



Universidad Nacional del Nordeste
Facultad de Arquitectura y Urbanismo

T E S I S M A E S T R Í A E N G E S T I Ó N A M B I E N T A L
F A U - U N N E

**EFICIENCIA AMBIENTAL DEL USO DE MADERA EN LA
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS en el NEA en base al análisis
energético y de ciclo de vida**

Arq. Herminia María ALÍAS

Director: Mgter. Arq. Guillermo José JACOBO
Mayo 2003

ÍNDICE

| | Nº de página |
|---|--------------|
| INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| I. EL MARCO CONCEPTUAL..... | 8 |
| I.1. El Nordeste Argentino (NEA). Aproximación al Universo de Estudio..... | 8 |
| I.2. La vivienda de interés social en el NEA..... | 15 |
| I.3. Costo Energético y Ambiental de la construcción..... | 20 |
| I.4. Madera, material alternativo de construcción de viviendas en el NEA..... | 28 |
| I.5. Síntesis y perspectivas..... | 35 |
| II. SELECCIÓN DE LAS VIVIENDAS A ANALIZAR..... | 38 |
| III. PARÁMETROS DE HABITABILIDAD DE LA ENVOLVENTE EDILICIA..... | 45 |
| IV. DESEMPEÑO ENERGÉTICO DE LAS VIVIENDAS EN ETAPA DE USO..... | 54 |
| V. DESEMPEÑO ENERGÉTICO DE MUROS DE LAS VIVIENDAS EN SU "CICLO DE VIDA": Comparación entre paneles de madera y muros de mampostería | 80 |
| VI. DETERMINANTES DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y DESEMPEÑO AMBIENTAL DE VIVIENDAS.... | 98 |
| VI.1. Propuesta de indicadores de eficiencia ambiental de componentes constructivos..... | 103 |
| VII. DISEÑO DE VIVIENDAS AMBIENTALMENTE MEJORADO..... | 105 |
| VII.1. Estrategias aplicables en etapa de diseño..... | 106 |
| VII.1. Estrategias aplicables en etapa de construcción..... | 115 |
| VII.1. Estrategias aplicables en etapa de uso..... | 116 |
| VIII. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS..... | 119 |
| IX. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA..... | 125 |

APÉNDICES

- A. Planillas de caracterización de las viviendas analizadas
- B. Verificaciones higrotérmicas de la envolvente de las viviendas aplicando normativa de habitabilidad
- C. Planillas síntesis de los resultados de la simulación del desempeño higrotérmico y energético de las viviendas

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo ha sido realizado como Tesis de la "Maestría en Gestión Ambiental" (MaGA) de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste –FAU-UNNE- (Resistencia, provincia del Chaco, República Argentina), bajo la dirección del Arq. MSc. Guillermo J. Jacobo.

En él se aborda, desde la óptica energética y ambiental, el tema de los materiales empleados en la construcción de viviendas de interés social en las provincias de Corrientes y Chaco -enfocada la atención en la madera-, para comparar el desempeño energético en servicio de la construcción de muros en y con madera, frente a la construcción con otros materiales más habituales en la región Nordeste de Argentina.

Se apuntó a generar registros comparativos de eficiencia energética y ambiental de éstas dos alternativas tecnológicas de materialización de la envolvente de viviendas, para luego verificar la relación tecnología – eficiencia ambiental y energética en el clima zonal (cálido – húmedo) y poder esbozar recomendaciones de diseño de viviendas.

En el contexto según el cual el ahorro y el uso racional de la energía eléctrica implican una disminución del impacto sobre el ambiente local y global y de la presión sobre los recursos energéticos agotables, la aplicación de criterios de diseño energética y ambientalmente mejorados para los componentes edilicios, especialmente de la envolvente arquitectónica, conlleva un ahorro en los gastos de materia, energía, emisiones, residuos, etc. La producción del hábitat humano puede así, mediante un adecuado diseño, ser más sustentable y generar menos impacto en el medio.

Objetivo general

Aportar herramientas de análisis de la eficiencia energética - ambiental del sector edilicio residencial en las provincias de Corrientes y Chaco, a través de la comparación de dos tecnologías de materialización de viviendas, por un lado la de empleo de la madera de bosques cultivados (mediante técnicas de construcción "en seco"), y por otro la construcción tradicional (mediante técnicas convencionales –de mampuestos- o "húmedas"-), en base al estudio del consumo de energía eléctrica en etapa de uso y al Análisis de Ciclo de Vida (en toda la cadena productiva del sistema – producto).

Objetivos específicos

1. Clasificar y catalogar las tipologías de viviendas de interés social más difundidas e implementadas en las provincias de Corrientes y Chaco, tanto mediante sistemas de construcción tradicional como mediante sistemas de construcción en seco y en madera, con incorporación de una estimación de sus requerimientos energéticos.
2. Desarrollar un estudio teórico de comportamiento higrotérmico, según normativa IRAM vigente, de componentes constructivos de la envolvente de viviendas materializados con maderas regionales de bosques cultivados (no nativos) y compararlo con el de elementos constructivos tradicionales de mampostería.
3. Estudiar y definir los factores que influyen directamente sobre el consumo de energía eléctrica necesaria para el acondicionamiento de un ambiente o edificio para el logro del confort y definir las variables de diseño que influyen sobre ellos.
4. Proponer pautas de diseño energéticamente optimizado de viviendas de interés social, que signifiquen una mejora de las condiciones de habitabilidad higrotérmica y una disminución del consumo de energías convencionales.
5. Desarrollar indicadores de la "eficiencia ambiental" de componentes constructivos de muros de la envolvente de viviendas de interés social en cada etapa de su "ciclo de vida" (extracción y producción de materiales, construcción y montaje, hasta la demolición y fin de su vida útil).

Metodología (etapas y alcances pretendidos)

Hipótesis:

La construcción con madera (de bosques cultivados locales) representa una alternativa constructiva más eficiente, económica y benigna desde el punto de vista energético y ambiental con respecto a la construcción de viviendas de interés social mediante la técnica del mampuesto -de fabricación artesanal- en Corrientes y Chaco.

El trabajo se desarrolló en tres etapas:

Primera Etapa: Fase introductoria, de relevamiento y recopilación de antecedentes.

Actividades y alcances:

1. Recopilación de información y antecedentes referentes al tema problema y definición del Universo de Estudio , como asimismo de los grandes ejes temáticos acerca de los que fue necesario reunir datos (Problemática habitacional y de la vivienda de interés social en Corrientes y Chaco - Maderas de Corrientes y Chaco y su tecnología; construcción en madera - Costo energético de la construcción en Corrientes y Chaco: el enfoque de la eficiencia energética como criterio de diseño edilicio; la realidad constructiva regional en lo referente al URE; escenarios de demanda de energía eléctrica y uso racional de la energía; energía eléctrica consumida por sector y usos en Corrientes y Chaco; ventajas del URE para el ambiente; reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante la eficiencia energética en el sector eléctrico - Costo ambiental de la construcción en Corrientes y Chaco: el enfoque del costo ambiental como criterio de diseño; construcción sostenible; los materiales y su efecto sobre el ambiente; estrategias de minimización del impacto ambiental negativo de los materiales; energía contenida en los materiales de construcción: el concepto de "ciclo de vida"; herramientas para el Análisis del Ciclo de Vida; normas ISO 14.000: antecedentes de aplicación del ACV a la construcción).
2. Sistematización de la información reunida, a través de la confección de catálogos y fichajes que sirvieron de base para operar en la siguiente etapa.

Segunda Etapa: Fase de análisis y operacionalización y de planteo de pautas / propuestas. Constituyó el núcleo del trabajo. En ella se definieron las unidades de análisis con que se trabajó, se seleccionaron los aspectos de interés a estudiar de cada unidad de análisis y se aplicaron procedimientos a dichos aspectos que permitieron obtener los resultados centrales de la investigación. Concluyó con la formulación de propuestas de diseño optimizado en función de la economía energética edilicia.

Actividades y alcances:

1. Definición de las Unidades de Análisis (UA): diez (10) tipologías de viviendas de interés social implementadas masivamente en Corrientes y Chaco, tanto a través de operatorias oficiales como a través de iniciativas privadas, correspondientes a diferentes períodos, desde el año 1970 al 2000, incluyendo tipologías diseñadas para ser materializadas mediante tecnologías tanto tradicionales de mampuestos como "secas" o mixtas en que la madera fuera material constitutivo predominante.
2. Selección de las variables a estudiar en las UA, para lo cual se predeterminaron dos grandes grupos: las "funcionales y morfológicas edilicias" (forma edificio, orientación) y las "tecnológico – constructivas" (desagregación de los componentes de la envoltura: muros, cubiertas)

| UNIDADES DE ANÁLISIS (UA) | | | | | | | |
|---|---|--|----------------------------------|-----------------------------------|---|---|----------------------------------|
| Tipologías de viviendas de interés social masivamente difundidas e implementadas en la región | | | | | | | |
| PROVINCIA DE CORRIENTES | | | | PROVINCIA DEL CHACO | | | |
| Nombre tipología y/o barrio | Localidad de implantación de los casos analizados | Tecnología de construcción | Año de construcción/habilitación | Nombre tipología y/o barrio | Localidad de implantación de los casos analizados | Tecnología de construcción | Año de construcción/habilitación |
| Laguna Seca | Capital | Tradicional (mampostería bloques hormigón) | 1983 | Nueva Resistencia | Resistencia | Tradicional (mampostería ladrillos cerámicos) | 1996 |
| Las Tejas (118 y 120 Viv. "Ex Aero Club") | Capital | Tradicional (mampostería ladrillos cerámicos a la vista) | 1985 | Los Troncos | Resistencia | Tradicional (mampostería ladrillos cerámicos) | 1991 |
| 250 Viviendas | Capital | Tradicional (mampostería ladrillos comunes) | 1974 - 1975 | Sinat Ferrando (Bº Independencia) | La Leonesa | Prefabricada - Construcción en seco en madera | 1979 - 1982 |
| Madecor | Bella Vista | Prefabricada - Construcción en seco en madera | 1980 | Macha | Machagai y Resistencia | Prefabricada - Construcción en seco en madera | 1973 - 1976 |
| Scoro | Paso de la Patria | Prefabricada - Construcción en seco en madera | 1990 | Plan Cero | Resistencia | Prefabricada - Construcción en seco en madera | 1993 |

La indagación a las variables definidas mediante la aplicación de procedimientos operativos pretendió, en última instancia, producir datos acerca de tres cuestiones centrales:

- a) La situación higrotérmica de los componentes de la envolvente edilicia de las UA, a través de la verificación de muros y techos con la normativa IRAM de habitabilidad higrotérmica (11601/ 11605 / 11625 /11630) referente a transmisiones térmicas, riesgo de condensaciones invernales, ganancias solares. Esta verificación se constituyó en punto de partida de la instancia procedural, para dar un pantallazo general de la calidad constructiva a nivel higrotérmico de las viviendas producidas.
 - b) Los consumos de energía eléctrica para mantener las condiciones de confort interior en cada UA, según las peculiaridades conferidas por las características higrotérmicas de sus envolventes (se ha centrado la atención en los muros de cerramiento) y por las particularidades de las otras variables definidas (orientación, implantación, forma), a efectos de determinar parámetros comparativos entre las envolventes de madera y las de mampostería tradicional, que incidan en los consumos energéticos de las viviendas.
 - c) La estimación de la energía total involucrada en 1m² de panelería de madera de bosques cultivados de Corrientes y Chaco en comparación con la involucrada en 1m² de muro de mampostería de ladrillos comunes de fabricación artesanal en los obrajes del Bañado Norte de la ciudad de Corrientes, efectuando estimaciones de energía parciales en cada etapa del ciclo de vida de estos elementos (extracción materias primas, transporte, procesamiento y producción, puesta en obra, uso durante la vida útil y disposición final), según métodos proporcionados por la norma ISO 14.040, de Análisis de Ciclo de Vida.
3. Aplicación de normativa IRAM de habitabilidad a los componentes en que ha sido desagregada la envolvente de cada una de las UA. Comentada en 2.a).
 4. Simulación informática del comportamiento térmico de las UA mediante software específico para estimar el ahorro que se obtendría en el consumo de energía eléctrica aplicando materiales alternativos en la envolvente o modificando pautas de implantación y forma de la edificación. Comentada en 2.b).
 5. Planteo de los estudios preliminares para efectuar el "Análisis de Ciclo de Vida" (ACV) según Norma ISO 14.040, aplicado a los muros de cerramiento de la envolvente de las UA seleccionadas, tanto de construcción "húmeda" convencional como de construcción de panelería de madera. Comentado en 2.c).
 6. Definición de los factores que influyen en el consumo energético edilicio y de las variables que a su vez influyen sobre estos factores.
 7. Propuestas de pautas y recomendaciones de diseño energéticamente optimizado de tipologías edilicias residenciales en función de la habitabilidad y el confort humano.

Tercera etapa: Fase final.

Actividades y alcances:

1. Confrontación de los resultados obtenidos con la hipótesis y con cuerpos de saber existentes.
2. Elaboración de conclusiones y planteo de nuevos interrogantes.

Desarrollo

Rendimiento energético de las viviendas en etapa de uso:

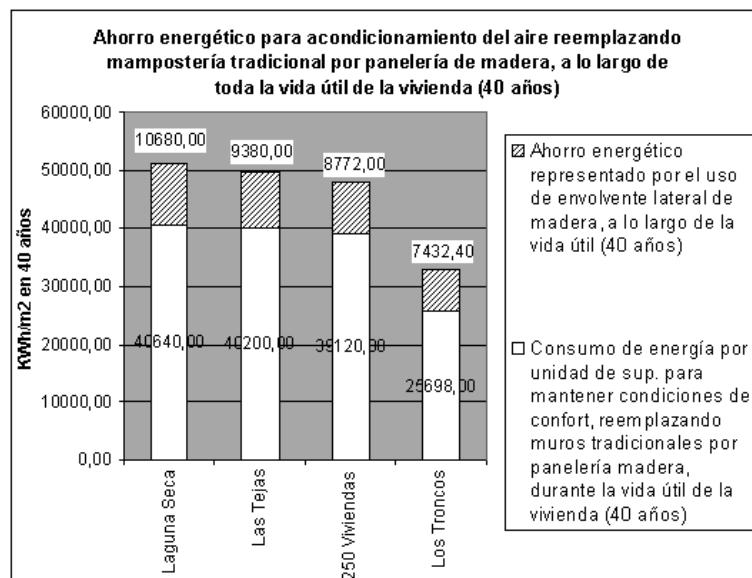
Se realizaron simulaciones térmicas con el programa computacional Quick II (A passive thermal design tool and load calculation computer program. Transfer of energy mass and momentum, Sudáfrica, 1997), para distintas situaciones de material de la envolvente de las UA, así como para distintas condiciones de orientación de las mismas, obteniéndose tanto los valores de cargas térmicas necesarias para mantener la situación de confort con medios artificiales, como las fluctuaciones de temperatura en el interior de las viviendas en caso de no existir medios mecánicos de acondicionamiento térmico.

Los datos arrojados por la simulación computacional y los datos reales de facturación fueron comparados. Se realizó la determinación de los consumos eléctricos promedio por unidad de superficie para cada vivienda y cada tipología constructiva (tecnologías habituales de mampuestos y tecnologías secas o mixtas con uso de la madera en la panelería de cerramientos). Se verificó que durante la fase de uso de la vivienda, el consumo de electricidad (tanto el real como el simulado para lograr el confort interior) aumenta en verano.

Para las tipologías analizadas, los consumos reales de energía (según empresa facturadora) son mucho menores a los necesarios para el confort (según simulación). Al reemplazar los muros de mampostería tradicional por la panelería de madera propuesta, el índice anual de consumo de energía eléctrica para mantener el confort por unidad de superficie se redujo casi un 21% con respecto a la situación original.

Planilla síntesis de resultados y consumos eléctricos obtenidos mediante simulaciones.

Los factores que influyen de manera decisiva en el consumo de energía eléctrica empleada para acondicionar los ambientes interiores de viviendas, durante la fase de uso de las mismas, son: a) Material constitutivo de muros y cubiertas; b) Orientación; c) Morfología.

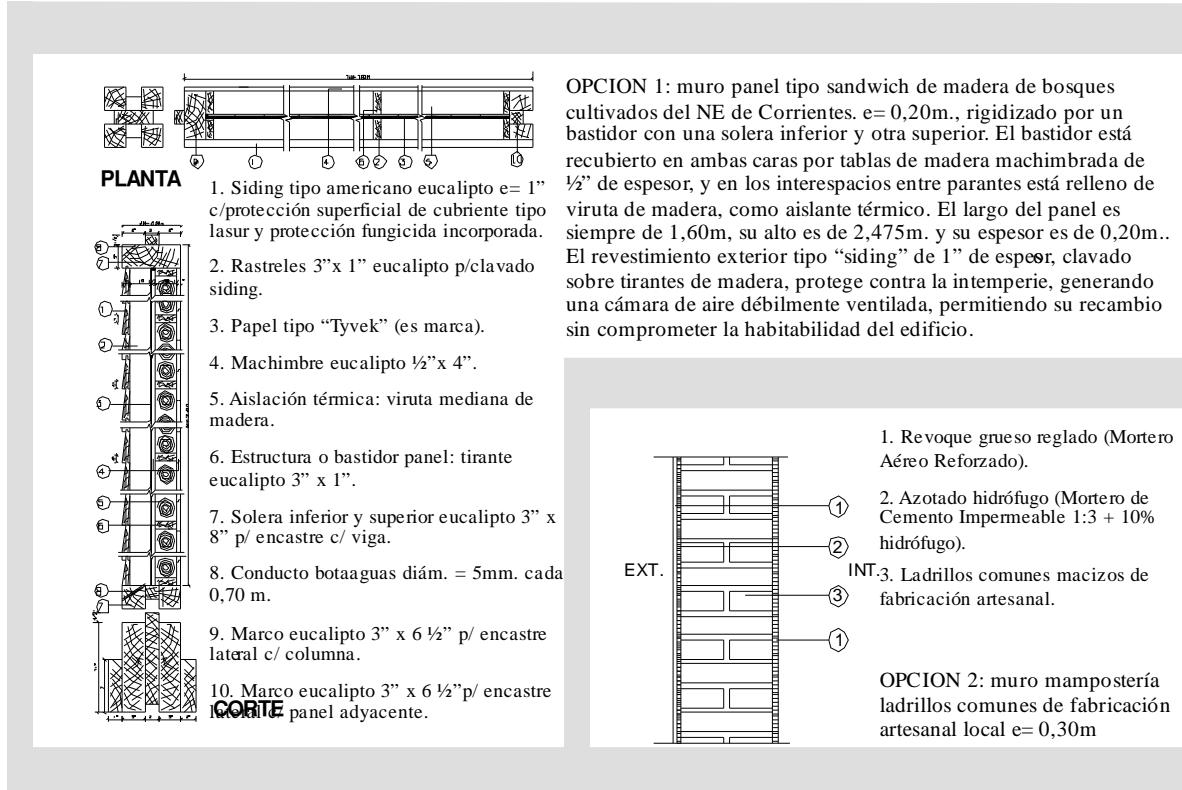


Análisis de Ciclo de Vida (ACV) aplicado a muros de cerramiento de las UA:

Se analizó el ciclo de vida de los materiales usados en la ejecución de 1m² de muro de madera (opción 1) y de 1m² de muro de ladrillos comunes (opción 2).

Opción 1: panel tipo sandwich de pino y eucalipto del NE de Corrientes, con espesor de 0,20m., de simple cerramiento, rigidizado por un bastidor con una solera inferior y otra superior. El bastidor está recubierto en ambas caras por tablas de madera machimbrada de ½" de espesor, y en los interespacios entre parantes está lleno con viruta de madera, como aislante térmico. Posee revestimiento exterior tipo "siding" de 1" de espesor, clavado sobre tirantes de madera.

Opción 2: muro de mampostería ladrillos comunes de fabricación artesanal en Corrientes, con espesor de 0,30m., revocado tanto en el paramento externo como en el interno.



El muro de mampostería, a lo largo de su ciclo de vida, impacta más fuertemente en el Potencial de Calentamiento Global y en el Potencial de Acidificación, tanto durante la fase de procesamiento y producción como en la fase de uso. Por otra parte se obtiene de recursos no renovables y demanda mayor cantidad de energía asociada al transporte, ya que en él intervienen materiales como el cemento y la cal, a diferencia del muro de madera, en que el 95% del material constitutivo básico lo representa la madera local de bosques implantados. Las ventajas ambientales de la mampostería radican en su durabilidad y bajos costos de mantenimiento. Los efectos negativos asociados al panel de madera radican en el proceso de secado e impregnación de la madera.

La etapa de uso de las viviendas es la de mayor consumo energético a lo largo del ciclo de vida de las mismas. Los factores principales que influyen en el perfil ambiental de los materiales empleados para materializar la envolvente de las viviendas son: a) Cantidad de materia incorporada; b) Energía y emisiones asociadas al transporte; c) Energía y emisiones asociadas al procesamiento; d) Energía y emisiones asociadas al uso, sobre todo la energía eléctrica para mantener condiciones de confort. Se plantearon pautas de diseño de viviendas para un menor consumo de energía eléctrica (y con ello menores impactos negativos al ambiente) a través de la optimización tecnológica de la envolvente. Dichas pautas posibilitan además una mejora en la calidad térmica de los ambientes y una disminución en la inversión inicial en equipos de climatización, por la posibilidad de que éstos sean de menor potencia. Se propone una materialización de los muros de la envolvente con el material que ha demostrado menor impacto ambiental negativo en su ciclo de vida: la madera de bosques cultivados locales.

