

Mientras fraguaban los conectores, se verificaron las dimensiones de obra y se ejecutaron en taller los componentes prefabricados de la cubierta y los cielorrasos, que fueron trasladados a obra en segundo termino, en una semana. Se ejecutó el montaje de todos los elementos de cubierta, en una semana (Figuras 8 y 9). Todas estas tareas permitieron verificar que la obra gruesa se encontraba terminada en dos semanas sin contratiempos ni imponderables



Fig. 7: Producción en taller de los paneles prefabricados (izq.) y transporte al sitio de ejecución (der.).
Fuente: fotos propias de los autores, verano 2021-2022.



Fig. 8: Montaje de los paneles verticales (izq.) sobre el basamento. Los conectores verticales ejecutados In-Situ (der.). Escala humana, Arq. G. J. Jacobo, delante del sector "dormitorio-baño" (der.).
Fuente: fotos propias de los autores, verano 2021-2022.



Fig. 9: Montaje de los paneles verticales sobre el basamento (izq.). Montaje de la cubierta (der.). Ejecución con tres operarios, sin herramientas, ni maquinarias especiales.
Fuente: fotos propias de los autores, verano 2021-2022.

de pormedio, que permite estimar que la entrega de la obra acabada es posible en tres meses.

Como este prototipo (de obra gruesa) a *escala real* fue autofinanciado por la misma empresa, se pudieron ajustar costos-costos operativos y de producción. Vale comentar, que inicialmente se trabajó con madera de *Eucalyptus Saligna*, con buenas características mecánicas (estructural). Luego, se verificó que el mercado comercial de esta especie es limitado, debido a largo período de crecimiento del árbol, por lo que se decidió trabajar con *Pinus* de diferentes especies. Se pudo obtener madera con valores adecuados de humedad, casi secos. En la *charla técnica especializada* (MASTANDREA, C. A., 2021), se enfatizó el riesgo de la *flexión lateral* (pandeo) en los elementos verticales internos de los paneles prefabricados. Por esto, la madera blanda de *Pinus*, se dispusieron elementos horizontales, a 100 cm y 200 cm de altura, que sirvie-

ron para acortar la luz de pandeo en el interior del panel base (Figura 4, izq., página 5). Se pudo obtener un 30% de reducción del consumo de materiales de construcción industrializados foráneos a la provincia, en particular de cemento, cuya producción mundial implica la emisión de casi el 9% de los GEIs a la atmósfera (JACOBO, G. J., 2000-22). A la madera utilizada, no se le aplicó ningún tipo de impregnante, por ser productos químicos tóxicos que emiten gases, que podrían llegar a intoxicar los espacios interiores.

Esta decisión se basó en el hecho de que las maderas de los paneles prefabricados se encontraran confinados en los interiores de los paneles terminados, protegidos por las capas interiores y exteriores de terminaciones y aislación (hidráulica y térmica) ante las acciones climáticas externas y de los insectos. Toda la obra fue ejecutada In-Situ por tres operarios: un oficial y dos ayudantes, en fábrica por dos: un oficial y un ayudante, con la permanente colaboración operativa de los gerentes-propietarios de la empresa y junto a la asesoría técnica de los autores de la presente. En el sitio de erección de la obra se presentaron, luego de terminada la obra, dos tormentas con velocidades de viento elevadas, 70 km/h la primera y 90 km/h la segunda, según lo informado por el Servicio Meteorológico Nacional, sin registrarse daños en lo ejecutado. La propuesta técnica teórica ajustada fue presentada en el "Club Emprendedores de Corrientes", con la presencia de los representantes oficiales del Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Centro INTI-Corrientes, quienes aportaron ideas y recomendaciones, pero validaron la propuesta técnica como una innovación tecnológica adecuada para el mercado de la construcción regional. Los representantes del INTI valoraron positivamente la acción conjunta de una PYME local con la UNNE, para generar un valor agregado al recurso natural madera de Corrientes, y así, poder generar puestos de trabajo local. Se han recibido consultas técnico-comerciales para la concreción de diferentes temáticas, desde viviendas unifamiliares, oficina con depósito, hostería, oficina acceso a barrio privado, etc., en las que se ponderaban la ventaja comparativa del corto tiempo de ejecución, y también, los costos competitivos con respecto a la tecnología de la construcción tradicional (Figura 10).



Fig. 10: Prototipo ejecutado a escala real, estado actual de la obra gruesa.

Fuente: fotos propias de los autores, 2022.