Conclusiones

La hipótesis según la cual la construcción en madera representa una alternativa constructiva más eficiente, económica y benigna desde el punto de vista ambiental con respecto a la construcción tradicional de viviendas de interés social, ha sido corroborada. Si bien es posible modificar la energía de operación de un edificio sin cambiar la energía incorporada en el mismo a través de sus materiales constitutivos, por ejemplo, tan sólo cambiando su orientación o su forma, estos factores son menos relevantes que el representado por la energía incorporada a través de los materiales constitutivos. Lograr en el sector edilicio residencial un perfil ambiental satisfactorio es posible sin sacrificar la calidad del ambiente habitable, sino mediante la instrumentación de medidas como la selección de materiales constitutivos según los criterios fijados.

PALABRAS CLAVE: ARQUITECTURA – Sustentabilidad - Viviendas – Maderas - Eficiencia energética / ambiental

I. MARCO CONCEPTUAL

I.1. El Nordeste Argentino (NEA). Aproximación al Universo de Estudio

Fundamentos y motivaciones que justificaron el abordaje de la investigación

Se introduce en este trabajo la mirada ambiental al tema de los materiales empleados en la construcción de viviendas en la región (enfocada la atención en la madera) y su impacto en el medio, analizando datos acerca del desempeño energético en servicio de la construcción en madera frente a la construcción con otros materiales más habituales en el NEA.

La idea central del trabajo apunta a focalizar la investigación sobre un área crítica del diseño desde la óptica de la vivienda social que, sometida a fuertes condicionantes socioculturales y económicos, necesita (y se beneficiaría mucho con ello) minimizar costos de mantenimiento e inversión para garantizar adecuadas condiciones de habitabilidad. Se apunta a la producción de registros comparativos de eficiencia energética e impacto ambiental de diferentes sistemas constructivos (o al menos diferentes posibilidades de materialización de la envolvente de viviendas) en viviendas de interés social, para luego verificar la relación tecnología – eficiencia ambiental y energética en un mismo clima y poder esbozar pautas y recomendaciones de diseño en la producción del hábitat construido.

Ante la urgencia de fomentar la producción de un hábitat construido de bajo impacto ambiental, tanto en lo referente a la respuesta tecnológica y energética como a las condiciones de habitabilidad que brinda a sus usuarios, y frente a la solución que viene reiterándose, caracterizada por la propuesta de soluciones no siempre sustentables, generadoras de situaciones urbanas de degradación, este estudio propone analizar desde el punto de vista energético, ambiental, y usando parámetros de habitabilidad y confort higrotérmico y disponiendo de herramientas ambientales como el método del ACV, el rendimiento de las actuales tecnologías aplicadas a soluciones habitacionales propuestas y puestas en práctica por décadas en la región Nordeste de Argentina, en las provincias de Corrientes y Chaco, estudiando su grado de eficiencia tanto energética como ambiental en relación a su contexto, para luego confrontar estos resultados con los que se obtendrían modificando ciertas variables tecnológicas, situacionales / relacionales y tipológicas.

En última instancia, se pretende concluir con la propuesta de una serie de pautas y recomendaciones en cuanto al uso de materiales y sistemas tecnológicos alternativos a la técnica del mampuesto de ladrillos comunes, aplicables al desarrollo de proyectos de vivienda social.

El concepto central que en este trabajo se intentará desarrollar está referido a que la eficiencia ambiental de una construcción (en este caso se focalizó en la construcción con madera de equipamiento habitacional) se logra en buena medida a partir de una eficiencia energética (ahorro de energía) en todos los rubros posibles y especialmente en el de la energía para acondicionamiento ambiental, que se hace posible a partir de un cuidadoso estudio de factores relacionados con las características climáticas regionales y su interrelación con el material constitutivo básico de la edificación (en este caso la madera confrontada con los materiales de uso más habitual en la construcción tradicional) y sus propiedades, que juegan un papel crucial.

Según trabajos de investigación consultados y experiencias internacionales, existen áreas dentro del consumo de energía de los edificios donde se puede producir un sustancial ahorro. La inclusión de aislación térmica en la envolvente de un edificio (o el simple uso de materiales mucho más aislantes que los convencionales de la construcción "húmeda") puede ahorrar un importante porcentaje de la energía que se utiliza para acondicionar los ambientes del mismo.

También, se desarrollara el concepto de que la eficiencia energético-ambiental no debería pensarse como dependiente (como es tradición) exclusivamente del ahorro de energía del edificio en etapa de USO, sino que se plantea la posibilidad de una eficiencia a través de un ahorro energético-ambiental a lo largo de toda la cadena productiva, desde la obtención o producción de los materiales básicos necesarios y de la conformación de las instancias previas a la producción, construcción y puesta en obra. Un análisis que incluya estas instancias es lo que se llama *Análisis de Ciclo de Vida* (ACV), según la norma ISO 14.040.

Dicho con otras palabras, que, a los efectos de la economía energética ambientalmente sustentable, no debe centrarse toda la atención en el comportamiento del material (propiedades físicas - químicas y mecánicas) o los materiales constitutivos de la envolvente una vez terminada la materialización del equipamiento, sino que debería atenderse también, y muy especialmente, a las propiedades y

particularidades en términos energéticos inherentes a la forma en que dichos materiales se encuentran en la naturaleza y toda la serie de operaciones a que es necesario someterlos para su uso como materiales de construcción y por ende cuán impactantes son para el medio estas operaciones.

No existen estudios comparativos de estos procesos y su incidencia o efectos sobre el medio sustentante, ni parámetros universalmente generalizados como indicadores, por lo que una interesante tarea consistiría en poder arribar a una definición tentativa de estos parámetros que puedan ser empleados para cuantificar los impactos en el medio de todo el "Ciclo de Vida", del cual el rendimiento energético e impacto ambiental del edificio totalmente terminado y en servicio podría ser sólo la etapa final o culminante.

El método del ACV permitiría seleccionar los materiales con menor impacto ambiental. En este caso se pretendió determinar las ventajas y desventajas ambientales del uso de la madera en lugar de la mampostería de ladrillos comunes para la materialización de muros de viviendas ubicadas en las localidades de Corrientes y Resistencia.

Según la norma IRAM-ISO 14040 el ciclo de vida es un concepto que se refiere a las etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema producto, a partir de la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final del producto de que se trate. Entre esas etapas se destacan la extracción y la adquisición de materias primas, el uso del producto y su disposición final al concluir su vida útil para su usuario.

De acuerdo a esa misma norma, el ACV es una técnica para evaluar los aspectos y los impactos ambientales potenciales asociados con un producto, y más precisamente, es la recopilación y evaluación de las entradas, salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema producto durante su ciclo de vida (Trama y Troiano, 2001). El ACV, realizado según los procedimientos estipulados en la subserie de normas IRAM-ISO 14040, es una buena herramienta de gestión ambiental que brinda una base sólida para que la dirección de una organización pueda tomar decisiones técnicas adecuadas respecto de las cuestiones que podrían plantearse sobre el lanzamiento de un nuevo producto, o la modificación de productos existentes para hacerlos más eficientes en cuanto a su desempeño ambiental.

Por otra parte, y con el convencimiento de que la reducción del consumo de energía en los edificios no implica necesariamente, en contra de lo que se presupone, la utilización de materiales innovadores, resulta probable que la solución sea una cuestión de estudio del diseño coherente con el clima local y el uso de materiales que abundan en la zona. Estos recursos naturales aprovechables para la construcción, pueden estar disponibles en el mercado comercial de la construcción de manera accesible en cuanto a costos y tecnología, si se los implementa según una explotación racional, sustentable y con un uso consciente de sus potencialidades, tal es el caso de la madera de bosques cultivados en el NEA.

En otro orden de cosas, la producción de las últimas décadas en viviendas de iniciativas oficiales (FONAVI, BHN, Planes de Ayuda Mutua, etc.) no arroja evidencias de que se hayan incorporado explícitamente conceptos y técnicas de habitabilidad higrotérmica y racionalidad energética, que garanticen calidad de vida para los usuarios. Las normativas técnicas relacionadas con la temática de optimización energética se encuentran desactualizadas en estos aspectos y las prácticas parecieran apuntadas a resolver el gran déficit numérico con soluciones de mínima calidad constructiva.

La decisión de centrar el estudio en la problemática de dos grandes campos temáticos vinculados, esto es "la construcción en madera en el NEA" y "la vivienda de interés social", obedece a que la problemática de la vivienda en la Región NEA en general y en las provincias de Corrientes y Chaco en particular, es un indicador muy importante del deterioro de la calidad de vida de la mayoría de la población, evidenciándose actualmente un alto índice -en crecimiento- del déficit habitacional: faltan viviendas dignas, que satisfagan un mínimo de condiciones climatológicas, constructivas, económicas y tecnológicas, de acuerdo a la realidad cultural, económica y social de la Región NEA.

Tal cuestión reconoce, entre sus causas, la ausencia de una política que incluya como prioridad, tanto la industrialización y la prefabricación aplicada a la construcción, como el aprovechamiento integral de los recursos renovables, como es el caso de la madera, que ofrece interesantes posibilidades de explotación comercial y de generación de puestos de trabajos, los cuales no requieren una alta calificación ni entrenamiento exhaustivo previo.

Dado que este problema habitacional es uno de los más importantes, desde el punto de vista social, resulta fundamental que el esfuerzo por subsanarlo tenga la mayor eficacia y arroje el mejor resultado posible en relación a los recursos a ser invertidos. Dentro de nuestro medio, en el campo científico-académico, se entiende que la contribución de la investigación científica y tecnológica, centrada en la construcción, debe apuntar a lograr transformaciones en los modos de producción y en los mismos productos, los cuáles, al

mejorar el proceso constructivo (racionalización, industrialización y normalización), propiciarán la reducción de costos y tiempos de ejecución, mejorará la calidad de vida y contribuirán a la accesibilidad a la vivienda propia de esa gran masa de población que presenta actualmente una situación de vivienda precaria y, por ende, de baja calidad de vida.

Las actuales políticas de vivienda de interés social tratan de dar respuesta a dos demandas: por un lado dar soluciones habitacionales a los sectores de escasos recursos con baja capacidad de pago de las cuotas mensuales, y promover el empleo (sobre todo en los sectores afectados por su limitada capacitación, desempleo o subempleo y falta de oportunidades).

La construcción actual de viviendas requiere gran cantidad de materiales, cuya fabricación determina un importante impacto sobre el ambiente. En nuestro país las construcciones tradicionales de mampostería prevalecen en el sector, de lo que se deduce la importancia de encontrar alternativas viables en este ramo de la construcción. En este sentido adquiere gran importancia la elección de los materiales que se han de utilizar en la construcción de dichas viviendas, ya que pequeñas mejoras comparativas que se obtengan en ellos determinan un fuerte impacto, si se considera la gran cantidad empleada en un edificio y la gran cantidad de viviendas requeridas cada año (Mitchell y Arena, 2000).

En relación a esto, se parte del convencimiento, por un lado, de que se deben aprovechar las materias primas abundantes en una zona geográfica, en nuestro caso, la madera forestal, que permiten también ser explotadas de manera sustentable en el tiempo y en el espacio, y cuya principal cualidad sea su alta potencialidad de utilización en procesos constructivos, en sustitución de otras importadas (de otras regiones y/o otros países), y por el otro lado, que para la prefabricación no es necesario asociar la noción de componente con las tecnologías innovadoras o los nuevos materiales.

Por ello se plantea esta investigación, entre cuyos fundamentos se destacan el reconocimiento de la importancia y posibilidad de uso del material "Madera" en la construcción de equipamiento de interés social, dada la nobleza comprobada del material y el hecho de ser un recurso natural renovable que abunda en nuestra región, y que, con un aprovechamiento racional, mediante procesos y técnicas constructivas industrializadas, y una política forestal consciente de la necesidad de sustentabilidad de los bosques, estará disponible en el mercado en forma incondicional.

Cabe recordar que el NEA tiene un gran potencial maderero: cuenta con 100 especies autóctonas, de las cuales 50 son aptas para la industrialización y 20 son aptas para la construcción de viviendas, entre ellas los pinos, eucaliptos y melia, debido a su origen implantado y a su rápido crecimiento.

Las decisiones que tome el proyectista tienen gran impacto sobre el contexto energético – ambiental de la sociedad, y para poder tomar fundadamente esas decisiones debe tener a disposición no sólo alternativas tecnológicas válidas, sino información adecuada y objetiva sobre las mismas e instrumentos que permitan evaluarlas de forma integral.

Antecedentes

En el Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano (I.T.D.A.Hu.) de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste (FAU – UNNE) se vienen desarrollando desde hace varios años investigaciones vinculadas al tema de la madera y sus propiedades y de la construcción industrializada y prefabricada con madera, trabajos que constituyen antecedentes directos del presente.

Uno de los últimos proyectos desarrollados en el I.T.D.A.Hu. fue el denominado "*Usos Integrales de las Maderas de Origen Forestal del NEA para el Desarrollo de Sistemas Constructivos Industrializados y Prefabricados para su Aplicación en Equipamientos de Interés Social*".

Anteriormente se desarrolló (entre 1995 y 1997) el denominado "Proyecto para el desarrollo de métodos industriales de construcción en madera para países del Mercosur: estudio de factibilidad para su ejecución. Desarrollo de técnicas de explotación, producción y fabricación para el aprovechamiento integral de las maderas forestales de la región Nordeste de Argentina (NEA) y su aplicación en sistemas constructivos prefabricados e industrializados para la ejecución de equipamientos de interés social", siendo las unidades operativas responsables del proyecto el Institut für Tropentechnologie, Fachhochschule Köln (ITT FH-Köln), Bundesrepublik Deutschland, (Alemania) y el Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional del Nordeste , ITDAHu-FAU-UNNE, Resistencia, Chaco, Argentina.

Entre otros trabajos realizados en el ámbito del I.T.D.A.Hu. pueden citarse:

- El trabajo de investigación titulado "*Comportamiento de los materiales de construcción en muros de cerramiento. Condiciones ambientales y su adecuación al NEA*", desarrollado por la autora del presente bajo la dirección del Arq. Guillermo J. JACOBO, trabajo en el que se estudiaron las generalidades de los materiales de construcción (aspectos tecnológico - constructivos, de la comercialización, de las influencias externas a que están expuestos en condiciones de uso) y se realizó un relevamiento del parque edilicio del NEA para detectar tipologías de muros de cerramiento, que posteriormente fueron analizadas tecnológicamente y a la luz de las condiciones ambientales del noreste argentino, aplicándose la normativa IRAM vigente para el reconocimiento de las tipologías de mejor respuesta a las citadas condiciones, como también aquéllas cuyo uso resulta inaceptable. Años 1996/1997.
- El trabajo de investigación titulado '*Maderas y Sistemas Constructivos en el NEA. Sus Patologías. Acciones Preventivas y Correctivas en el Diseño, Ejecución y Uso*', trabajo desarrollado por quien escribe bajo la dirección del Arq. Guillermo J. JACOBO. Años 1999/01.
- El trabajo de investigación titulado "*Maderas de la Región NEA. Aplicaciones Tecnológicas en Viviendas*", realizado por el Sr. Jorge Celano, bajo la dirección del Arq. Guillermo J. JACOBO. Años 1996/97.
- El trabajo de investigación titulado "*Maderas Forestales de la Región NEA. Desarrollo de Sistemas Constructivos Industrializados y Prefabricados con Aplicaciones en Equipamientos Habitacionales de Interés Social*", realizado por el Sr. Jorge Celano, bajo la dirección del Arq. Guillermo J. JACOBO. Años 1998/99.

La región NEA como marco general del estudio

Para efectuar el reconocimiento del Universo de Estudio (región Nordeste de Argentina –NEA-), y con el criterio de abordar el tema desde lo general a lo particular, se procedió a la general consideración de su situación con respecto al país, su geografía, su economía y producción forestal, para luego pasar a la consideración de la situación social, tecnológica y económica de la vivienda de interés social, el contexto energético – ambiental, el estado del URE y, finalmente, la consideración de un material alternativo para la construcción de viviendas de interés social, la madera.

Se abordó la situación regional, para luego enfocar la atención en las provincias de Corrientes y Chaco, y particularmente en las ciudades capitales de estas dos provincias.

Todas las consideraciones efectuadas en este capítulo sirven para dar una idea del "marco" en el cual se inserta el presente trabajo, una conceptualización general del Universo de Estudio. Dicho marco presenta una serie de características que actuarán como factores condicionantes y muchas veces determinantes de ciertas situaciones y como generadoras de necesidades -reales y potenciales-. De ahí la vital importancia de su consideración, como instancia previa a la profundización de las variables o núcleos temáticos de investigación en que se ha dividido al tema – problema.

La delimitación de la región NEA obedece a razones prácticas, y debe entenderse como un conjunto de provincias contiguas que, frente a la consideración geográfica, plantea variados problemas: algunos comunes al conjunto y otros específicos de cada una de sus partes.

Según Bruniard (1987), en lo que respecta a la topografía, la mayor parte del Nordeste, excepción hecha de Misiones, ocupa el sector deprimido central, enmarcado por los contrafuertes andinos y subandinos en el oeste y por los planaltos brasileños en el este: un ámbito de planicies bajas que no logran atenuar el riguroso calor estival y que convierten la región en receptáculo de los excesos de agua de sus levantados bordes a través de la abolladura fluvial que confluye hacia los grandes colectores de la Cuenca del Plata. Las inundaciones provocadas por crecidas extraordinarias de los ríos Pilcomayo, Bermejo, Paraguay, Paraná o Uruguay son frecuentes.

En cuanto al clima, la región NEA se halla comprendida en la zona "I": muy cálida húmeda (norma IRAM 11603/96). Durante la época caliente todos los sectores presentan valores de temperatura máxima superiores a 34°C y valores medios superiores a 26°C, con amplitudes térmicas siempre inferiores a los 15°C. La tensión de vapor mínima es de 1870 Pa (14 mm Hg) y aumenta según el eje Suroeste-Noreste. El período invernal es poco significativo con temperaturas medias durante el mes más frío superiores a los 12°C.

La zona se subdivide en 2 subzonas, a y b, en función de las amplitudes térmicas:

- **Subzona Ia:** amplitudes térmicas mayores de 14°C.
- **Subzona Ib:** amplitudes térmicas menores de 14°C.

Existe un régimen de lluvias con máximas equinocciales en el norte de la región, más típico de las regiones tropicales, y se transforma hacia el sur en uno de máximas estivales, característico de las latitudes medias sobre las costas orientales de los continentes. No obstante, en toda la porción sur, existe además una máxima secundaria en otoño. La deficiencia de agua tiende a aumentar hacia el Oeste.

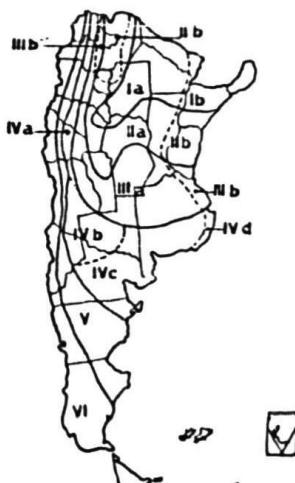


FIG. 1. CLASIFICACIÓN BIOAMBIENTAL DE LA RCA. ARGENTINA

- Zona I: muy cálida
- Zona II: cálida
- Zona III: templada cálida
- Zona IV: templada fría
- Zona V: fría
- Zona VI: muy fría

Fuente: Norma IRAM 11603/96.

La región del Nordeste tiene una población que representa un 8,6 % del total del país (2.822.599 habitantes). La provincia más poblada del NEA es la del Chaco, y la menos poblada es Formosa. La distribución de la población es bastante irregular, resultado de factores tanto naturales como históricos (INDEC, 1991).

A través de la densidad de población, se advierte la existencia de una orla periférica o litoral de alta densidad y un interior casi vacío.

El desarrollo poblacional del Área Metropolitana afectó especialmente a la *Región Pampeana*, que a pesar de ello sigue siendo la más importante del País, reuniendo en la actualidad el 35,2% de los habitantes, en tanto alcanzó su valor extremo en 1914 (47,8%), en pleno auge de la migración europea. En el otro extremo, la *Patagonia* es la región mas despoblada pero la mas dinámica en cuanto a su crecimiento: en 1895 contenía solo el 0,7% de la población, pero el constante incremento durante el presente siglo ha provocado que en 1991 residan cerca de 1,5 millones de habitantes, el 4,5% de la totalidad del país. Cuyo es la región mas estable del país, concentrando siempre alrededor del 7% de la población total. En el otro extremo del país se encuentra la *Región Noroeste*, tradicional asentamiento colonial, ha perdido importancia frente al crecimiento de la Pampa Húmeda, observando una moderada recuperación desde 1970, se verifica una densidad de población variable.

Finalmente la *Región Nordeste*, ha oscilado en su importancia relativa compensando su fuerte emigración con altas tasas de natalidad, encontrándose en la actualidad un 10% del total de la población radicada en dicha región, siendo la densidad de población en Misiones de 17,1 habitantes por km², en Corrientes y Chaco de 7,1 a 17,0 habitantes por km² y en Formosa de 3,1 a 7,0 habitantes por km².

En los siguientes cuadros se expone la situación de la población por región en general y en la Región NEA en particular, dentro de la República Argentina.

TABLA 1: CANTIDAD DE POBLACIÓN, SUPERFICIE Y DENSIDAD DE POBLACIÓN POR REGIÓN.

| REGION | PROVINCIAS por Región | POBLACION TOTAL REGION Cantidad - % | SUPERFICIE TOTAL REGION km ² - % | DENSIDAD POBLACION Hab/km ² |
|---------------------------------|---|---|--|--|
| Metropolitana | Capital Federal, 19 partidos del Gran Buenos Aires | 10.934.727 33,53 | 3.880 0,14 | 2.818,23 |
| Pampeana | Resto Buenos Aires, Entre Ríos, Córdoba, La Pampa, Santa Fe | 11.471.008 35,17 | 691.433 24,87 | 16,59 |
| Cuyo | Mendoza, San Juan, San Luis | 2.227.654 6,83 | 315.226 11,33 | 7,07 |
| Patagonia e Islas Atlántico Sur | Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz, Tierra del Fuego | 1.482.002 4,54 | 920.298 33,10 | 1,61 |
| Noroeste | Jujuy, Salta, Catamarca, La Rioja, Tucumán, Santiago del Estero | 3.677.538 11,27 | 559.864 20,14 | 6,57 |
| Nordeste NEA | Formosa, Misiones, Chaco, Corrientes | 2.822.599 8,65 | 289.699 10,41 | 9,74 |
| TOTAL | 24 Provincias / 6 Regiones | 32.615.228 100,0 | 2.780.400 100,0 | 11,73 |

Fuente: Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano (I.T.D.A.Hu. – FAU – UNNE), Resistencia, Chaco, Argentina - Institut für Tropentechnologie, Fachhochschule Köln (ITT FH-Köln), Bundesrepublik Deutschland: *Proyecto para el desarrollo de métodos industriales de construcción en madera para países del Mercosur: estudio de factibilidad para su ejecución. Desarrollo de técnicas de explotación, producción y fabricación para el aprovechamiento integral de las maderas forestales de la región Nordeste de Argentina (NEA) y su aplicación en sistemas constructivos prefabricados e industrializados para la ejecución de equipamientos de interés social.* 1995 a 1997.

En la tabla 1 se puede apreciar que el NEA ocupa la tercera posición en cuanto a Densidad Poblacional regional, siendo el índice relativamente bajo, indicando una baja ocupación del territorio regional, también se

verifica que, aunque la superficie del NEA es la única superior a la Región Metropolitana (la mas pequeña), la cantidad de población existente es relativamente importante (la tercera en cuanto a cantidad).

Dentro del NEA se verifica la mayor densidad poblacional en Misiones, ocupando la siguiente posición la de Corrientes pero con un valor tres veces menor, aunque las cantidades de población son sensiblemente similares, siendo la de Corrientes 2,5 veces mas grande, esto implica una baja ocupación poblacional del suelo provincial, similar situación se verifica en el Chaco y en Formosa.

TABLA 2: CANTIDAD DE POBLACIÓN, SUPERFICIE Y DENSIDAD DE POBLACIÓN POR PROVINCIA EN LA REGIÓN NEA.

| PROVINCIA | POBLACION por Provincia | | SUPERFICIE por Provincia | | DENSIDAD Hab/km2 |
|--------------|-------------------------|--------------|--------------------------|--------------|---------------------|
| | Cantidad | % | km2 | % | |
| Corrientes | 795.594 | 28,19 | 88.199 | 30,45 | 9,02 |
| Chaco | 839.677 | 29,75 | 99.633 | 34,39 | 8,43 |
| Formosa | 398.413 | 14,12 | 72.066 | 24,88 | 5,53 |
| Misiones | 788.915 | 27,95 | 29.801 | 10,29 | 26,47 |
| TOTAL | 2.822.599 | 100,0 | 289.699 | 100,0 | 9,74 |

FIG. 2. PROVINCIA DE CORRIENTES. DENSIDAD Y VOLUMEN DE POBLACIÓN POR DEPARTAMENTO. CENSO 2001.

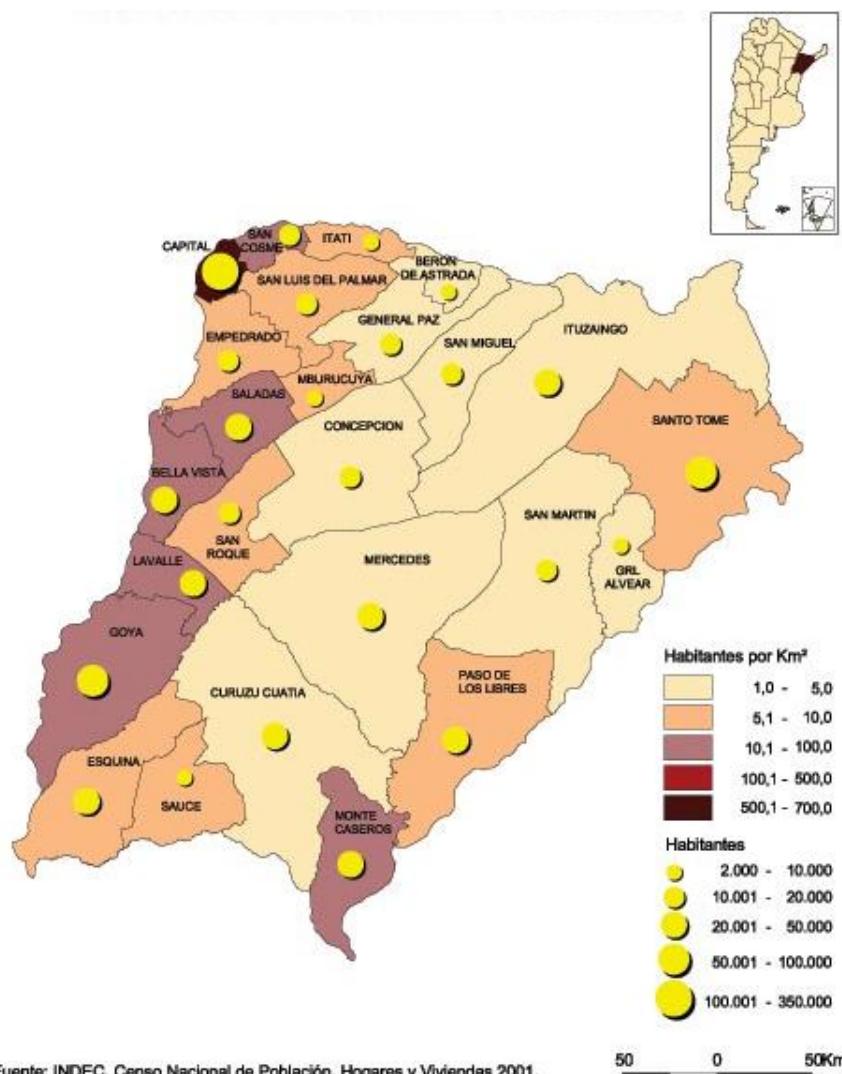
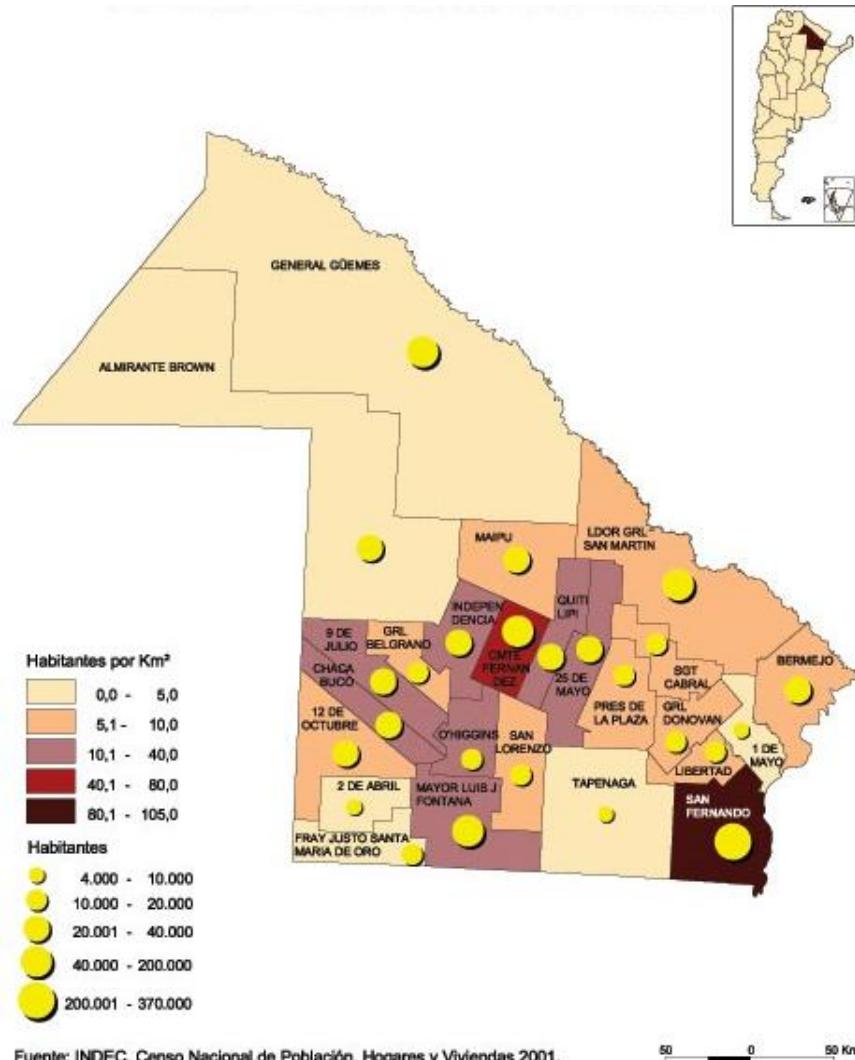


FIG. 3. PROVINCIA DEL CHACO. DENSIDAD Y VOLUMEN DE POBLACIÓN POR DEPARTAMENTO. CENSO 2001.



Fuente: INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001.

50 0 50 Km

I.2. La vivienda de interés social en el NEA

En este trabajo se hizo hincapié en la problemática de las viviendas de interés social (las construidas a través de operatorias y emprendimientos oficiales), habida cuenta de que en los relevamientos y análisis efectuados, son justamente dichas viviendas el ámbito en que se verifican serias deficiencias cuantitativas y cualitativas, en cuanto a la habitabilidad higrotérmica, el confort de los usuarios y sus consumos energéticos e impactos ambientales.

Por otra parte, constituyen uno de los principales ítems a priorizar a la hora de dar soluciones a las necesidades de buena parte de la población y representan actualmente los principales emprendimientos en materia constructiva, por lo que ahondar en las necesidades a que responden y considerar técnicas constructivas y alternativas de diseño ambientalmente consciente, viables a las tradicionales y que representen mejoras cualitativas con respecto a éstas, resultaría de sumo interés, como un modesto aporte desde la arquitectura a la racionalización ambiental de la construcción.

Las actuales políticas de vivienda de interés social buscan responder a dos demandas críticas: aportar soluciones habitacionales a los sectores de escasos recursos con baja capacidad de pago de las cuotas mensuales, y promover el empleo, especialmente en los sectores afectados por su limitada capacitación, desempleo o subempleo y falta de oportunidades. El problema habitacional implica la construcción de unidades de viviendas de reducida superficie, con sistemas constructivos de mampostería convencional, contemplando en ciertos casos la posibilidad de autoconstrucción (Evans y Eguía, 2000).

Se consideró la problemática habitacional de los sectores sociales populares a través de una revisión de los antecedentes en materia de soluciones habitacionales a dichos sectores en las provincias de Corrientes y Chaco y sus respectivas ciudades capitales.

Se apeló a una somera consideración de las experiencias realizadas, las soluciones habitacionales originadas, y los resultados reales en uso que las mismas arrojaron, trabajando con la hipótesis de que el concepto de déficit habitacional actual no incluye aspectos importantes que hacen a la calidad de vida.

La demanda – oferta de soluciones habitacionales y de las condiciones de habitabilidad

Una situación constante en Argentina es que mientras que casi ningún hogar que pertenezca a los niveles altos y/o medio/altos tiene problemas habitacionales, el 90% de los hogares de nivel bajo padecen algún tipo de problema habitacional. El crecimiento de los hogares se evalúa utilizando las tendencias de crecimiento de población adoptadas en *Estimaciones y Proyecciones de Población 1950-2050* y se puede estimar en cerca 97.000 nuevos hogares anuales.

Según Jacobo y Vedoya (2001), se puede caracterizar la dinámica poblacional del NEA en relación a la vivienda de la siguiente manera:

- Potencial proceso de Urbanización Total de la población del NEA para el año 2.015 con un potencial proceso de Duplicación de la población (1990) del NEA para el 2.040: 5,65 millones.
- Las viviendas rurales alcanzan el 30% de la totalidad de la región y las urbanas el 70%.
- Se verifica una gran población joven (1990) con potencialidades de crecimiento poblacional acelerado, pues: grupo de hasta 14 años: 8,0% con respecto al total general nacional; grupo de entre 15 a 64 años: 11,0% con respecto al total general nacional; grupo mayor de 65 años: 5,1% con respecto al total general.
- Caracterización Regional del Grupo Familiar u Hogares típicos: Grupo familiar completo (extendido y compuesto) 87,9% del total general del NEA; grupo unipersonal: 10,7% del total general del NEA.
- El 89,0% del total de viviendas son individuales y el 11,0% son colectivas. Las viviendas individuales urbanas alcanzan el 69,3% y las viviendas individuales de zonal rurales el 30,7%.
- Se encuentran 159.366 viviendas individuales con un nivel constructivo deficiente, que impiden una calidad de vida aceptable, pero que son recuperables por medio de reparaciones. También, se registran 133.103 familias ocupando viviendas constructivamente deficientes pero con posibilidades de recuperación (585.653 personas); un quinto de la población total del NEA desarrolla su vida en un hábitat deficiente desde el punto de vista constructivo, pero con potencialidades de ser recuperables por medio de intervenciones constructivas adecuadas. Hay 147.193 de viviendas urbanas en estado de hacinamiento. Un cuarto de la población total del NEA habita en estado de hacinamiento (157.496 hogares, 692.984 personas).
- El 48,6% del parque total de viviendas realiza el desagüe cloacal en la propiedad o en el terreno. El 51,5% del total general de hogares no posee conexión al servicio público de agua potable. El 40,5% (289.479) del total de las viviendas individuales no poseen conexión a los servicios públicos de agua potable y desagües cloacales. 309.742 hogares no poseen ninguna cobertura higiénica mínima básica de servicios públicos (agua potable ni desagüe cloacal). De las 1.362.865 personas que habitan el NEA, cerca de la mitad se encuentra en situación crítica desde el punto de vista higiénico. 125.651 viviendas individuales deben ser totalmente reemplazadas (ubicadas en villas de emergencias y ranchos).
- Existen 134.447 hogares a ser cubiertos con viviendas nuevas, lo que implica que 591.565 personas del NEA se encuentran en emergencia de situación habitacional (un 21,0%, un quinto de la población total del NEA).

Las perspectivas de soluciones desde el punto de vista habitacional-poblacional deben ser emprendidas como una de las prioridades principales, pues el factor tiempo en el plazo de 50 años es apremiante, debido a la potencialidades del crecimiento poblacional en el mediano plazo.

Si se parte de que la distribución de los nuevos hogares (según nivel socioeconómico), es similar a la del conjunto de hogares existentes, se puede estimar que el crecimiento anual de la demanda de viviendas está en función de la capacidad económica para acceder por parte de cada familia. Si se analizan los valores de los años 1992-98 para proyecciones a los años 2001 –2005 y 2010, según diferentes niveles socioeconómicos, se verifica crecimiento continuo de hogares hasta un total de cerca de 11 millones de nuevos hogares en todo el país.

(...) "Se deben construir, en todo el NEA y de manera continua hasta el año 2005, 15.000 viviendas individuales nuevas del tipo de interés social, debido al crecimiento continuo de la población del NEA. Estas deben cubrir las viviendas existentes a erradicar (villas miserias y ranchos), y el creciente número de indigentes y pobres sin capacidades económicas de financiarse sus propias viviendas.

Además, se deben construir, en todo el NEA y de manera continua hasta el año 2005, otras 30.000 viviendas individuales nuevas, debido al crecimiento continuo de la población del NEA, estas para cubrir el crecimiento natural de la población" (Jacobo y Vedoya, 2001, op. cit.).

En el NEA se verifica la necesidad urgente de viviendas que respondan a sus pautas culturales y contextuales (clima, tecnología, economía, mano de obra) y la necesidad a corto plazo de viviendas individuales para zonas urbanas y zonas rurales. Los equipamientos habitacionales deben ser de fácil mantenimiento por parte del usuario y adaptados a formas de vida autóctonas. Las viviendas individuales nuevas a construir deben ser de rápida ejecución, debido a la urgencia habitacional detectada.

Asimismo, se debe implementar un plan de financiamiento regional para reparación del parque de viviendas existentes recuperables. Este plan de financiamiento debe contemplar la situación social-económica de la región.

Ante esto, hay que tener en cuenta que la producción de viviendas en Corrientes y Chaco (así como en Misiones y Formosa), se lleva a cabo fundamentalmente en tres sectores:

- 1) El sector privado fiscalizado por la Municipalidad de cada ciudad, y en particular por la dirección de Obras Particulares. La normativa a cumplir en este sector se basa en el Código de Edificación (que no hace referencia al necesario diseño ambiental de la construcción, ni al URE, ni siquiera a nivel de recomendación; tan sólo especifica que deberá cumplirse con la norma IRAM 11605 en lo referente a transmisiones térmicas de componentes, pero no se ha actualizado con las actualizaciones de esta normativa; además no se exige la presentación, en los legajos, de los cálculos en esta normativa involucrados) y en el de Planeamiento Urbano. Es en este ámbito, el de los comitentes del sector privado, en el que podría radicar la posibilidad de lograr un uso más racional de la energía, mediante un diseño arquitectónico - tecnológico adecuado.

El Uso Racional de la Energía puede lograrse en nuestro medio a través de recursos de diseño a nuestro alcance y que no representan un alto costo inicial en la construcción: el uso de materiales de rendimiento higrotérmico óptimo en espesores y disposiciones adecuadas, significa una opción cuyo gasto inicial puede amortizarse a través del logro de ahorros energéticos a lo largo de toda la vida útil del edificio.

- 2) En el sector público u oficial, las viviendas de interés social, que son producidas por operatorias de tipo FO.NA.VI., son controladas por los institutos provinciales de vivienda (IN.VI.CO. en Corrientes e I.P.D.U.V. en el Chaco), y se rigen por una normativa específica, por lo general por la normativa de la S.V.O.A (Secretaría de Vivienda y Ordenamiento Ambiental), operándose situaciones análogas a las comentadas para el sector privado: no hay exigencias de presentación en los legajos de las verificaciones correspondientes de la normativa mínima de habitabilidad.

La "vivienda de interés social" es el mayor volumen de construcción realizada en los últimos años. Las viviendas del tipo "llave en mano" se construyeron con tecnologías consideradas "tradicionales" haciendo uso básicamente del mampuesto. Sus componentes difícilmente cumplen las condiciones mínimas de habitabilidad. En consecuencia su respuesta a las condicionantes climáticas y culturales de la región han sido defectuosas, y sus gastos energéticos, altos. El bajo nivel de habitabilidad que ofrecen las viviendas de interés social desencadenan dos posibles situaciones: una, que los usuarios se encuentran en condiciones de DISCONFORT, pero no operan un cambio, aceptando como hecho natural el discomfort y la falta de condiciones de habitabilidad; y la otra, que los usuarios, ante la falta de condiciones de habitabilidad, ven como única solución posible el uso efectivo de medios mecánicos de acondicionamiento de ambientes, lo que demanda gastos energéticos y ambientales "extra" de los que hubieran sido necesarios si desde la etapa de diseño se hubieran implementado estrategias "pasivas" para el logro de condiciones de confort.

- 3) Existe un tercer sector en el que se da una *coexistencia del ámbito privado y el público*: es el de la autoconstrucción. Por lo general la autoconstrucción es impulsada desde el sector oficial a través de algunas operatorias en que, tras una breve capacitación a los propietarios, son ellos mismos los que construyen sus viviendas. Esta es la que podríamos llamar "autoconstrucción oficial".

Otra forma de autoconstrucción es la que bien podría denominarse "construcción espontánea", que es la construcción por parte del sector privado no legalizada, debido a la crisis sostenida de altos porcentajes de la población de la ciudad. En los dos sectores mencionados, la vivienda precaria resultante carece de todo tipo de control y sus condiciones de habitabilidad son inferiores a las mínimas.

Por la situación comentada, en los tres sectores en los que opera la producción del hábitat residencial, existen altas posibilidades de fiscalización por parte del Municipio o de los Institutos de Vivienda, pero al no haber un marco regulatorio y promotor del URE y de la eficiencia ambiental de la construcción a nivel general, el sistema se desvirtúa.

La vivienda popular en Corrientes

La ciudad de Corrientes es la Capital de la provincia del mismo nombre, que integra la región NEA junto con las provincias de Misiones, Chaco y Formosa.

La población provincial se agrupa en la periferia fluvial y los vacíos más importantes se localizan en el área central. La distribución de la población está condicionada fundamentalmente por la localización de sus vías fluviales que conllevan un mayor desarrollo económico de sus márgenes. En contraste, el centro - norte provincial, zona de esteros, presenta una densidad de menos de 3 habs/km², produciéndose la mayor concentración en el departamento Capital y sus adyacencias.

En cuanto a la consideración de la ciudad, el rasgo distintivo de la región metropolitana de Corrientes es que se estructura homogéneamente a partir de una sucesión de recursos y bienes urbanos enlazados por aguas mediterráneas y bordeados por el río Paraná. Esta caracterización se evidencia también en el ejido de Corrientes, que cuenta con un gran frente costero al río de casi 32 km., de los que 14 km. se extienden sobre áreas urbanas. Ocasionalmente se producen inundaciones por desbordes fluviales o por malas condiciones de drenaje, dando lugar a la acumulación del agua. Las zonas más expuestas y afectadas son las costeras desprotegidas y los Bañados Norte y Sur. La ciudad presenta pendientes bajas, habiendo estado atravesada por arroyos, muchos de los cuales están actualmente entubados, con lo que se logró recuperar superficies para usos urbanos.

Dentro del tejido urbano se pueden definir dos áreas marcadas (Gutiérrez y Sanchez Negrete, 1988):

- Una **primera sobre tejido consolidado** que ocupa el casco histórico y el crecimiento dado durante el s. XIX (hasta las inmediaciones de la Av. 3 de Abril). El sector cuenta con aprox. 60.000 habs. (42% del total de la población urbana) con densidades medianas de 70 hab/há. Este sector, delimitado por las 4 avenidas que lo circundan, goza de todos los servicios y equipamientos comunitarios y abarca la fuente de trabajo de más del 70% de la población de la ciudad. Por eso los servicios de infraestructura están actualmente trabajando con sobrecargas, y si a ello sumamos la obsolescencia de las redes de distribución, el margen previsible en las calidades de uso y vida de esta infraestructura es mínima.
- En la **segunda, semiurbanizada o no consolidada**, que corresponde a crecimientos posteriores, a lo largo de las principales vías de comunicación, residen 85.000 habs. con densidades variables, dentro de valores bajos que no superan los 50 hab/há., excepto algunas zonas que superan los 200 hab/há., correspondientes a conjuntos habitacionales FONAVI.