CONCLUSIONES

La empresa ISE colaboró constantemente con la concreción de los conceptos académicos teóricos aportando *visión comercial*. Esta unión transitoria de ámbitos diferentes se aplacó a partir de Abril de 2022 debido a los incendios forestales que azotó a la provincia de Corrientes en el verano 2021-2022, pues se verificó una retracción importante de la oferta de madera aserrada de origen de bosques cultivados. Además, la situación económica nacional afectó la actividad empresarial, en particular a los inversores interesados en el sistema constructivo. Lamentablemente no se alcanzó a finalizar la obra (terminaciones, carpinterías e instalaciones) a la fecha de presentación del presente trabajo, debido a la situación económica general que obligó a los propietarios a un ajuste presupuestario. Lo destacable del emprendimiento es que los propietarios de la empresa ISE son ajenos al ámbito de la construcción. Sin embargo, confiaron plenamente en la asesoría técnico-académica brindada desde el ámbito académico (FAU-UNNE), desarrollando una *oferta técnico-comercial* basada en aspectos ambientales y acorde a la realidad socioeconómica provincial, como aporte a mitigar el crónico déficit habitacional, y generar un emprendimiento productivo con cadena de valor en los recursos naturales locales. Los conceptos académicos aplicados son los dictados en las clases de las cátedras que participaron en esta experiencia, cuyos resultados expuestos retroalimentan los contenidos académicos de las asignaturas de grado antes citadas. Además, se aplicaron, durante el proceso proyectual, los resultados obtenidos en diferentes proyectos de investigación acreditados por la UNNE y ejecutado por los autores (JACOBO, G., 2000-22),-

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE CORREA, Lourdes (2021), *Desarrollo documentación en 3D*, Corrientes, Argentina. INTI (2020). *El INTA tendrá la primera oficina autoconstruida en madera*. Web site. <https://inta.gob.ar/personas/mastrandrea.ciro>;
- ISE (2021). *Gerentes de ISE SRL; Ing. Pablo Aguirre e Ing. Alejandro Javier Acosta Piasentini*, Corrientes, Argentina. <http://www.isesrl.com.ar/index.php>;
- JACOBO, Guillermo J., (2000-2022). *Proyectos de investigación acreditados por la UNNE*: "PI-572/2000"; "PI-747/2003"; "PI-012/2005"; "PI-013/2005"; "PI-042/2007"; "C001/2010"; "C001/2014"; "18C001/2019", SGCyT-UNNE, Corrientes, Argentina.
- JACOBO, Guillermo J., (2016-2022), *Contenidos académicos de las clases dictadas de la asignatura CONSTRUCCIONES II-B (matutina)-FAU-UNNE*. Resistencia, Chaco, Argentina.
- JACOBO, G., MANCUSO, J. L., (1999-2022). *Contenidos académicos de las clases dictadas de la asignatura ESTRUCTURAS II/III-FAU-UNNE*. Resistencia, Chaco, Argentina.
- JACOBO, G., MANCUSO, J. L., (2021). *Diseño del sistema constructivo prefabrica-*

do ISE, Corrientes, Argentina.

- NORDIC STRUCTURES© (2020). *Un auténtico sumidero de carbon*. Web site. www.nordic.ca/en/sustainable-construction/sustainable-development,
- MASTANDREA, Ciro Andrés (2021). *Charla Técnica privada: experiencia constructiva y normativa aplicada en edificación con madera*, modo virtual. Web site. <https://inta.gob.ar/personas/mastrandrea.ciro/contact-person>; <https://inta.gob.ar/noticias/el-inta-tendra-la-primer-oficina-autoconstruida-en-madera>;
- NORMAS IRAM: 11.601 (2002). *Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario*; 11.603 (2011); *Clasificación bioambiental de la República Argentina*; 11.605 (1996); *Valores máximos de Transmitancia Térmica*. 11.625 (2000). *Verificación de las condiciones higrotérmicas*. Buenos Aires, Argentina,
- RAZZETTI, Nicolas (2022). *Se quemaron unas 40 mil hectáreas de bosques implantados en Corrientes, donde los forestadores piden hacer una "autocrítica"*. Web site. <https://bichosdecampo.com/se-quemaron-unas-40-mil-hectareas-de-bosques-implantados-en-corrientes-donde-los-forestadores-piden-hacer-una-autocritica/>;
- SCHMIDT-BLEEK, Friedrich (1998). *Das MIPS-Konzept*. Droemer-Knaut Verlag. München, Alemania.
- SPIVAK, Alejandro Fabián (2021). *Corrientes produce 10 millones de toneladas de madera*. Web site. www.ambito.com/nacional/industria/corrientes-produce-10-millones-toneladas-madera-n5288951;
- VAZQUEZ, Juan Manuel, Conferencia virtual Congreso Passivhaus de las Américas, 10 de Mayo de 2021. Evento organizado por el INSTITUTO LATINOAMERICANO PASSIVHAUS (ILAPH), Santiago de Chile. Web site. <http://conferencia.passivhaus.lat/>;