En 1978 se creó el Instituto de Vivienda de Corrientes (IN.VI.CO.). El impacto de la creación de los nuevos núcleos residenciales en la periferia va significando formas de descentralización de servicios y generan polos de equipamiento que están originando perfiles barriales nuevos.

Desde su creación, el IN.VI.CO. lleva realizadas (al año 2001) unas 26.511 viviendas, distribuidas en diferentes conjuntos habitacionales en barrios de la ciudad, que por su tipología, modalidad de gestión, etc. han contribuido a caracterizar un "perfil" de estos barrios, sobre todo de aquéllos en que la cantidad de viviendas realizadas oscila entre 1000 y 2500 viviendas (9 de Julio, Dr. Montaña, 17 de Agosto, Ciudad de Estepa, San Gerónimo, Gral. San Martín, Ntra. Sra. De la Asunción, Molina Punta).

Buena parte de las viviendas terminaron siendo entregadas a familias de un nivel económico superior al de los sectores sociales a los que deberían estar dirigidas estas unidades habitacionales, que son aquéllos que no tienen ninguna otra alternativa para solucionar el problema habitacional.

La vivienda popular en el Gran Resistencia, Chaco

La estructura urbana del Gran Resistencia está conformada por el eslabonamiento lineal de cuatro municipios, separados entre sí por fuertes barreras urbanas: la ruta nacional N°11 y la escasa continuidad de la red vial secundaria entre Resistencia y Fontana; por la discontinuidad que producen los amplios

terrenos del ejército e importantes lagunas entre Resistencia y Barranqueras y por la escasa continuidad posicional entre Barranqueras y Puerto Vilelas.

Sin embargo, puede afirmarse que el conjunto es prácticamente monocéntrico, dado el predominio del área central de Resistencia y la falta de equipamientos diferenciados y completos en los restantes núcleos urbanos. El obstáculo principal que se encuentra para la incorporación de nuevas tierras al uso urbano está dado por el abastecimiento de agua potable y desagües cloacales, que no obstante, poco a poco se está extendiendo.

Con respecto a la zonificación espontánea existente, según Di Marco y Leiva (1995), los rasgos característicos son:

- La presencia de un área central comercial – administrativa bien definida en torno a la plaza principal de Resistencia. Se advierten esbozos de centros comerciales secundarios en las zonas más fuertes de expansión residencial.
- Una neta definición del área industrial de Barranqueras – Vilelas, con dos incipientes nucleamientos complementarios: uno en Fontana y otro sobre N. Avellaneda. La industria pequeña, artesanal, aparece mezclada con las áreas centrales de Resistencia.
- Un definido agrupamiento del comercio mayorista sobre la ruta nacional N°11 y la Av. 25 de mayo en su tramo inicial de penetración a la ciudad.
- Una preferente localización de las áreas deportivas – recreativas en el borde Norte, contra el complejo fluvial del Río Negro.
- Una concentración de importantes equipamientos urbanos, hospital regional, universidad y estación ferroviaria en el borde Este del área central de Resistencia.
- Una localización de las viviendas improvisadas y ocupadas por población marginada, en las áreas periféricas de la concentración urbana organizada, sobre los terrenos bajos que bordean las lagunas o sobre terrenos fiscales sin destino definido.
- Una explotación del recurso tierra (sea para hornos de ladrillos o préstamo para rellenos) en todos los sectores que actualmente aparecen sin perspectivas inmediatas de utilización urbana pero que comprometen gravemente, en ciertos casos, cualquier posterior utilización de esos terrenos para la expansión urbana.
- La explotación agrícola de quintas de gran parte de los terrenos más altos en la zona de meandros del Río Negro, desde Fontana hasta Barranqueras. Este uso se considera conveniente no solamente por el abastecimiento directo que proporciona al conjunto urbano sino por su adecuación a las características topográficas y de paisaje.

En lo que hace a la Estructura Urbana actual, puede afirmarse que a partir del Plan de Ordenamiento Urbano de 1978 y con la construcción masiva de viviendas iniciada en la misma época, se altera la espontánea conformación en anillos de Resistencia, densificándose áreas suburbanas antes vacías.

Se conforman entonces grandes sectores residenciales periféricos en densidades medias y medias altas, donde el trazado ya no responde a la manzana cuadrada tradicional de una há. y se alteran las dimensiones de vías circulatorias, reduciéndose superficies.

Al construirse avenidas de bordes que cumplen la doble función de defensas contra inundaciones y al mismo tiempo de vinculación entre los cuatro municipios que integran el área metropolitana, se consolida un esquema de características lineales (Di Marco y Leiva, op. cit., 1995).

La tendencia de expansión, dadas las limitaciones naturales del sitio -Río Negro y Paraná hacia el Norte y el Este- y la definición cortante del límite Sur (canal), definieron un fuerte avance sobre Fontana ubicada al Oeste, que en los últimos años recibió el impacto de la construcción de una gran cantidad de viviendas, absorbiendo la demanda de tierras de Resistencia.

A partir de 1992, el Instituto Provincial de Desarrollo Urbano y Vivienda del Chaco dispone de los recursos financieros destinados a las operatorias vigentes (FONAVI, Vivienda de Emergencia, Infraestructura Básica de Emergencia, etc.) y los programas que la jurisdicción considere prioritarios de encarar para mejorar las condiciones de habitabilidad de la población.

TABLA 3: VIVIENDAS EN SITUACIONES DE DÉFICIT EN LA PROVINCIA DEL CHACO.

| | Viviendas deficitarias | | | No precarias | Total Viviendas |
|-------|------------------------|----------------|---------|--------------|-----------------|
| | Recuperables | Irrecuperables | Total | | |
| Chaco | 79.833 | 35.485 | 115.318 | 82.785 | 198.103 |
| | 40,3% | 17,9% | 58,2% | 41,8% | 100% |

Fuente: Anuario Estadístico de la República Argentina. 1994.

El Chaco ocupa el 4º lugar en cuanto a viviendas deficitarias a nivel país (tabla 3), con valores equivalentes a 115.318 hogares, integrando el grupo de provincias con mayor criticidad (más del 40% de la población vive en viviendas deficitarias).

En los últimos años ha habido significativos cambios en la situación de la vivienda de los sectores de pocos recursos, debido principalmente a dos factores: uno de ellos es la activa participación del Estado Nacional, que ha promovido la canalización de vastos recursos hacia el sector; el otro se refiere a la tendencia a la utilización de métodos de construcción en gran escala (ha sido considerable la proliferación de conjuntos masivos de vivienda, que incluyen la infraestructura y en muchos casos el equipamiento comunitario).

Ambas tendencias han abierto nuevas posibilidades para el mejoramiento de la situación de la vivienda, así como para una mayor satisfacción de las necesidades de la población con ingresos bajos. Simultáneamente, sin embargo, se plantean numerosos problemas.

Actualmente se tiende a la descentralización, lo que implica mejorar los conjuntos habitacionales existentes, y planificar mejor los conjuntos, con escalas más adecuadas. Se intenta hacer barrios más pequeños (ya no más de 1000 viviendas) que agrupen aproximadamente 150 viviendas o menos, e incorporar estos nuevos barrios a la trama urbana existente. Si hay suficiente terreno, cada uno tendrá su lote, y si no lo pueden tener, se plantea la construcción en bloque pero tratando siempre de recrear la cuadrícula tradicional.

La necesidad de valorar el desempeño edilicio

Teniendo en cuenta que la demanda habitacional no sólo es cuantitativa, se hace imprescindible contar con *indicadores* de desempeño de la construcción, que fundamenten la toma de decisiones. En las etapas de diseño y de construcción existen mayores posibilidades de optimización de las decisiones adoptadas.

Existe la necesidad de generar una metodología sistematizada para evaluar las funciones que se desarrollan en los edificios de viviendas. El conjunto de procedimientos permitiría: detectar ineficiencias funcionales; programar correcciones o mejoras, para optimizar los ciclos de vida útil; reducir costos operativos con ahorros energéticos; conocer desempeños funcionales para calificar inmuebles; y abaratar el control de las prestaciones, interviniendo en la preconstrucción. Al mismo tiempo, se trataría de desarrollar ideas alternativas, determinando el menor costo total para obtener la función requerida, manteniendo las características esenciales de los desempeños establecidos.

Dichos procedimientos podrían basarse en los siguientes conceptos: *Mediciones*, aplicando conocimientos científicos y tecnológicos, para obtener expresiones numéricas que reemplacen los subjetivos adjetivos calificativos (bueno, regular, malo, mucho, poco, etc.); *Sistematización*, para dar base estadística a las valoraciones funcionales, pues las condiciones estacionales y operativas de los edificios, requieren procedimientos repetitivos; *Análisis*, con el procesamiento de los datos obtenidos de las variables medidas para obtener la evaluación objetiva y cualitativa, de las funciones primarias, secundarias e innecesarias; *Desempeño*, determinando las performances funcionales, que según las características particulares de cada edificio, se comparan con los parámetros que establezcan las Normas Técnicas Internacionales o Nacionales.

Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los estándares mínimos de desempeño de edificios de vivienda (así como de edificios en general), y a las provincias las necesarias para complementarlas, sin que aquellas alteren las jurisdicciones locales. Hay que tomar en cuenta la existencia de planes nacionales de vivienda y la constitución del Fondo Nacional de Vivienda (FO.NA.VI.), que se constituye en base a gravámenes del orden federal, y el hecho de que la mayor parte del financiamiento proviene de créditos hipotecarios regulados en el nivel federal. Por tanto, más allá de la necesaria especificación regional de las normas de edificación (resultante de la diversidad de condiciones climáticas y ambientales), existe una clara incumbencia de la jurisdicción nacional.

La responsabilidad primaria de elaborar la normativa básica para la promoción de la eficiencia energética corresponde a la jurisdicción nacional. Sin embargo, es claro que resultaría de especial importancia lograr el compromiso de las provincias y municipalidades en la formulación de normas o la promoción de acciones complementarias al marco legal nacional.

I.3. Costo Energético y Ambiental de la construcción

Según Salgado y Altomonte (2001), "el sistema energético, como subsistema social, está interrelacionado en muchos aspectos con el nivel y la estructura del abastecimiento energético que a su vez interactúa de modo complejo con el desarrollo económico – social e influencian fuertemente al ambiente y su sustentabilidad".

Se puede considerar al medio ambiente como parte de los recursos naturales o viceversa, ya que todos los "medios" contienen recursos de una u otra manera útiles para la supervivencia del hombre. Todos esos elementos forman parte del patrimonio natural. Es por esto que los aspectos de sustentabilidad energética con respecto a recursos naturales y el medio ambiente son tratados de manera conjunta, según se advierte en el presente trabajo.

Sin embargo, debe destacarse que las fuentes energéticas constituyen una parte muy importante dentro de los recursos naturales, sean éstos renovables o agotables, y que el impacto de las actividades del sector energético sobre el medio ambiente es múltiple.

Puntualizando las interrelaciones del sector energético con el nivel general de sustentabilidad atendiendo a la dimensión recursos naturales / medio ambiente, se puede observar:

- Un menor horizonte de disponibilidad de los recursos energéticos fósiles (relación reservas/producción) implica un riesgo en la medida en que la demanda dependa de forma muy marcada de la explotación de tales recursos;
- Un mayor uso de recursos renovables significa menor explotación de recursos fósiles, menor dependencia en factores externos, y menor emisión;
- El uso de energía se asocia siempre, aunque de manera variable según el tipo de fuentes y de tecnología, con emisiones (partículas, SO₂, NO_x, CO₂, etc.) y con efectos dañinos a nivel local, regional y global;
- *La producción (hidrocarburos, carbón, etc.) y los procesos de transformación energética (refinerías, centrales térmicas, etc.) dan lugar a impactos (evitables en parte) bajo la forma de contaminación en el suelo, el agua y en el aire, y pueden significar pérdidas de tierras y de hábitat;*
- Si bien es cierto que el uso de la leña para fines energéticos no ha sido la causa de las grandes deforestaciones, la producción o la recolección de leña y la producción de carbón vegetal ha contribuido, en ciertas áreas, a la pérdida de bosques.
- Además de las interacciones entre el sector energético y el proceso general de desarrollo, esta enumeración pone en evidencia las interrelaciones entre las diferentes dimensiones. Un cierto nivel de desarrollo en el presente respecto a una dimensión pone en peligro el desarrollo en el largo plazo respecto a otras dimensiones.

En cuanto a la dimensión social, el nivel y la estructura del consumo energético puede ser un indicador del nivel de vida de los habitantes de un país dado que la energía es un rubro importante dentro de los gastos familiares.

Si bien es cierto que una parte importante de la población consume menos energía que la necesaria y de mala calidad, ello significa una forma de carencia en la cobertura de necesidades básicas en un país. Puede haber alta inequidad en el consumo energético: los estratos bajos consumen menos energía, utilizan fuentes de peor calidad y gastan en ella una proporción comparativamente mayor de su ingreso.

La actual utilización de los recursos naturales y del medio ambiente supone una disminución del potencial de estos recursos para las generaciones futuras.

Según Abruzzini (2000), en la política energética argentina, la utilización de recursos energéticos en relación a su disponibilidad relativa, ha tenido una marcada presencia, con lo que se han alcanzado niveles considerables en el desarrollo de su industria, y en relación a la cobertura de los requerimientos energéticos de la población; con una evolución aceptable de la intensidad energética respecto del PBI y con notable tendencia a la disminución de las emisiones.

Esto permitió lograr una importante diversificación de la estructura de la oferta, con mejoras en la seguridad del abastecimiento. Sin embargo, no se han observado hasta el momento, acciones sistemáticas que, en el plano del consumo final y a nivel del consumo propio del sector energético, marquen una tendencia definitiva hacia la mejora de los indicadores antes considerados. Por esta razón, se estima que los potenciales de ahorro en estos ámbitos son aún significativos, sobre todo en lo relativo a las mejoras en eficiencia energética.

Al analizar la evolución de la política energética argentina, se puede observar que, a partir de la década de 1960, se comienza a promover la sustitución paulatina del petróleo, comparativamente menos abundante, por fuentes energéticas renovables como la hidroelectricidad, o por aquellas que siendo fuentes agotables son de mayor abundancia, como el gas natural. Durante esos años, también se desarrollaron proyectos de aprovechamiento de la energía nuclear, que luego se concretaron, como otra alternativa disponible.

En este marco, los edificios consumen entre el 20 y el 50% de los recursos físicos según su entorno, teniendo especial responsabilidad en el actual deterioro del ambiente la ampliación del parque construido (Alavedra, 2001).

Dentro de las actividades industriales, la actividad constructora es la mayor consumidora, junto con la industria asociada, de recursos naturales. Asimismo, los edificios, una vez construidos, continúan siendo una causa directa de contaminación por las emisiones que se producen en los mismos o el impacto sobre el territorio. La construcción de los edificios comporta impactos ambientales que incluyen la utilización de materiales que provienen de recursos naturales, la utilización de grandes cantidades de energía tanto en lo que atañe a su construcción como a lo largo de su vida y el impacto ocasionado en el emplazamiento. El material fuertemente manipulado y que ha sufrido un proceso de fabricación utilizado en el campo de la construcción tiene efectos ambientales muy importantes, con un contenido muy intensivo en energía.

No se pueden olvidar los costos ecológicos que suponen tanto la extracción de los recursos minerales (canteras, minas, etc.) como la deposición de los residuos originados, que abarcan desde las emisiones tóxicas al envenenamiento de las aguas subterráneas por parte de los vertedores. La construcción y el derribo de los edificios originan una gran cantidad de residuos.

La aplicación de los criterios de sustentabilidad y de una utilización racional de los recursos naturales disponibles en la construcción llevarán hacia una conservación de los recursos naturales, una maximización en la reutilización de los recursos, una gestión del ciclo de vida, así como reducciones de la energía utilizada.

El enfoque de la Eficiencia Energética como criterio de diseño edilicio. El bioclimatismo

Gran parte de la energía que se utiliza actualmente en nuestro país y en la región NEA, es para fines domésticos, es decir para la actividad residencial.

TABLA 4: PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE LOS DISTINTOS SECTORES EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA.

| SECTORES | CONSUMO AÑO 1995 (GWh) | PARTICIPACION % |
|---------------------|------------------------|-----------------|
| Industrial y Otros | 21.707 | 42.25 |
| Residencial | 17.088 | 33.26 |
| Comercial y Oficial | 9.689 | 18.86 |
| Agropecuario | 456 | 0.89 |
| Transporte | 302 | 0.59 |
| Alumbrado Público | 2.140 | 4.16 |

Fuente:<http://www.energia.mecon.gov.ar/Electricidad/informes/informes%20de%20prospectiva/prospectiva%2096/escenarios%20de%20demanda.htm> Escenarios de Demanda de Energía Eléctrica y Uso Racional de la Energía.

El criterio energético para evaluar el desempeño ambiental de la edificación resulta relevante, pues buena parte de la energía que se utiliza actualmente en Argentina es para los rubros "acondicionamiento del aire" e "iluminación". Prácticamente 1/3 de la demanda nacional de energía primaria es para la climatización de edificios y un programa que impacte en la matriz energética debe partir de este hecho.

Si bien el ser humano se adapta a distintos hábitat, su bienestar y su máxima energía solo pueden desarrollarse en condiciones estrictamente limitadas (Huntington, 1927). Esas condiciones óptimas para el progreso humano tienen que ver con parámetros y factores diversos.

El ser humano lucha por conseguir el equilibrio biológico, buscando llegar al punto justo de adaptación a su entorno para liberar la menor carga de su energía y utilizar la misma en la productividad. Las condiciones bajo las cuales consigue este objetivo se definen como zona de confort. (Olgyay, 1998).

En la actualidad el usuario se encuentra con la insatisfacción de sus necesidades de confort por parte del parque edilicio. Cuando dicho usuario recibe una obra, debe, indefectiblemente, poner en marcha una serie de procesos para adaptar ese edificio a sus necesidades de confort térmico, incorporando dispositivos electromecánicos la mayoría de las veces. Así, estas adaptaciones generan una mayor utilización de energías convencionales no-renovables a partir de artefactos de gran disponibilidad y promoción en el mercado actual.

Para conseguir tal confort, la sociedad contemporánea necesita un alto consumo energético, por lo tanto el desafío es buscar el desarrollo sostenible manteniendo el nivel de actividad, de transformación y de progreso, pero ajustando las necesidades a los recursos existentes y evitando el derroche energético (Olgyay, 1998, op. cit.).

Otra de las razones por los cuales se debe estudiar las posibilidades energéticas de los edificios, además de la disminución del gasto energético y el logro de proyectar de un modo amigable para el ambiente, es determinar las bases para que en un futuro se pueda tender a la certificación energética.

Ante la crisis energética actual, en Argentina, existe la necesidad urgente de concientización en el uso de técnicas alternativas para alcanzar eficiencia energética de los edificios, y particularmente de la vivienda a

través del adecuado diseño de las envolventes, por medio del uso de estrategias tecnológicas que logren el confort en la vivienda sin necesidad de generar contaminación y excesivo gasto energético.

Desde la proyección de los edificios se puede controlar en gran medida su consumo energético. Posteriormente, en la utilización de los edificios tendrá una gran importancia la gestión de la energía, la intervención de los usuarios y el mantenimiento (Alavedra, 2001, op. cit.).

"El objetivo del uso racional de la energía (URE) no reside únicamente en el ahorro, ni en la sustitución de recursos no renovables, sino principalmente en la optimización de las condiciones de habitabilidad con el menor consumo de todos los recursos, ya sean energéticos o económicos. Obtener mayor confort con el menor costo disminuirá el consumo de combustibles convencionales y también mejorará la calidad de vida de los habitantes" (Evans y de Schiller, 1994).

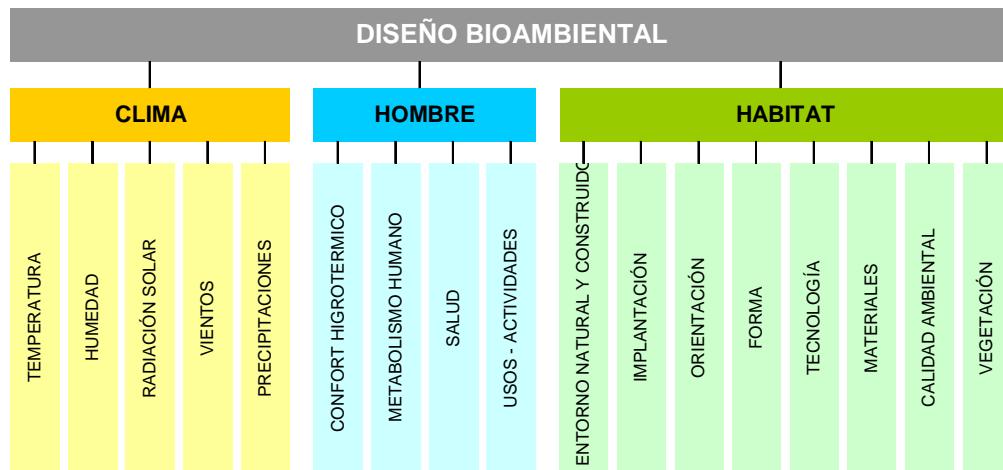
El ahorro energético y la eficiencia ambiental están directamente relacionados con la arquitectura bioclimática que propone, a través de las disposiciones morfológicas – tecnológicas, medios pasivos de adecuación ambiental, reduciendo o evitando el uso de medios mecánicos de aclimatación.

La concepción bioclimática propone utilizar por medio de la arquitectura los elementos favorables del clima natural y artificial con el objeto de satisfacer las exigencias de confort térmico de las personas en su hábitat. Responde a un diseño racional y armónico con la naturaleza y se basa en el aprovechamiento de las condiciones ambientales del entorno (medio natural): temperatura media, radiación solar disponible, dirección predominante del viento, vegetación, etc. El diseño bioclimático de viviendas exige como punto de partida el conocimiento cabal del clima de la región en donde se construirá el hábitat (Collet y Maristany, 1995).

Una buena arquitectura "bioclimática" es aquella que permite que el edificio se beneficie de ambientes interiores próximos al confort para un margen de variación de las condiciones exteriores bastante amplio, sin el recurso del acondicionamiento de aire artificial. Cuando los medios mecánicos se revelan necesarios, la arquitectura bioclimática permite gastar una cantidad de energía reducida y hacer economía. El principio esencial del bioclimatismo es "construir con el clima" (Izard y Guyot, 1980).

Así, el diseño bioambiental busca la optimización de las condiciones en los edificios y en los espacios exteriores a través del diseño. Este proceso de optimización involucra tres niveles de trabajo y tres sistemas: 1) el medio en el cual se proyecta (Clima); 2) los habitantes (Hombre) y 3) los edificios mismos (Habitat), (Evans y de Schiller, 1994, op. cit.).

FIG. 4. SISTEMAS DEL DISEÑO BIOAMBIENTAL



El diseño bioambiental que optimiza la relación *clima – hombre – hábitat*, solo resulta posible si se proyecta para aprovechar los aspectos favorables del medio y proporcionar protección de los factores perjudiciales desde el primer momento en el proceso de diseño. Los aspectos básicos del partido edilicio serán fundamentales para su acondicionamiento natural: *forma edilicia, orientación y proporciones* de los espacios entre edificios.

Las estrategias de diseño bioclimático pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN: evitar los intercambios de calor con el exterior.
- SISTEMAS PASIVOS DE ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO: favorecer los intercambios de manera selectiva y controlada.

En invierno y durante los períodos fríos, se trata de oponerse a las pérdidas de calor y favorecer las ganancias de calor solar. En verano se trata de lo contrario, oponerse a las ganancias y favorecer las pérdidas. Según el tipo de clima se dará preferencia a las estrategias de invierno o de verano. Para el NEA, debemos priorizar las de verano, ya que se trata de un clima muy cálido y húmedo.

En función de lo expuesto, uno de los aspectos fundamentales en el diseño bioclimático, ambientalmente optimizado, el estudio de los elementos constructivos, pues según sean sus características físicas será el efecto que producen en el interior del local: la acertada elección de los materiales que constituirán un edificio podrá reducir la amplitud térmica interior, evitar picos excesivos de temperatura en verano, evitar la condensación superficial en invierno y optimizar el aprovechamiento de la radiación solar o el uso de combustibles convencionales.

Como herramienta para verificar alternativas de diseño de las envolventes edilicias, se cuenta en la República Argentina con las normas de habitabilidad higrotérmica del IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales) –serie 11600-, que, si bien son de aplicación obligatoria para el sector oficial, aún no lo son para el sector privado, al no estar respaldadas por leyes ni código de aplicación que exijan su cumplimiento.

El adecuado diseño tecnológico - constructivo de los cerramientos perimetrales de los edificios es fundamental para el acondicionamiento higrotérmico de los espacios arquitectónicos, determinando los niveles de confort que se verificarán con el uso. Para ello es necesario verificar los cerramientos mediante el método de cálculo propuesto por el IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales) que permite modelizar matemáticamente el comportamiento de los cerramientos, comparándolo con ciertos valores que representan las condiciones mínimas aceptables. La normativa técnica vigente está en permanente proceso de ajuste adecuándose a los avances en el conocimiento, de nuevas técnicas constructivas, materiales y de la concientización de los usuarios sobre la necesidad de reducir los consumos energéticos en la edificación sin detrimento de la calidad ambiental de los espacios interiores.

En síntesis, para llevar a cabo un uso eficiente de la energía y de su conservación en los edificios, se tendrán que considerar, ya desde las etapas iniciales de diseño, los siguientes aspectos: 1) aislamiento y ventilación; 2) sistemas de control de la energía en los edificios y otros controles automáticos; 3) desarrollo en aplicaciones de baja energía y tecnologías limpias; 4) fuentes de energía renovable; 5) diseño basado en un consumo bajo de energía y planificación para una eficiencia energética.

De estos aspectos, el primero y el quinto representan los aspectos más atendibles y accesibles para el diseño ambientalmente consciente y energéticamente optimizado sin introducción de medios mecánicos y/o electrónicos, sino simplemente usando estrategias pasivas, relacionadas con una cuidadosa selección de materiales para conformar la envolvente edilicia o “piel de los edificios”, una implantación consciente de las potencialidades de ahorro energético de cada orientación de la edificación, etc.

Interesan muy especialmente, desde el punto de vista del diseño ambientalmente consciente, optimizado energéticamente, los rubros de *iluminación* y de *refrigeración – ventilación – calefacción*, ya que en ellos el proyectista puede incidir directamente al diseñar el avenantamiento y orientaciones de un edificio, así como las propiedades y desempeño higrotérmico de los materiales de la envolvente edilicia.

Según Blasco Lucas (2000), los estándares internacionales de consumos de energía por unidad de superficie edilicia, que deben servir de referencia para comparar y calificar a las construcciones, son:

- Edificio moderno (MB): con 150 kWh/m² año
- Edificio de bajo consumo (LEB): con 50 kWh/m² año
- Edificio de consumo súper bajo (SLEB): 25 kWh/m² año

“Los numerosos ejemplos a nivel mundial testimonian que el uso eficiente de la energía eléctrica puede colaborar simultáneamente a mitigar tres problemas importantes como son la disponibilidad de recursos energéticos, las inversiones de capital necesarias para poner la energía en el mercado y el impacto ambiental del uso de los recursos energéticos”.

Además de los aspectos puramente económicos hay que tomar en cuenta que las medidas de URE tienen también consecuencias importantes con relación a los aspectos ambientales, que habrán de imponer restricciones crecientes al desenvolvimiento de las actividades productivas. El ahorro y el mejor uso de la energía implican una disminución del impacto sobre el ambiente local y global y de la presión sobre los recursos energéticos agotables (Bouille, 1999).

Entre las diversas formas de impacto ambiental asociados a la generación de energía eléctrica, según Dutt (2001), se pueden mencionar las siguientes:

- alteración de ecosistemas (centrales hidroeléctricas)
- contaminación del agua y contaminación térmica (centrales térmicas que utilizan cuerpos de agua en su ciclo de refrigeración)
- contaminación del aire por centrales térmicas que utilizan combustibles fósiles —carbón mineral, petróleo, gas natural— y emiten gases y partículas a la atmósfera

¹<http://www.energia.mecon.gov.ar/Electricidad/informes/informes%20de%20prospectiva/prospectiva%2096/escenarios%20de%20demanda.htm> Escenarios de Demanda de Energía Eléctrica y Uso Racional de la Energía.

- contaminación por residuos nucleares (centrales térmicas nucleares), accidentes, generación de residuos de alta actividad
- cambio de clima a partir de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), el principal gas del efecto invernadero, etc.

En la medida en que disminuye la demanda de energía eléctrica, por ejemplo a través de programas para promover el uso eficiente de la energía, se reduce también el impacto ambiental de la generación eléctrica.

La construcción sustentable

La Construcción Sustentable deberá entenderse como el desarrollo de la Construcción tradicional pero con una responsabilidad considerable con el Ambiente por todas las partes y participantes, lo que implica un interés creciente en todas las etapas de la construcción, considerando las diferentes alternativas en el proceso de construcción, en favor de la minimización del agotamiento de los recursos, previniendo la degradación ambiental o los prejuicios, y proporcionar un ambiente saludable, tanto en el interior de los edificios como en su entorno.

Tendrá en cuenta no sólo la construcción en la creación del ambiente, sino también los efectos que ésta producirá en aquellos que lo llevan a cabo y en los que vivirán en ellos. La importancia creciente en las consideraciones del "síndrome del edificio enfermo" en los edificios de oficinas y la "sensibilidad ambiental" en la construcción de viviendas ha dado lugar a una mayor consideración de los efectos que los materiales de construcción tienen en la salud humana

La construcción sustentable o sostenible:

- Se puede Proyectar, Construir y luego Mantener, optimizando los recursos Humanos, Tecnológicos y Económico -Financieros, a través del uso racional y eficiente de los materiales, los sistemas y las energías (renovables y NO renovables).
- Está muy bien orientada, contempla ventilaciones naturales y el aprovechamiento eficiente de la luz natural.
- Tiene al Aislamiento Térmico de la envolvente (muros, cubiertas y aberturas) como una prioridad constructiva, ya que a través del mismo se puede disminuir hasta un 40% el gasto de uso de electricidad y gas de un edificio y, a su vez, posibilita la instalación de equipos de calefacción y aire acondicionado más pequeños, con su respectivo ahorro inicial al momento de adquirirlos.
- Tiene en cuenta el uso racional del agua potable y sus posibilidades de reutilización.
- Evalúa alternativas de provisión de electricidad mediante energías alternativas (solar, eólica, otras).
- Contempla NO sólo el presupuesto de construcción, sino también el presupuesto de USO y MANTENIMIENTO durante la vida útil de la misma.

La definición de *Construcción Sustentable* lleva asociados tres verbos: *reducir, conservar y mantener*². La combinación de los principios ecológicos y de los recursos disponibles nos proporcionan una serie de consideraciones a tener en cuenta.

Evaluar la dimensión ambiental de un producto de construcción es intentar calificar y cuantificar el peso de los impactos que se le asocian por el conjunto de su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas hasta el final de su vida.

Los principales efectos sobre el Ambiente de los materiales utilizados en la construcción son los siguientes: consumo energético; producción de residuos sólidos; incidencia en el efecto invernadero; incidencia en la capa de ozono; otros factores de contaminación ambiental.

Una estrategia óptima para minimizar el impacto ambiental sería aquélla que utilizase soluciones (reciclaje de materiales, reutilización de residuos de otras construcciones o demoliciones, consideración del transporte de los materiales y cuidadoso diseño del edificio y selección de sus materiales constitutivos básicos) que minimizaran de manera equilibrada los efectos que éstos producen sobre el Ambiente, es decir, sobre el consumo de energía, la producción de residuos y la contaminación.

La elección de los materiales que debemos utilizar en el momento de construir es un paso importante hacia una construcción sustentable. Por ello, es necesario realizar una buena elección y evaluar las ventajas e inconvenientes de cada material, ya sea en el proceso productivo, durante su uso, o en su fin.

A grandes rasgos, los tipos de impacto en los que podemos incidir al elegir los materiales pueden agruparse en cinco bloques³:

² La **reducción** en la utilización de los recursos disponibles se llevará a cabo a través de la reutilización, el reciclaje, la utilización de recursos renovables y un uso eficiente de los recursos. Se tratará de incrementar la vida de los productos utilizados, un incremento en la eficiencia energética y del agua, así como un uso multifuncional del terreno.

La **conservación** de las áreas naturales y de la biodiversidad se llevará a cabo a partir de restricción en la utilización del terreno, una reducción de la fragmentación y la prevención de las emisiones tóxicas.

El **mantenimiento** de un ambiente interior saludable y de la calidad de los ambientes urbanizados se llevará a cabo a través de la utilización de materiales con bajas emisiones tóxicas, una ventilación efectiva, una compatibilidad con las necesidades de los ocupantes, previsiones de transporte, seguridad y disminución de ruidos, contaminación y olores.

1. **El agua:** Los impactos relacionados con el agua incluyen todo los ámbitos relacionados con su ahorro y su posible contaminación al realizar vertidos de residuos. De este modo, debemos priorizar aquéllos materiales que no transmiten elementos tóxicos o contaminantes al agua, los mecanismos que permiten ahorrar agua en los puntos de consumo, las instalaciones de saneamiento para la gestión de las aguas residuales de diferentes orígenes y los sistemas que permiten reutilizar el agua de la lluvia o la depuración de las aguas residuales para su uso posterior.
2. **Las emisiones:** Las emisiones generadas por los edificios pueden afectar a la atmósfera, lo que se traduce en un impacto local o global. Desde este punto de vista, deben priorizarse todas las soluciones que ayudan a reducir la emisión de los gases causantes del efecto invernadero, o las que hayan eliminado el uso de CFCs o HCFCs. Las emisiones también pueden deteriorar el ambiente interior de los edificios y perjudicar la salud de sus ocupantes. Deben evitarse los materiales que emiten compuestos orgánicos volátiles, formaldehídos, radiaciones electromagnéticas o gases tóxicos o de difícil combustión. En cuanto al ruido, se recomienda utilizar aparatos con niveles bajos de emisión de ruidos.
3. **La energía:** Cualquier actuación que conlleve un ahorro energético supone a su vez una reducción de los impactos, ya sea por el ahorro de recursos no renovables (petróleo, carbón, etc.) o por la reducción de emisiones de CO₂. El uso de energías renovables es una solución completa, ya que éstas actúan sobre ambos parámetros, evitando así el consumo de energías convencionales y eliminando las emisiones. Existen otras opciones para reducir el consumo de energía (ya sea convencional o renovable), como los aparatos de bajo consumo energético, el uso de aislantes térmicos, los procesos de fabricación de bajo consumo energético o la cogeneración.
4. **Los recursos:** Es preferible utilizar materiales procedentes de recursos renovables. La reutilización y el reciclaje también son opciones válidas. En este grupo, pueden incluirse la madera de los bosques gestionados de forma sostenible y los materiales fabricados con material reciclado. Si se deben utilizar materiales que utilizan recursos no renovables, como, por ejemplo, la piedra natural, debe darse prioridad a aquéllos cuyos procesos de extracción sean más respetuosos con el entorno. Asimismo, todos los productos con una vida útil larga contribuyen al ahorro de recursos.
5. **Los residuos:** El hecho de que un material se pueda reciclar al término de su vida útil, o que contenga otros materiales reciclables, es un aspecto que debe tenerse en cuenta. Los residuos del reciclaje directo son aquéllos que no requieren ninguna transformación para volver a ser utilizados (por ejemplo, los sanitarios procedentes de una desconstrucción). Los residuos del reciclaje secundario son aquéllos que, tras algún tipo de transformación, se convierten en otros productos (por ejemplo, los áridos de hormigones reciclados). Deben rechazarse los materiales que se convierten en residuos tóxicos o peligrosos al final de su vida útil. Un ejemplo de estos materiales son los elementos organoclorados y los materiales pesados como el cadmio, el plomo, el mercurio o el arsénico.

La experiencia de los últimos veinte años ha demostrado que no resulta fácil cambiar el sistema de construcción de los edificios y su funcionamiento. Para lograr una Construcción Sustentable debe romperse con la rutina y los malos hábitos adquiridos por décadas de derroche de los recursos naturales. Deberá cambiarse la mentalidad de la industria y de las estrategias económicas con la finalidad de que den prioridad al reciclaje ante la tendencia tradicional de la extracción de materias naturales. Deberá fomentarse la utilización de sistemas constructivos y energéticos en base a productos y energías renovables.

Es en este entorno cuando la humanidad toma conciencia de la importancia, cada día más evidente, de que los aspectos ambientales tendrán consecuencias muy importantes en las principales opciones del proceso constructivo.

Energía consumida durante el "ciclo de vida" de la construcción

Según la norma IRAM-ISO 14040 el ciclo de vida es un concepto que se refiere a las "etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema producto⁴, a partir de la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final" del producto de que se trate. Entre esas etapas se destacan la extracción y la adquisición de materias primas, el uso del producto y su disposición final al concluir su vida útil para su usuario. Es la "recopilación y evaluación de las entradas, salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema producto durante su ciclo de vida".

Según Mitchell y Arena (2000), la búsqueda de materiales alternativos en el sector edilicio, más benignos ambientalmente, a través de herramientas de análisis como el del Ciclo de Vida, permite poner en evidencia los impactos ambientales que cada elección determina y rastrear los materiales o procesos que los causan, cuantificando su influencia, lo cual es de fundamental importancia, porque es usual tener nociones equivocadas acerca de lo que es más benigno o más dañino para el ambiente, nociones que surgen de considerar sólo una parte del ciclo de vida completo de los objetos analizados.

El ACV es tanto un concepto como una metodología para realizar auditorías y evaluar el desempeño ambiental de un producto, proceso o actividad, a través de toda su existencia, desde la adquisición de materias primas hasta la disposición final.

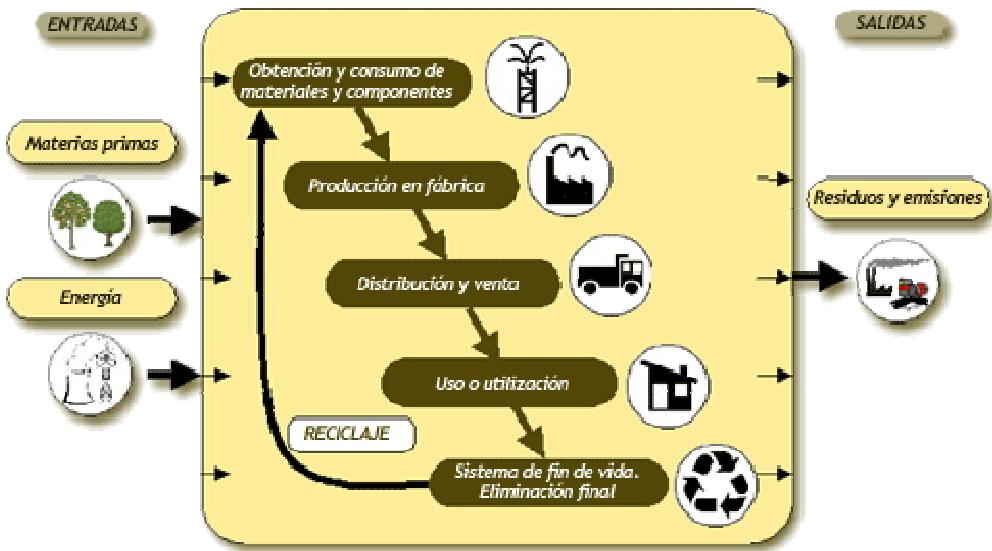
En la actualidad, la noción de ACV ha sido aceptada en forma general en la comunidad científica como la única base legítima sobre la cual comparar materiales, componentes y servicios alternativos. La normativa internacional está trabajando activamente para lograr la estandarización de la metodología, lo que va a facilitar el intercambio entre grupos y países, a través de las normas ISO 14.040. En la Argentina, el Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM) está colaborando con la elaboración de estas normas.

³ <http://www.csostenible.net/castellano/mater.asp.htm> Op. cit.

⁴ La expresión *sistema producto* (product system, en la bibliografía en inglés) proviene del enfoque ingenieril inherente a los procedimientos del ACV. Hay una multitud de operaciones y procesos diversos e individuales que son necesarios para extraer materias primas y energía, elaborar productos intermedios, diseñar, formular, fabricar, transportar y usar un producto, y gestionar los residuos generados en cada eslabón de la cadena de producción y disposición final. Esos procesos y operaciones están vinculados en el ciclo de vida de un producto, y ese conjunto integrado de procesos y operaciones es lo que constituye un "sistema" para ese producto.

Se puede desarrollar un Análisis de Ciclo de Vida para un proceso, un servicio o una actividad, considerando todas las etapas que constituyen su vida útil.

FIG. 5. ESQUEMA DE LAS ETAPAS DEL CICLO DE VIDA DE UN PRODUCTO



Entre las normas relacionadas con el ACV están:

- IRAM-ISO 14040:1998. Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida - Principios y marco.
- IRAM-ISO 14041. Gestión Ambiental Análisis del Ciclo de vida- Definición de la meta y el alcance y análisis del inventario del ciclo de vida.
- IRAM-ISO 14042. Gestión Ambiental Análisis del Ciclo de vida- Evaluación del impacto del ciclo de vida.
- IRAM-ISO 14043. Gestión Ambiental Análisis del Ciclo de vida- Interpretación del ciclo de vida.
- ISO/TR 14047. Illustrative examples on how to apply ISO 14042- Life cycle assessment- Life cycle impact assessment (actualmente en etapa de preparación)
- ISO 14048. Environmental management Life cycle assessment LCA data documentation format (actualmente en etapa de preparación)
- ISO/TR 14049 (versión en inglés). Illustrative examples on how to apply ISO 14041 (Ejemplos ilustrativos sobre cómo aplicar la IRAM- ISO 14041).

Según ISO 14.040 (*Environmental Management. Life Cycle Assessment. Principles and Framework, 1997*), las limitaciones presentes en la técnica del ACV incluyen:

- La naturaleza de opciones y suposiciones hechas en el ACV (por ejemplo el sistema de límites, selección de fuentes de datos y categorías de impacto) pueden ser subjetivas.
- Los modelos usados para el análisis del inventario o evaluación de impactos ambientales están limitados por las suposiciones y pueden no estar disponibles para todos los impactos potenciales o aplicaciones.
- Los resultados de estudios de ACV enfocados en los problemas globales y regionales pueden no ser apropiados para las aplicaciones locales, es decir las condiciones locales no podrían ser representadas adecuadamente por las condiciones regionales o globales.
- La exactitud de estudios de ACV puede estar limitada por la accesibilidad o disponibilidad de datos pertinentes, o por la calidad de datos, por ejemplo los tipos de datos, la agregación, el promedio, sitio-específico,
- La falta de dimensiones espaciales y temporales en los datos del inventario usados para la evaluación de impacto introduce la incertidumbre en los resultados de impacto. Esta incertidumbre varía con las características espaciales y temporales de cada categoría de impacto.

Generalmente, debe usarse la información desarrollada en un estudio de ACV como la parte de un proceso de decisión más amplio y comprensivo. Los resultados comparativos de estudios de ACV diferentes sólo son posibles si las suposiciones y contexto de cada estudio son los mismos. Estas suposiciones también deben declararse explícitamente por razones de transparencia.

Según Arena (1999), los resultados de un ACV no deben interpretarse como una descripción completa del impacto ambiental del sistema analizado. En realidad, es una figura que representa aquellos datos que están disponibles, por lo que pueden cambiar en el tiempo al cambiar los datos o las prioridades ambientales. Por otro lado, el análisis responde a los objetivos fijados en la primera fase del ACV, y al cambiar estos cambiarán los resultados obtenidos.

No hay ninguna base científica por reducir los resultados de ACV a una sola cuenta global o numérica, a partir de que los intercambios y complejidades existentes para los sistemas analizados en las diferentes fases de su ciclo de vida.

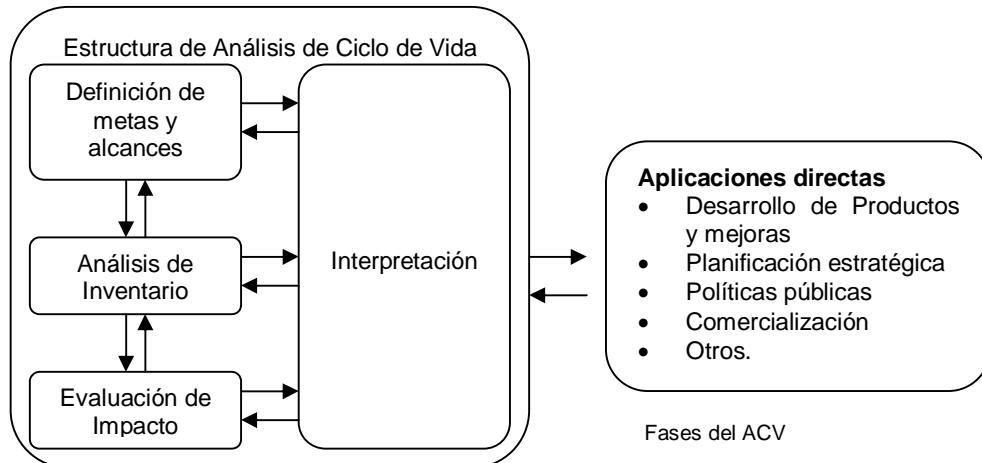
Tampoco hay un solo método para dirigir los estudios de ACV. Las organizaciones deben tener la flexibilidad para implementar en forma práctica el ACV según lo establecido en esta Norma Internacional, basado en la aplicación específica y los requerimientos del usuario.

El método del ACV tiene cuatro partes fundamentales, que son:

1. La *definición de objetivos*, donde se establecen la finalidad del estudio, los límites del sistema, los datos necesarios, etc. La definición de la meta apunta a establecer concretamente para qué y por qué se desea hacer el ACV, y a quién o a quiénes se va comunicar los resultados que se obtengan del estudio. Ejemplos de metas podrían ser: comparar dos o más productos diferentes que cumplen las mismas funciones, pues se desea aplicar la información obtenida en la comercialización o en la reglamentación del uso de alguno de ellos; determinar posibilidades concretas de introducir mejoras en el diseño de productos existentes, o en la innovación a través del diseño de nuevos productos, etc.
2. El *inventory*, donde se cuantifican todos los flujos entrantes y salientes del sistema durante toda su vida útil, los cuales son extraídos del ambiente natural o bien emitidos en él, calculando los requerimientos energéticos y materiales del sistema y la eficiencia energética de sus componentes, así como las emisiones producidas (Life Cycle Inventory – LCI). Para identificar estos flujos es necesario identificar cual es el o los servicios que el sistema produce (función), cuál de ellos constituye el objeto de análisis (función relevante), y qué unidad se utilizará para caracterizarla (unidad funcional). Mediante la aplicación de reglas de decisión se elige concentrar los esfuerzos hacia aquellas áreas que pueden mejorar la calidad del inventario. Las reglas de decisión más empleadas adoptan como base la masa, la energía o la importancia ambiental, pudiendo excluir todos los flujos en los que la base elegida sea inferior a un cierto porcentaje del total. En general los resultados se agrupan en distintas categorías, como pueden ser combustibles, consumo de materia prima, feedstocks, residuos sólidos, emisiones gaseosas y emisiones líquidas. La interpretación directa de los resultados del inventario puede conducir a interpretaciones directas: por ejemplo, grandes volúmenes de emisiones pueden parecer más dañinos que volúmenes bajos, sin considerar su toxicidad. (Arena, 1999, op. cit.). Por lo tanto se debe tener precaución cuando se interpretan los resultados del inventario sin pasar por una etapa de evaluación de los impactos.
3. La *evaluación de impactos*, donde se realiza una clasificación y evaluación de los resultados del inventario, relacionando sus resultados con efectos ambientales observables (Life Cycle Impact Assessment – LCIA). Los datos del inventario se recogen y clasifican en categorías de impacto, las que se definen en función de los efectos sobre la salud, sobre el ambiente y de la escala en la que actúan (global, regional y local).
4. La *interpretación*, donde los resultados de las fases precedentes son evaluados juntos, en un modo congruente con los objetivos definidos para el estudio, de modo de establecer las conclusiones y recomendaciones. Tiene suma importancia en lo concerniente a "la exactitud" y "la transparencia" del estudio de ACV realizado, puntos de interés para quienes deseen conocer los detalles referidos a las suposiciones adoptadas. En ella se utilizan herramientas tales como las verificaciones de integridad, sensibilidad y coherencia de los datos.

Las fases activas o dinámicas, en las que se recolectan y evalúan los datos, son la segunda y la tercera. Las fases primera y cuarta pueden considerarse como fases estáticas. No obstante, debe tenerse en cuenta que el ACV constituye una técnica iterativa, por lo cual podría ocurrir que debieran modificarse la meta y el alcance si es que durante el desarrollo del estudio del ACV se comprobara que sus objetivos y límites son inadecuados (Trama y Troiano, 2001).

FIG. 6. ESTRUCTURA DE UN ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA



Fuente: International Organization for Standardization (ISO). Norma ISO 14.040/1997: Environmental Management. Life Cycle Assessment. *Principles and framework*.

I.4. Madera, material alternativo de construcción de viviendas en el NEA

Si consideramos que hay zonas donde la madera constituye el único, o al menos el más importante material de construcción y además el mejor aprovechamiento de los recursos – sobre todo los renovables regionales - tenemos que muchos edificios en zonas maderables se pueden construir (y de hecho se construyen) de madera o por lo menos con una importante intervención de ésta en aspectos relativos a la estructura.

La madera es uno de los materiales de construcción que requieren un tratamiento singular, habida cuenta de su origen orgánico y su estado de vida latente cercana cronológicamente a las primeras etapas de servicio estructural, hecho que le otorga pautas de comportamiento muy particulares, sobre todo en los aspectos relacionados con la durabilidad (Alías y Jacobo, 2001).

Se efectúa una breve descripción de la situación forestal en la región así como de las generalidades condicionantes del material madera, para poder hacer las apreciaciones sobre su comportamiento en servicio y sobre las operaciones implicadas en su "ciclo de vida". Se realizó un reconocimiento de la región en cuanto a las políticas forestales vigentes, a las especies madereras, su disponibilidad comercial y las posibilidades tecnológicas que ofrecen, así como los desarrollos tecnológico - comerciales de la construcción de viviendas en madera en la región y especialmente en las provincias de Corrientes y Chaco.

La situación forestal del NEA en el marco de la situación nacional

Los bosques implantados comenzaron a extenderse en Argentina a partir de la década del 40 y hoy cubren una superficie de 770.000 hectáreas, formados principalmente con especies de rápido crecimiento.

Actualmente la Mesopotamia es la principal región de bosques cultivados. Está comprendida por las provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos, donde se concentran 550.000 hectáreas, más del 57% del total del país. Las especies predominantes son las coníferas y el eucalipto, y en menor medida el paraíso y otras latifoliadas. Misiones es la provincia de mayor desarrollo forestal, aportando 55% de los pinos cultivados del país. La actividad forestal en la Argentina se inició con una especie nativa, la araucaria Agustifolia; más tarde se introdujeron dos especies norteamericanas, el pino Elliotii y el pino Taeda y en los últimos años el paraíso, y el eucalipto Saligna, Grandis y Tereticornis. En Corrientes se han implantado 120.000 hectáreas con especies como el eucalipto Grandis y el pino Elliotii, Taeda y Caribaea. En la zona del Delta del Paraná (cerca a Buenos Aires) se han implantado sauces y álamos, en una superficie que cubre aproximadamente 75.000 hectáreas, predominando los géneros Pupulus y Valix mediante sistemas de secano.



Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA) y Forest Development Project – IBRD Loan Agreement 3948^a-AR (2001). *Argentina: Investment opportunities in plantation forests. A country with natural advantages for an expanding forest product market.* Título original en español: *Argentina, oportunidades de inversión en bosques cultivados.* Publicado en España en Agosto de 1999 por la SAGPyA y la Forest Development Project. Buenos Aires.

El NEA tiene un gran potencial de madera: cuenta con 100 especies autóctonas, de las cuales 50 son aptas para la industrialización y 20 son aptas para la construcción de viviendas, entre ellas los pinos, eucaliptos y melia, debido a su origen implantado y a su rápido crecimiento (Celano y Jacobo, 1997). Las maderas que más se reforestan en el NEA son: Pino elliottis (un 30% en Misiones y 17% en el noreste de Corrientes); Eucalipto (en gran cantidad en Corrientes, Entre Ríos y parte de Misiones); Kiri, quebracho, cedro, etc. y otras, maderas del tipo nativa (en Misiones y Chaco, aunque en mucho menor escala que las anteriores).

Existen infinidad de maderas que no fueron estudiadas aún para reforestación, y hay otras que están haciendo furor para plantadores que utilizan la reforestación como inversión a futuro, como el Tona y el Kiri.

El pino elliottis, variedad que se introdujo en grandes cantidades, a diferencia de las especies nativas está ampliamente difundido en nuestro territorio, debido a que es de crecimiento rápido, por lo que es de gran utilidad en las industrias madereras, papeleras, como también en la obtención de resina (que se usa para la fabricación de lacas, barnices, pinturas, adhesivos, etc.). También se han utilizado especies autóctonas como el Pino Paraná o Brasil para reforestar y promover la industria de la celulosa, pero estos bosques no han podido reemplazar a los nativos que existían.

En la extracción de madera de bosques implantados se destaca la provincia de Misiones, con 2,44 millones de toneladas, lo que representa el 36,4% del total del país, que alcanzó para 1995 a 6,68 millones de toneladas. Le siguen en orden de importancia la provincia de Buenos Aires con 1,3 millones de toneladas que representa el 19,4% del total, la provincia de Corrientes con 1,21 millones de toneladas y la provincia de Entre Ríos con 1,1 millones de toneladas.

Se debe destacar que la extracción total se ha incrementado en los últimos años a un ritmo de más del 30 %. Los aumentos porcentuales más elevados se registraron en la especie *Eucaliptos* en las provincias de Entre Ríos y Corrientes. El mayor volumen de eucalipto extraído (1995) corresponde a la provincia de Corrientes con 1.008.000 toneladas, seguido por la de Entre Ríos con 953.000 toneladas y por último la provincia de Buenos Aires con 823.000 toneladas.

En lo que respecta al pino, el primer lugar (1996) sigue correspondiendo a Misiones, con 2.177.000 toneladas (25% más que el año precedente), seguido por Corrientes con 202.000 toneladas.

TABLA 5: EXTRACCIÓN DE PRODUCTOS FORESTALES DE BOSQUES IMPLANTADOS (FORESTACIONES) EN LA REGIÓN NORDESTE DE ARGENTINA (NEA) INCLUYENDO LAS PROVINCIAS DE SANTA FE Y ENTRE RÍOS

| PROVINCIA | ESPECIES | ROLLIZOS | | CARBÓN toneladas | LEÑA toneladas | POSTES toneladas | OTROS toneladas | TOTAL toneladas |
|----------------------|--------------|----------------|----------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | | m ³ | toneladas | | | | | |
| Corrientes | Eucalipto | 1083892 | 674001 | | 1515 | 90583 | 3822 | 769921 |
| | Paraíso | 150 | 101 | | | | | 101 |
| | Pino | 321696 | 208961 | | | | | 208961 |
| | TOTAL | 1405738 | 883063 | | 1515 | 90583 | 3822 | 978983 |
| Chaco | Eucalipto | 2965 | 2520 | | | | | 2520 |
| | TOTAL | 2965 | 2520 | | | | | 2520 |
| Entre Ríos | Álamo | 49351 | 34546 | | | | | 34546 |
| | Eucalipto | 384309 | 326663 | | | 20652 | 13239 | 360554 |
| | Pino | 20636 | 15477 | | | | | 15477 |
| | Sauce | 105111 | 78833 | | | | | 78833 |
| | TOTAL | 559407 | 455519 | | 20652 | 13239 | | 489410 |
| Formosa | Eucalipto | 12 | 10 | | | | | 10 |
| | Paraíso | 15 | 10 | | | | | 10 |
| | Pino | 12 | 10 | | | | | 10 |
| | TOTAL | 39 | 30 | | | | | 30 |
| Misiones | Araucaria | 220450 | 187383 | | | | | 187383 |
| | Eucalipto | 83424 | 70911 | | | | | 70911 |
| | Kiri | 443 | 182 | | | | | 182 |
| | Paraíso | 31357 | 21166 | | | | | 21166 |
| | Pino | 3001313 | 2251210 | | | | | 2251210 |
| | Otras | 727 | 545 | | | | | 545 |
| | TOTAL | 3338014 | 2531397 | | | | | 2531397 |
| Santa Fé | Eucalipto | 180855 | 212770 | | | | | 212770 |
| | TOTAL | 180855 | 212770 | | | | | 212770 |
| TOTAL GENERAL | | 5487018 | 4085299 | | 1515 | 111235 | 17061 | 4225110 |

Fuente: Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano (I.T.D.A.Hu. – FAU – UNNE). P.I.C.T. "Usos Integrales de las Maderas de Origen Forestal del NEA para el Desarrollo de Sistemas Constructivos Industrializados y Prefabricados para su Aplicación en Equipamientos de Interés Social", acreditado ante la SGCyT – UNNE. 1998 – 2000.

La sustentabilidad de las forestaciones. Forestación versus biodiversidad. Un estudio del caso Corrientes.

En un trabajo efectuado recientemente por investigadores del CECOAL (Centro de Ecología Aplicada del Litoral) – CONICET (Neiff et al, 2002), referente al impacto de las forestaciones en la provincia de Corrientes en la biodiversidad⁵, se concluyó que el desarrollo forestal sostenible implica considerar la protección y el mantenimiento de la biodiversidad. Para esto es necesario tener en cuenta algunos criterios de gestión:

- Procurar la mayor ecodiversidad (parcelas de distintos usos intercaladas en un patrón prediseñado).
- Cuidar y mejorar reservas de paisaje nativo.
- Implementar corredores de fauna tanto de pastizales, bosques y humedales nativos y arbolado con especies nativas.
- Compatibilizar los contornos de las unidades de uso con la forma del terreno.
- Evitar cuadros mayores de 30 hectáreas y las formas geométricas.
- Intercalar en las plantaciones parcelas de un uso distinto que el forestal.
- Dejar los parches con distintas especies o –al menos- si fueran de la misma especie, de edad diferente.
- Monitorear activamente los proyectos (productores, operarios, contratistas, con apoyo de profesionales).

⁵ Se transcriben a continuación fragmentos del citado trabajo:

"El sector forestal correntino ha evidenciado un crecimiento constante, llegando a ser un pilar importante en la economía provincial como fuente de trabajo y generadora de servicios asistenciales para el personal involucrado. En el año 1994, la actividad forestal abarcaba 142.000 hectáreas (1.6% del total provincial) divididas en 74.000 hectáreas de Pinus elliotti, P. taeda y P. caribea y 68.000 hectáreas de Eucalyptus grandis.

Desde el año 1995 al corriente se habría producido un incremento mayor al 25% (equivalente a unas 40.000 hectáreas forestadas), con la expansión de grandes productores forestales, que utilizan grandes extensiones de tierras con suelos aptos y con estructura parcialaria favorable (pocos lotes de grandes dimensiones) en el NE de la Provincia.

La Provincia de Corrientes tiene cerca de 220.000 hectáreas implantadas, alcanzando su mayor desarrollo en los departamentos de Ituzaingó, Santo Tomé, Paso de los Libres y Concepción.

Los servicios ecológicos que prestan los proyectos forestales están referidos a las funciones que regulan y mantienen la estabilidad del paisaje a través de procesos fundamentales (flujos biogeoquímicos, oferta de hábitat, escorrentía, la disponibilidad de agua limpia) y que posibilitan el cumplimiento de funciones vitales como el valor escénico, corredores para animales y personas, atenuación de inundaciones, contención de suelos, reducción de deslizamientos, detoxificación de las aguas, conservación de la biodiversidad, entre otros. Un escenario hipotético de sustitución total de los paisajes prístinos por bosques, induciría probablemente a condiciones catastróficas de segregación de especies y a la supervivencia de un paisaje muy simplificado, con consecuencias difíciles de valorar.

(...) se presentan algunas pautas para la gestión de forestaciones, tratando de compatibilizar los mayores rendimientos forestales, con la receptividad del sitio y con la sensibilidad de los ecosistemas a procesos tales como erosión, segregación territorial de especies amenazadas o en peligro y modificación en la calidad de las aguas, entre otros.

(...) Se analizaron cuatro macro-emprendimientos forestales de Corrientes, que tenían características distintas.(...).

(...) Los proyectos forestales que involucran pocas hectáreas (de 50 a 800) son, en su mayoría, antiguos (anteriores a 1980), cuando la legislación ambiental argentina no tenía las especificaciones conservacionistas actuales. Por lo tanto las plantaciones no presentan un diseño armónico, los rodales tienen tamaño mayor a lo recomendable y las parcelas son de una especie de pinos o eucaliptos generalmente coetáneas. No había criterios ecológicos de manejo del desrrame y no se observan condiciones conservacionistas en las operaciones de cosecha y manejo posterior de los predios.

Las forestaciones de gran superficie que presentaron algún diseño relacionado con corredores y/o reservas, presentaron una diversidad de plantas y animales mayor que otras forestaciones carentes de planificación ambiental a través del trazo de tales corredores y reservas. Estas empresas dispusieron de medios humanos e instrumentales para el monitoreo ambiental y el control de contingencias ambientales (fuego, contaminación, plagas) y realizaron los estudios que estipula la ley provincial 5067 para evaluación ambiental.

Hay una tendencia generalizada en los sectores involucrados en proyectos forestales, a creer que la gravedad de los impactos se relaciona con el tamaño de las parcelas, al punto que la ley 25.80 de promoción de las actividades forestales, exime de estudios ambientales a quienes promueven proyectos menores de 100 hectáreas. En nuestro criterio, esto es un error porque la adición de muchas parcelas pequeñas (no prohibido en la legislación) podría configurar un escenario desfavorable debido a la fragmentación y a otros procesos de deterioro ambiental.

Los resultados obtenidos por Casco et al. (2001) indican que las forestaciones podrían tener impactos moderados a bajos, si se observaran pautas ecológicas de manejo del paisaje. El análisis global de las forestaciones en Corrientes permite ratificar esos resultados.

(...) Estos estudios concluyen que (...):

- *Existe un factor de contexto que debe ser ponderado en el momento de estudiar la complejidad biótica y el impacto de una forestación. Una parcela de determinado tamaño y forma, puede albergar muy diferente número de especies animales y vegetales, en tanto se encuentre en medio de otras forestadas con la misma especie, o esté ubicada en medio de otras de distintos usos como té, yerba, ganadería, cultivos de aromáticas, etc. (Casco et al., 2001).*
- *En paisajes fuertemente degradados por sobrepastoreo, fuego, roturado frecuente del suelo, erosión hídrica, la instalación de parcelas forestales tiene impactos positivos para la corrección de los procesos de deterioro y para aumentar la receptividad y complejidad del paisaje".*

Políticas forestales

A lo largo de los últimos cincuenta años, en la Argentina fueron implantadas 0,8 millones de hectáreas de diversas variedades. Una cifra exigua al comparársela con países vecinos como Chile y Brasil que en menor tiempo alcanzaron 1,6 y 6 millones de hectáreas, respectivamente. Y las cifras de Argentina pueden considerarse aún más escasas si se tiene en cuenta que fue uno de los primeros países de la región en preocuparse por proteger la riqueza forestal con la sanción de la Ley de Defensa Forestal (1948) y en establecer organismos de fomento y contralor a partir de la creación de la Dirección de Tierras (hasta 1943), más tarde a través de la Dirección Forestal (hasta 1948), posteriormente con la Dirección Nacional de Bosques, que se transformó en el Instituto Forestal Nacional, y desde 1992 bajo la órbita de la actual Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA), junto con la de Recursos Naturales y Ambiente Humano (I.T.D.A.Hu. – FAU - UNNE, 1997).

La modificación de la Constitución de la Nación Argentina del año 1994 establece en su artículo 41 que corresponde al Gobierno Nacional establecer los presupuestos mínimos de conservación de los recursos naturales, por lo que se está trabajando en la Comisión Nacional de Bosques en la definición de los citados presupuestos en materia forestal y la evaluación de cómo influirán en el comercio nacional e internacional de productos de origen forestal.

Nuestro país se encuentra en pleno proceso de reformulación de su estructura administrativa forestal federal. La propuesta de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano es consolidar un Programa Forestal Integral con acciones en el corto, mediano y largo plazo, planteando un horizonte a 60 años. La actividad forestal debe desarrollarse en el marco de una Política Forestal, aunque en las últimas décadas sólo se dieron políticas de carácter parcial, normalmente vinculadas a las forestaciones industriales.

En el Plan de Desarrollo Forestal se incluyen un conjunto de medidas de política sectorial y de normas legales destinadas a dinamizar el sector, vinculadas al fortalecimiento de los servicios de apoyo (Proyecto Forestal de Desarrollo SAGPyA/ BIRF), inversión y promoción (relacionadas con los Fondos Fiduciarios de Inversión Directa), creación de empleo (Programa Nacional de Forestación Intensiva) y de promoción y desregulación (Ley de Estabilidad Fiscal) y anteproyecto de Ley de Inversiones en Bosques Cultivados), siendo esta última la columna vertebral del Plan. Se ingresa así, en una nueva etapa que debe contemplar tanto la faz productiva como ecológica, conforme a las más modernas tendencias a nivel internacional en el campo del Derecho Ambiental.

El marco legal impuesto por *Ley de Defensa de la Riqueza Forestal* Nº 13.273 /48 (cuyo objetivo principal fue lograr la defensa, mejoramiento y ampliación de los bosques, y a la que se fueron adhiriendo las provincias mediante el dictado de sus respectivas leyes Provinciales), fue mejorado sustancialmente en 1995 mediante el Decreto 710/95, que tuvo por objeto actualizarla, incorporando todas las normas que modificaron el texto original y eliminando aquellas que quedaron derogadas. Este decreto suprimió las trabas burocráticas que impedían un mejor desarrollo de la actividad, las guías Provinciales de transporte, las autorizaciones previas a la explotación, los registros, el Fondo Forestal Nacional, las exclusiones de las zonas de frontera y los derechos de importación que gravaban a los insumos de la actividad forestal. Actualmente, la temática forestal ha adquirido rango constitucional a través del artículo 41 de la Constitución Nacional, de acuerdo con la reforma llevada a cabo en 1994.

En la ley Nº 13.273 se establecen las herramientas jurídicas que permiten una adecuada protección del recurso, cuya puesta en práctica posibilitaría una restauración de las masas forestales nativas y la creación de masas forestales protectoras. Esta ley necesita una sistematización y reglamentación de los elementos que provee para asegurar su adecuada puesta en práctica, cosa que no se llevó a cabo hasta la fecha.

La *Ley de Estabilidad Fiscal*, sancionada el 6 de agosto de 1997, otorga estabilidad fiscal, por el término de 33 años a las actividades de plantación y manejo de bosques cultivados y nativos, así como a su cosecha y comercialización. Esta estabilidad se aplicará a los titulares de empresas que desarrolle en forma exclusiva las actividades descriptas, no incorporando ningún tipo de beneficio a la industria procesadora. Tanto el Impuesto al Valor Agregado como los recursos de la seguridad social y los tributos aduaneros no son alcanzados por esta Ley, ajustándose por lo tanto al tratamiento tributario general.

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA) es el organismo nacional con competencia en materia forestal, y depende del Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos (MEyOySP). Éste es el que proyecta y administra las políticas nacionales globales en las áreas económica, fiscal, monetaria, cambiaria, comercial y laboral, dejando para las carteras especializadas la programación y desarrollo de las políticas sectoriales. La SAGPyA tiene competencia en materia forestal, sobre los bosques de cultivo y distintos productos foresto-industriales, asignada en virtud del Decreto Nº 2773/92 y sus

modificatorios (Decreto N° 866/95, 660/96 y 1450/96 y Resolución N° 970/97). Su misión es la de coordinar el estudio de los factores que afectan el desarrollo forestal y la evaluación de sus tendencias, proponiendo medidas que impulsen dicha actividad, coordinar la ejecución de políticas de promoción, desarrollo y financiamiento forestales y organizar actividades de cooperación técnica internacional, cumpliendo estos objetivos en el marco de la Subsecretaría de Agricultura, Ganadería y Forestación y las áreas forestales del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), que cumple tareas de investigación y extensión; el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), que ejerce el poder de policía sanitaria en esta materia; y el Instituto Argentino de Semillas (INASE), que realiza la fiscalización y certificación de semillas y plantines forestales.

La Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Humano (dependiente de la Presidencia de la Nación), tiene competencia respecto de los bosques nativos, tarea que lleva a cabo mediante la Dirección de Recursos Forestales Nativos (Decreto N° 2419/91, 177/92, 2783/93 y 1381/96) y la Administración de Parques Nacionales (Ley N° 22.3S1 y Decreto N° 2148/90 y 2149/90).

Por otra parte, conforme al régimen federal de gobierno, la competencia en materia de bosques ha quedado repartida entre la Nación y las provincias, correspondiendo a la primera establecer los lineamientos básicos generales (conforme a lo prescrito por los artículos 41 y 75 incs. 18 y 19 de la nueva Constitución Nacional), y a estas últimas, dictar la legislación complementaria y ejercer el poder de policía (artículos 121 y 125 del citado cuerpo Legal), en una acción coordinada tendiente a lograr la uniformidad legislativa en todo el país con el propósito de alcanzar el objetivo final que es la plena protección de este recurso.

Tecnología e infraestructura del NEA para la “extracción” y “transformación” maderera. Industrias forestales

La situación actual de las técnicas del uso de los productos forestales es la siguiente:

1. Residuos forestales: son las puntas de árboles, ramas, tocones y corteza. Para la recolección de los residuos forestales se desarrollaron técnicas que van desde astilladores móviles, extractores de tocones, hasta la cosecha integral de los árboles. Sin embargo, la utilización de los residuos forestales no se ha difundido porque actualmente sólo podrían ser aprovechadas como combustible.
2. Madera de trituración: se considera como tal a la madera delgada y los trozos defectuosos. Para la industrialización de la madera de trituración existe una serie de procesos: pulpas de alto rendimiento (PM, MP, CTMP); pulpas químicas; madera reconstituida (aglomerado, waferboard, OSB, MDF, chapa de fibrocemento, madera, SCRIM PNER); productos energéticos (combustible, pirólisis, hidrólisis, mecanización).
3. Madera de procesamiento mecánico: se considera como tal a las trozas con diámetro a partir de los 16cm. en la punta delgada.

Algunos de los grandes aserraderos han incorporado modernas tecnologías para las operaciones de descorteza y seccionamiento de los rollizos, implantadas en el propio lugar de la extracción.

En Misiones existen cerca de 400 industrias que procesan madera de bosques implantados. Las mismas cuentan con distintos tipos de estructura de producción, pero poca variedad en la tecnología aplicada. Por la capacidad de producción se las puede clasificar en: *chicos* (hasta 300 m³/mes de madera aserrada); *medianos* (de 300 a 1000 m³/mes de madera aserrada) y *grandes* (más de 1000 m³/mes de madera aserrada). El 60% se concentra en el primer grupo, mientras que los otros dos estratos representan el 40% restante.

En cuanto a los tratamientos antihongo industriales, los pequeños aserraderos no tienen hornos para secado, por lo que usan el baño en pentaclorofenol u otro preservante de existencia en el mercado por sistema de simple inmersión.

Los aserraderos medianos y grandes tienden a secar la madera artificialmente, y en los últimos años han incrementado su infraestructura para tal fin, ampliando considerablemente la capacidad de secado. No obstante, la capacidad instalada es aún baja.

La industria del aserrado en la Provincia de Corrientes cuenta actualmente con una capacidad de producción de 600m³ aserrados por día (120 aserraderos de 2.000 pie²/día). Con 220 días de trabajo por año equivalen a una producción de madera aserrada de 132.000 m³ anuales. Si se considera que es factible obtener más de 132.000 m³ anuales de madera aserrada, puede deducirse que el parque industrial es insuficiente.

La provincia no cuenta con plantas celulósicas, por lo que exporta su madera “en bruto” a las Provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Misiones (eucalipto) y a la provincia de Misiones y Jujuy (pinos). La provincia cuenta con cinco plantas impregnadoras, con capacidad de 502.000 postes largos por año. La resina de pinos elliotti se industrializa en Misiones y Entre Ríos, por carecer la provincia de la correspondiente industria.

Existe un bajo desarrollo de la industria maderera (en lo que a tecnología se refiere): se ha llegado únicamente al nivel de aserrado, lo que podría despertar el interés para la radicación de nuevas industrias para el aprovechamiento integral de la madera, como ser: muebles y accesorios; papeles y cartones; madera aglomerada; cajones; pasta química y semiquímica de madera; casas prefabricadas; maderas creosotadas.

TABLA 6: ALGUNAS INDUSTRIAS FORESTALES EN EL SUDESTE DE CORRIENTES Y ESTE DE ENTRE RÍOS

| Compañía | Masisa | Melsa | La Tigra |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| Tipo de negocio | Corporación | Corporación | Corporación |
| Grupo industrial | CMPC | | |
| Origen | Chile | Argentina | Argentina |
| Capacidad de las plantaciones | | | |
| Tierra forestada | 22.000 há | 4.000 há | 2.000 há |
| Productos forestales | Partículas / fibras | Tablas, parquet | Madera aserrada |
| | Tableros | Vigas, tirantes, finger joint | |
| Localización | Concordia | Concordia | Concordia |
| Mercado maderero | Local / exportación | Local / exportación | Local |
| Producción há/año | 150.000 m³ | 1.800.000 m ³ | 160.000 pies |

Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA) y Forest Development Project – IBRD Loan Agreement 3948^a-AR (2001). *Argentina, oportunidades de inversión en bosques cultivados*. Publicado en España en Agosto de 1999 por la SAGPyA y la Forest Development Project. Buenos Aires.

TABLA 7: ALGUNAS INDUSTRIAS FORESTALES EN EL CENTRO Y NOROESTE DE MISIONES

| Compañía | Alto Paraná | Celulosa Argentina | Papel Misionero |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Tipo de negocio | Corporación | Corporación | Corporación |
| Grupo industrial | Arauco | CEI | IP, Zucamor, BISA |
| Origen | Chile | Argentina | Argentina |
| Capacidad de las plantaciones | 12 millones | | 10 millones |
| Tierra forestada | 30.000 há | 21.000 há | 4.120 há |
| Productos forestales | Pulpa | Pulpa química | Pulpa |
| Localización | Libertad | Puerto Piray | Puerto Mineral |
| Mercado maderero | Nacional | Nacional / exportación | Nacional |
| Producción ton/año | 235.000 | 30.000 | |
| Compañía | Lipsia | Pecom Forestal | Pto. Larraque |
| Tipo de negocio | Corporación | Corporación | Corporación |
| Grupo industrial | | Pérez Companc | |
| Origen | Argentina | Argentina | Argentina |
| Capacidad de las plantaciones | | | |
| Tierra forestada | 3.500 há | 20.000 há | 3.150 há |
| Productos forestales | Revestimientos y juegos | Revestimientos y juegos | Revestimientos y juegos |
| | Molduras | Madera aserrada | Finger joint |
| | Finger joint | | |
| Localización | Puerto Esperanza | Iguazú | Montecarlo |
| Mercado maderero | Nacional / exportación | Nacional / exportación | Nacional / exportación |
| Producción m3/año | 14.000 | 70.000 | 14.000 |

Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA) y Forest Development Project – IBRD Loan Agreement 3948^a-AR (2001). *Argentina, oportunidades de inversión en bosques cultivados*. Publicado en España en Agosto de 1999 por la SAGPyA y la Forest Development Project. Buenos Aires.

TABLA 8: ALGUNAS INDUSTRIAS FORESTALES EN EL NORDESTE DE CORRIENTES Y SUDESTE DE MISIONES

| Compañía | Danzer | Protisa | UBS |
|-------------------------------|--|-------------------|-------------------|
| Ciudad | Posadas | Posadas | Ituzaingó |
| Provincia | Misiones | Misiones | Corrientes |
| Tipo de negocio | Corporación | Corporación | Corporación |
| Grupo industrial | Danzer | CMPC | |
| Origen | Alemania | Chile | Argentina |
| Capacidad de las plantaciones | Propietario de las plantaciones | 5 millones | 5 millones |
| Tierra forestada | 4.000 há | 50.000 há | 6.000 há |
| Productos forestales | Maderas finas | Pulpa | |
| Compañía | Forestadora Tapebicuá | Masisa | Rosamonte |
| Ciudad | Gob. Virasoro | Gob. Virasoro | Ituzaingó |
| Provincia | Corrientes | Corrientes | Corrientes |
| Tipo de negocio | Corporación | Corporación | Corporación |
| Grupo industrial | Fletcher Challenge | Masisa | Rosamonte |
| Origen | Nueva Zelanda | Chile | Argentina |
| Tierra forestada | 8.000 há | 22.000 há | 4.000 há |
| Productos forestales | Madera aserrada | Tableros | Madera aserrada |

Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA) y Forest Development Project – IBRD Loan Agreement 3948^a-AR (2001). *Argentina, oportunidades de inversión en bosques cultivados.* Publicado en España en Agosto de 1999 por la SAGPyA y la Forest Development Project. Buenos Aires.

Reglamentaciones existentes para la construcción en madera. El CAT y la madera

El Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación, a través de la Secretaría de Vivienda y Ordenamiento Ambiental, propone en 1989 el *Manual Técnico del Uso de Madera en la Construcción de Viviendas*, que resume en siete capítulos las normas para acondicionamiento de la madera, secado y estabilización, preservación, protección superficial (cap I); bases para el dimensionamiento de estructuras de madera aserrada, grupos y especies de madera, propiedades físicas y mecánicas, defectos y tolerancias para madera estructural (cap. II); seguridad estructural, fórmulas de cálculo y verificación de secciones, uniones clavadas y anclajes, uniones empernadas, situaciones de riesgo de corrosión (cap. III); habitabilidad, aislaciones higrotérmica, hidrófuga y acústica (cap. IV); exigencias de durabilidad, medidas de protección, mantenimiento y reparaciones (cap. V); componentes: fundaciones, pisos, paredes exteriores, carpinterías, techos (cap. VI); instalaciones complementarias, agua fría y desagües cloacales, electricidad (cap. VII). *Las normas contenidas en este Manual rigen para asignar Aptitud Técnica a toda obra con tecnología de madera desarrollada en el Territorio Nacional.*

Por otra parte, la Secretaría de Vivienda y Ordenamiento Ambiental (S.V.O.A.) plantea el cumplimiento de ciertas exigencias para lograr la aprobación de un sistema constructivo considerado no tradicional (siempre en referencia a la vivienda), las cuales están sintetizadas en el "Certificado de Aptitud Técnica" (CAT). En los municipios del Gran Buenos Aires se requiere tener un prototipo con el CAT aprobado para obtener la habilitación del taller.

Sin embargo, al no funcionar mecanismos de control de calidad, no se verifica luego que las viviendas producidas concuerden con el prototipo presentado para obtener la habilitación. Las viviendas o los edificios que no cuentan con ese certificado resultan ser "ilegales", o sea que se producen y venden al margen de todo control o reglamentación vigente.

Los requisitos propuestos por el CAT se refieren a características de la empresa productora, proceso de fabricación y del sistema constructivo en sí y su proceso de armado. El sistema constructivo debe cumplir con exigencias, la mayoría de ellas especificadas en normas IRAM. Cada sistema constructivo debe gestionar su propio CAT, aunque se trate de elementos y/o componentes que, a su vez, ya cuenten con previa aprobación.

En el formulario que contiene los requisitos a cumplir para obtener el CAT no se hace referencia al *Manual Técnico del Uso de Madera en la Construcción de Viviendas*.

La madera es considerada un material de construcción no tradicional, debido a que no existen criterios de normalización para el material (no hay normas establecidas en cuanto a usos, calidades y dimensiones), lo que hace que cada caso nuevo requiera su propia comprobación.

La definición de las exigencias necesarias para la construcción en madera debería basarse en una sistematización de la información existente y a crear sobre el tema. Estas exigencias deberían incluir:

- Normas sobre dimensionamiento y uso de distintas especies forestales: normalización.
- Normas y recomendaciones sobre tratamiento de la madera: secado e impregnación, según zona climática, especie forestal y función a cumplir.
- Criterios constructivos y pautas de diseño adecuadas a las posibilidades y exigencias del material.

A través de este pantallazo general, se pretendió configurar un marco caracterizador y definidor de los factores condicionantes y determinantes del uso de la madera en la construcción en la región NEA, habida cuenta de que la hipótesis del presente trabajo sostiene las ventajas ambientales y energéticas de su uso con respecto a los materiales más habitualmente usados en la construcción de viviendas.

I.5. Síntesis y perspectivas

A continuación se expone una síntesis de las temáticas abordadas en la configuración del marco teórico, a la luz de una interpretación personal, que termina de situar a la problemática definida dentro del Universo de Estudio y determina los límites del recorte del objeto modelo estudiado, definiendo los conceptos e ideas en que los materiales y métodos presentados se sustentaron y el sentido en que dichos conceptos fueron usados al aplicar las instancias procedimentales a las variables definidas, con el objeto de producir los datos y resultados de este estudio.

Desempeños energético - ambientales en viviendas. Relación de la demanda de viviendas con la posibilidad de uso de la madera y las técnicas de construcción no convencional liviana

En Argentina, como en la mayoría de los países latinoamericanos, dos tercios de la construcción total lo representan las viviendas, (realizándose más de la mitad de este sector por autoconstrucción y por el sector informal), de lo que se deduce la importancia que la "construcción sustentable"⁶ de dichas viviendas tiene en la producción de materiales y procesos de construcción, tanto de los ámbitos formales como de los informales.

Teniendo en cuenta que la construcción actual de viviendas requiere gran cantidad de materiales, cuya fabricación determina un importante impacto sobre el ambiente y que en nuestro país las construcciones tradicionales de mampostería prevalecen en el sector, se deduce la importancia de encontrar alternativas viables en este ramo de la construcción.

En este sentido adquiere gran importancia la elección de los materiales que se han de utilizar en la construcción de dichas viviendas, ya que pequeñas mejoras comparativas que se obtengan en ellos determinan un fuerte impacto, si se considera la gran cantidad empleada en un edificio y la gran cantidad de viviendas requeridas cada año (Mitchell y Arena, 2000).

En este contexto, los elementos constructivos en madera de bosques cultivados del NEA ofrecen ventajas por su bajo costo, incorporando mano de obra con limitada capacitación en el proceso de construcción, aunque su utilización requiere una cuidadosa adecuación a las exigencias de nuestra zona bioambiental, que son muy distintas, por ejemplo, a las de una zona fría.

Por otra parte, y como criterios de diseño sustentable aplicando madera local, se deberían seguir las siguientes pautas:

- Evitar el uso de maderas duras sin procedencia certificada, ya que estas maderas provienen probablemente de la tala incontrolada de bosques nativos
- Evitar o controlar el uso de maderas tratadas. Las maderas blandas para uso exterior han sufrido frecuentemente tratamientos con materiales tóxicos o venenosos, tales como arsénico (por ejemplo en las sales de CCA –Cromo/Cobre/Arsénico-) para resistir el ataque de hongos e insectos. En caso de utilizarse estas maderas se debería asegurar la eliminación de recortes y aserrín en forma segura.
- Usar madera certificada de bosques manejados con criterio ambiental. En este sentido, la Fundación Vida Silvestre Argentina controla e implementa el sistema de certificación de bosques con manejo sustentable a largo plazo. También, en este contexto, se debería asegurar la certificación de la "cadena de custodia" de la madera para asegurar el control en las etapas de transporte, procesamiento en el aserradero y entrega en obra.

Teniendo en cuenta que la "Vivienda Sustentable" es un modo de concebir el diseño arquitectónico buscando aprovechar los recursos naturales de tal modo que minimicen el impacto ambiental de las construcciones sobre el ambiente natural y sobre los habitantes, realizando eficacia en el uso de materiales de construcción, del consumo de energía, del espacio construido manteniendo el confort y la habitabilidad, de acuerdo a las condiciones climáticas del lugar, las consideraciones efectuadas acerca del uso de la madera en la construcción permitirían respaldar la hipótesis de que dicho uso, con las precauciones y verificaciones enumeradas, representaría potenciales ventajas ambientales.

Se efectuaron en este trabajo simulaciones de consumos energéticos necesarios para mantener las condiciones de confort en el interior de viviendas de interés social de las ciudades de Resistencia y Corrientes, tomadas como Unidades de Análisis, variando el material constitutivo de la envolvente edilicia, esto es, planteando los habituales muros de materiales cerámicos (ladrillos comunes y huecos) y luego reemplazándolos por panelería de madera, comparando los desempeños obtenidos en las dos situaciones.

⁶ La "Vivienda Sustentable" se entiende en el marco de este trabajo como un modo de concebir el diseño arquitectónico buscando aprovechar los recursos naturales de tal modo que minimicen el impacto ambiental de las construcciones sobre el ambiente natural y sobre los habitantes, realizando eficacia en: el uso de materiales de construcción, del consumo de energía, del espacio construido manteniendo el confort y la habitabilidad, de acuerdo a las condiciones climáticas del lugar. Dichas condiciones deberán estar integradas a un entorno urbano que permita una vida comunitaria armoniosa y que eleve el nivel de la calidad de vida de los habitantes contando con la infraestructura y equipamiento urbano adecuados.

Se parte del convencimiento, por un lado, de que se deben aprovechar las materias primas abundantes en una zona geográfica, en nuestro caso, la madera forestal, que permiten también ser explotadas de manera sustentable, y cuya principal cualidad sea su alta potencialidad de utilización en procesos constructivos, en sustitución de otras importadas.

Como, según trabajos consultados, se deben construir en el NEA viviendas individuales nuevas del tipo "de interés social", debido al crecimiento continuo de la población (estas viviendas deben cubrir las viviendas existentes a erradicar -villas miseria y ranchos- así como el creciente número de indigentes sin capacidad de acceder mediante sus propios medios de financiamiento a las viviendas), se posiciona y cobra importancia la industrialización y prefabricación de la construcción aplicada a las viviendas de interés social.

Se está en condiciones de afirmar que es posible construir viviendas de buena calidad y duración, condiciones de habitabilidad excelentes, económicamente competitivas y buenos diseños, usando la madera como material básico. Además, la envolvente de estas viviendas de madera puede ser hecha en obra o prefabricada. La construcción totalmente en obra tiene el serio inconveniente de estar totalmente a merced de los factores climáticos. Los plazos de ejecución pueden sufrir retrasos de magnitud imprevisible, y la calidad constructiva es algo aleatorio de obtener.

La industrialización de viviendas de madera abarca un espectro muy amplio que incluye alternativas simples como el armado bajo techo de bastidores o esqueletos de muros, y otras propuestas complejas como la fabricación de celdas o conjuntos de celdas terminadas, con revestimientos, instalaciones y aberturas incorporadas.

Nuestro país posee una modalidad de construcción "tradicional", es decir, basada en la utilización de materiales pesados como el hormigón de cemento y el ladrillo. Es por eso que se vincula durabilidad con peso; concepto erróneo que nos lleva a considerar lo liviano como poco sólido o precario.

En cambio, en países más desarrollados, como EE.UU., Japón, Australia y Canadá (con climas más severos y exigentes que el nuestro en algunos casos), la construcción se realiza con elementos livianos, sin que ello implique merma en la durabilidad de las construcciones o su resistencia y sin que haya prejuicios por parte de la población frente a la posibilidad de su uso.

En nuestro país las experiencias de construcción no convencional liviana iniciadas en la década del '60 dieron como resultado productos de escasa calidad que hicieron que el término "prefabricación" se asociara con productos de poca calidad y hasta precarios. Este concepto está cambiando actualmente por la llegada de sistemas industrializados livianos importados, y también por el desarrollo de sistemas nacionales que brindan productos de alta calidad y demuestran que con materiales livianos se pueden producir todo tipo de viviendas (Gonzalez, 1996).

Algunas características de la construcción no convencional prefabricada liviana son:

- Menor Costo: para igualdad de terminaciones, los costos de construcción se reducen aproximadamente 20% respecto de la construcción tradicional. Esto permite el acceso a la vivienda a sectores de menores ingresos. Adicionalmente, al racionalizar las tareas y haber mayor independencia del clima, tanto el costo de la construcción como el precio de venta resultan valores exactos.
- Mejor utilización de mano de obra: la racionalización de los métodos constructivos permite reducir la incidencia de mano de obra directa en la construcción. Sin embargo, no existe en absoluto reducción del recurso, sino un traslado hacia el área industrial, generando mayor empleo en las industrias abastecedoras de insumos. La capacitación de la mano de obra se realiza en poco tiempo, ya que implica adquirir habilidad en el uso de muy pocas herramientas como niveles, pistolas atornilladoras y sierras de metal. La formación de operarios y capataces idóneos en construcción tradicional requiere de meses de entrenamiento, contra solamente semanas necesarias para formar operarios hábiles en técnicas constructivas industrializadas. Dadas las características de estos sistemas se utiliza igual o mayor cantidad de mano de obra que los sistemas de construcción tradicional, la diferencia radica en la capacidad de producción de unos y otros, la calidad del producto final y el precio que permite cada uno. La tecnología jamás desplaza la mano de obra, ya que no inhibe la producción sino que la masifica, optimizando de esta forma la ecuación tiempo – costo – calidad. A través de la incorporación de tecnología es posible erradicar a corto plazo el desempleo brindando la mejor solución al problema de la vivienda.
- Rapidez de construcción: los plazos de obra se reducen al 30% de los de la construcción tradicional, ya que gran cantidad de tareas se pueden realizar en forma simultánea y una vez cerrada la estructura. No es necesario construir paredes que luego se romperán para permitir el pasaje de instalaciones.
- Flexibilidad de diseño: se puede realizar cualquier proyecto. Admite cualquier tipo de terminaciones exteriores y cualquier tipo de revestimientos interiores. Permite la ampliación posterior de la construcción.

Por otra parte:

- La estandarización e industrialización de los elementos y procesos constructivos mejoran la calidad de los productos, optimizan los gastos de producción y podrían posibilitar su reutilización al final de la vida útil del edificio al que pertenecen. Para ello, y consecuentemente, se priorizan los sistemas de montaje en seco, ya que facilitan el desmontaje de componentes y su posterior inserción en otras construcciones. Al mismo tiempo, las labores de acoplamiento de las distintas partes generan menos residuos y un menor costo global con respecto a los sistemas de unión tipo húmedo. Paralelamente es preciso atender a la homogeneización de los materiales constituyentes, en orden a su posterior valorización como residuo.

- Los costos ambientales son aún menores si se utilizan elementos de fácil manejo y transportabilidad, y cuyo mantenimiento no requiera de operaciones de envergadura, ya sea por su buena calidad (lo que incidirá de manera decidida en su durabilidad), o por su accesibilidad (lo que permitirá revisiones periódicas de control y con ello la prevención de deterioros de consideración y reparaciones cuantiosas).
- Es deseable la reducción de la producción de residuos de construcción y demolición (a lo que la construcción no convencional prefabricada liviana contribuye), factor determinante en cualquier fase de obra, con la obligación añadida de gestionar adecuadamente los residuos generados.

Costos del logro de la eficiencia energética -ambiental versus los costos de la “no - calidad” de la construcción

El interés económico de la construcción energética y ambientalmente optimizada es evidente si nos colocamos en el plan global: el costo global (inversión + explotación) debe ser la verdadera guía del costo de la construcción. Desgraciadamente, el peso de la inversión muchas veces es preponderante, no sólo en los particulares, sino también en los organismos constructores que no tienen que administrar ellos mismos su parque de viviendas.

El principio a seguir debería ser que todo nuevo gasto destinado a mejorar el rendimiento energético de una solución constructiva debe confrontarse con lo que es capaz de aportar en el plan energético. Debe haber un umbral en los valores de relación “costo de una mejora / energía de explotación ahorrada”.

Podríamos reflexionar acerca de los costos de la no optimización de la calidad en la construcción. Los mismos son siempre subestimados, ya que no aparecen en los balances contables.

En la construcción, la calidad adquiere un carácter particular ya que no se subordina a un solo componente, sino a una multiplicidad y relación entre numerosos elementos. Se agrega a lo anterior el carácter social del producto: existe en nuestro medio una vasta experiencia de viviendas de bajo costo inicial y altísimo costo de mantenimiento, imposible de afrontar por usuarios de recursos económicos escasos, que ven malograda su calidad de vida, al tiempo que los edificios reducen su vida útil, lo que ha resultado históricamente crítico desde el punto de vista económico y social.

Además de los aspectos puramente económicos hay que tomar en cuenta que las medidas de URE tienen también consecuencias importantes con relación a los aspectos ambientales, que habrán de imponer restricciones crecientes al desenvolvimiento de las actividades productivas. El ahorro y el mejor uso de la energía implican una disminución del impacto sobre el ambiente local y global y de la presión sobre los recursos energéticos agotables (Bouille, 1999).

II. SELECCIÓN DE LAS VIVIENDAS A ANALIZAR

Se han tomado como unidades de análisis (UA), tipologías de viviendas de interés social difundidas e implementadas masivamente en las provincias de Corrientes y Chaco, tanto a través de operatorias oficiales como a través de iniciativas privadas empresariales (si bien las de empleo más masivo corresponden a las operatorias de vivienda impulsadas por el Estado).

Se buscó en la selección abarcar tipologías de viviendas correspondientes a diferentes períodos o épocas, constatándose que no se han introducido, desde el año 1970 al 2003, criterios innovadores o diferencias sustanciales tipológicas en el diseño, ni en los aspectos morfológico / funcional / espacial, ni tecnológico / constructivo.

También se buscó en la selección incluir tipologías diseñadas para ser materializadas mediante diferentes tecnologías tecnológico – constructivas, y además de las tecnologías tradicionales húmedas de los mampuestos, incluir tecnologías "secas" o al menos mixtas en que la madera estuviera presente como material constitutivo básico predominante. Así, las tipologías de viviendas analizadas corresponden al uso de tecnologías tanto tradicionales como racionalizadas e industrializadas (aunque en este último caso, la totalidad de los ejemplos seleccionados corresponden al empleo de técnicas mixtas, esto es, soluciones de empleo combinado de la construcción en seco en madera con las técnicas húmedas tradicionales, sobre todo para la resolución del rubro "fundaciones"), según se indica en el cuadro siguiente:

TABLA 9: VIVIENDAS DEL NORDESTE ARGENTINO SELECCIONADAS COMO UNIDADES DE ANÁLISIS DEL PRESENTE ESTUDIO

| UNIDADES DE ANÁLISIS (UA) | | | | | | | |
|---|---|--|----------------------------------|-----------------------------------|---|---|----------------------------------|
| Tipologías de viviendas de interés social masivamente difundidas e implementadas en la región | | | | | | | |
| PROVINCIA DE CORRIENTES | | | | PROVINCIA DEL CHACO | | | |
| Nombre tipología y/o barrio | Localidad de implantación de los casos analizados | Tecnología de construcción | Año de construcción/habilitación | Nombre tipología y/o barrio | Localidad de implantación de los casos analizados | Tecnología de construcción | Año de construcción/habilitación |
| Laguna Seca | Capital | Tradicional (mampostería bloques hormigón) | 1983 | Nueva Resistencia | Resistencia | Tradicional (mampostería ladrillos cerámicos) | 1996 |
| Las Tejas (118 y 120 Viv. "Ex Aero Club") | Capital | Tradicional (mampostería ladrillos cerámicos a la vista) | 1985 | Los Troncos | Resistencia | Tradicional (mampostería ladrillos cerámicos) | 1991 |
| 250 Viviendas | Capital | Tradicional (mampostería ladrillos comunes) | 1974 - 1975 | Sinat Ferrando (Bº Independencia) | La Leonesa | Prefabricada Construcción en seco en madera | 1979 - 1982 |
| Madecor | Bella Vista | Prefabricada Construcción en seco en madera | 1980 | Macha | Machagai y Resistencia | Prefabricada Construcción en seco en madera | 1973 - 1976 |
| Scoro | Paso de la Patria | Prefabricada Construcción en seco en madera | 1990 | Plan Cero | Resistencia | Prefabricada Construcción en seco en madera | 1993 |

Se analizaron los esquemas de las distintas tipologías de viviendas de Corrientes y Resistencia, estableciéndose las principales características de cada una, entre las que se eligieron las de mayor representatividad. El análisis tipológico fue, entonces otro de los criterios para la definición de las Unidades de Análisis (UA)

En el punto 1. de "Apéndices" se adjuntan las planillas de descripción y análisis de las unidades definidas, en sus aspectos situacionales, relationales y tecnológico – constructivos, tanto de las materializadas mediante tecnologías y materiales "tradicionales" como de las materializadas mediante tecnologías industrializadas o mixtas en madera.

TABLA 10: VIVIENDAS ESTUDIADAS DE LA PROVINCIA DEL CHACO

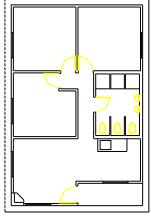
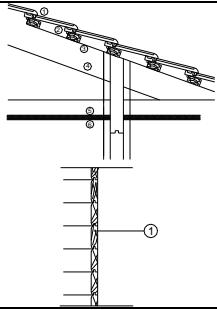
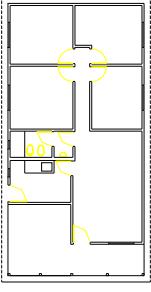
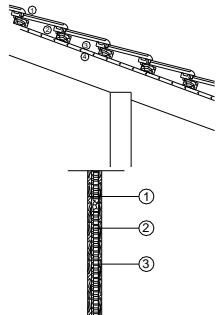
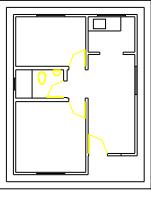
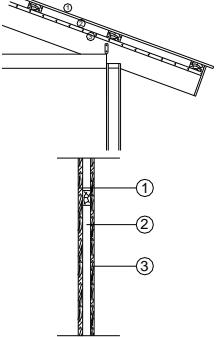
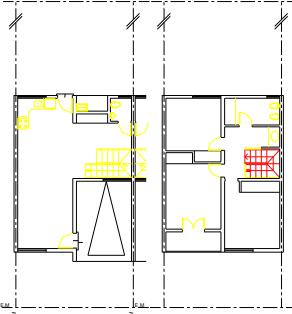
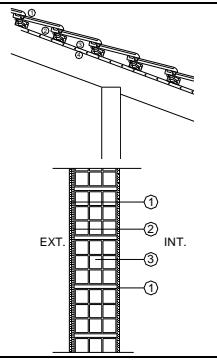
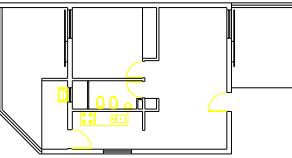
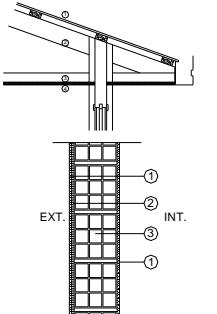
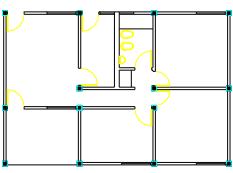
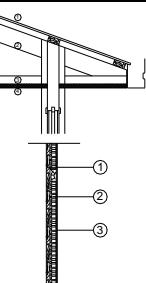
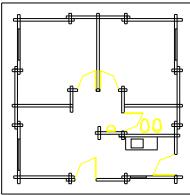
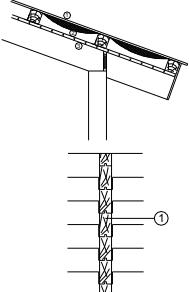
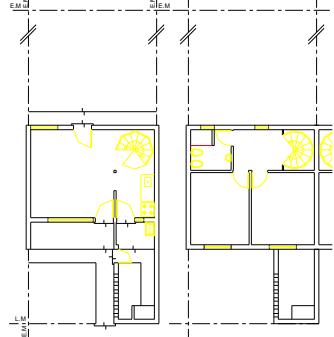
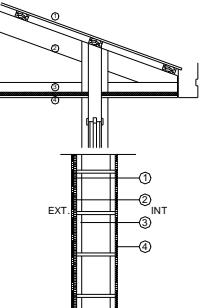
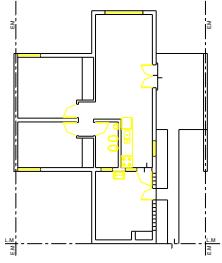
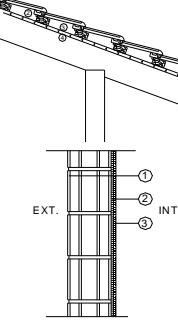
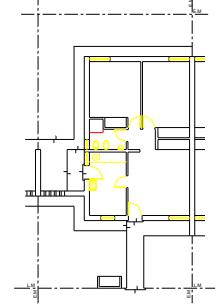
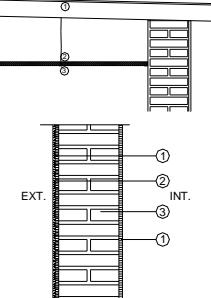
| UNIDADES DE ANÁLISIS PROVINCIA DEL CHACO | | | |
|---|---|--|---|
| Vivienda | Planta | Muros y Techos | |
|  | Vivienda sistema PLAN CERO. Resistencia, Chaco |  |  |
|  | Vivienda sistema SINAT FERRANDO. La Leonesa, Chaco. |  |  |
|  | Viviendas sistema MACHA. Resistencia, Chaco |  |  |
|  | Viviendas barrio LOS TRONCOS. Resistencia. Chaco. |  |  |
|  | Viviendas barrio NUEVA RESISTENCIA. Resistencia. Chaco. |  |  |

TABLA 11: VIVIENDAS ESTUDIADAS DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES

| UNIDADES DE ANÁLISIS PROVINCIA DE CORRIENTES | | | |
|---|---|--|---|
| Planta | Muros y Techos | Vivienda | |
|  |  |  | Viviendas sistema MADECOR. Bella Vista. Corrientes. |
|  |  |  | Viviendas sistema SCORO. Paso de la Patria. Corrientes. |
|  |  |  | Viviendas barrio LAGUNA SECA. Corrientes, Capital. |
|  |  |  | Viviendas barrio LAS TEJAS. Corrientes, Capital. |
|  |  |  | Viviendas barrio 250 VIVIENDAS. Corrientes, Capital. |

Los puntos de análisis de las viviendas seleccionadas, o aspectos de interés estudiados en las viviendas definidas como unidades de análisis (UA), se podrían clasificar en tres grandes grupos:

1. Los aspectos "situacionales" (referidos a las estrategias de localización, emplazamiento, orientaciones):

- *Emplazamiento. Condiciones de vínculo con viviendas contiguas o vecinas:* La ubicación de la vivienda dentro de la parcela condiciona las posteriores posibilidades de aplicación de estrategias bioclimáticas. Implica el control de todos los elementos exteriores que puedan influir sobre la vivienda, sobre todo aquellos que impidan un asoleamiento conveniente en las horas correctas en invierno o que generen un asoleamiento y ganancias solares excesivas durante el verano.
- *Orientación:* La cantidad de calor que se transmite a través de la envolvente varía notablemente según la orientación, influyendo ésto en gran medida en el balance energético final de la vivienda.
- *Generalidades de los elementos del entorno:* La vivienda está permanentemente afectada por las condiciones microclimáticas inmediatas a ella, de modo que, si se modifican estas condiciones, se estarán también modificando las condiciones interiores. En verano el factor fundamental a controlar es la radiación solar. Durante el invierno se trata de minimizar las pérdidas por convección producidas por el viento.

2. Los aspectos "funcionales" y "morfológicos" edilicios (referidos a las estrategias tipológicas asociadas a la forma de la vivienda, la conectividad y distribución de y entre los diferentes tipos de espacios, etc.):

- *Forma:* Las pérdidas o ganancias de calor de la vivienda están relacionadas directamente con su superficie de envolvente externa. Desde el punto de vista de la conservación de energía, la forma óptima es aquélla en que se pierde un mínimo de calor en invierno y se gana un mínimo de calor en verano. La relación entre la superficie de la envolvente exterior del edificio (S_e) y el volumen contenido (V_c) es el Factor de Forma (F). El factor de forma considera sólo el aspecto referido a la conservación de la energía; la forma final resultante de una vivienda deberá estar también relacionada con aspectos como la exposición a la radiación de invierno, protección de vientos, etc.
- *Distribución interior:* La precaución en la distribución interior de los ambientes posibilitará el control del aporte solar, así como la conducción de las brisas y la efectividad de la ventilación proyectada. Siendo la fachada norte la más soleada, los espacios que necesitan mayor cantidad de luz y calor se sitúan sobre ella. Los espacios tapón (escaleras, armarios, depósitos) que no tienen grandes necesidades de acondicionamiento, se sitúan en general en las orientaciones más desfavorables, sirviendo como espacios protectores.

3. Los aspectos "tecnológico – constructivos" (desagregación – diseño, composición, dimensiones- de los componentes de la envolvente edilicia: muros, cubiertas, etc.): El adecuado diseño tecnológico - constructivo de los cerramientos perimetrales de la vivienda es fundamental para el acondicionamiento higrotérmico de los espacios arquitectónicos, determinando los niveles de confort que se verificarán con el uso. Para ello es necesario tener en claro los conceptos teóricos referidos a los procesos físicos de intercambio de humedad y temperatura. Además es necesario verificar los cerramientos mediante el método de cálculo propuesto por el IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales) que permite, de forma simple y sencilla, modelizar matemáticamente la performance de los cerramientos (muros, pisos y techos), comparándola con ciertos valores que representan las condiciones mínimas aceptables.

- *Muros:* En muros pesados habituales (de ladrillo común de 30 cm. de espesor, por ejemplo) pueden aparecer algunos inconvenientes por exceso de inercia térmica. Si para mantener el confort es necesario absorber en los elementos de construcción una cantidad de calor mayor que la que puede eliminarse luego en las condiciones de ventilación dadas, se producirá acumulación de calor remanente. Si estas condiciones se repiten un número suficiente de días, la temperatura interior excederá los límites de confort. Si se efectúa la ventilación adecuada, normalmente no debería presentarse este problema. Y aún en el caso de excederse ligeramente en el calor acumulado, la construcción podrá en días posteriores disiparlo. Sin embargo, pueden aún presentarse dificultades cuando se concentra la absorción en algunos elementos, siendo el resto de la construcción muy liviana. En general esto ocurre en muros o cubiertas de gran espesor, es decir, con masa térmica grande comparada con su superficie. Para esto habrá que distribuir la absorción de manera más uniforme, usando preferentemente muros delgados. Cuando algún cerramiento exterior con masa térmica relativamente grande y conductividad elevada está expuesto a la radiación, lo que ocurre cuando los muros exteriores no están protegidos contra la radiación (muros de ladrillo al oeste sin aislar), convendrá aislar adecuadamente el cerramiento expuesto.
- *Cubiertas:* El plano más expuesto a las variaciones climáticas es la cubierta. La propiedad de acumular calor es común a las cubiertas cuyo peso superficial oscila entre 200 kg/m² y 500 kg/m², denominadas cubiertas pesadas. En contraposición a estas, las cubiertas livianas, cuyo peso aproximado es de 50 kg/m², no tienen capacidad de acumular calor, y su espesor, peso específico y calor específico son despreciables. En estos casos no corresponde determinar valores de φ (retardo) y μ (amortiguamiento): el retardo es despreciable.

Los procedimientos que se aplicaron para el análisis de estas variables definidas y para la generación de datos (que permitieron más tarde la construcción de indicadores de eficiencia y desempeño energético ambiental), son los indicados en la tabla 12.

En líneas generales, se pretendió recabar información acerca de tres cuestiones centrales:

- d) La situación higrotérmica de los componentes de la envolvente edilicia de las viviendas, a través de la verificación de muros y techos con la normativa IRAM de habitabilidad higrotérmica (11601/ 11605 / 11625 /11630) referente a transmitancias térmicas, riesgo de condensaciones invernales, ganancias solares. Esta verificación se constituiría en punto de partida de la instancia procedural, para dar un pantallazo general del nivel constructivo a nivel higrotérmico en las viviendas de las provincias de Corrientes y Chaco, producidas tanto por el sector oficial o estatal y el sector privado.
- e) Los consumos de energía eléctrica para mantener las condiciones de confort interior en cada vivienda analizada, según las peculiaridades conferidas por las características higrotérmicas de sus envolventes

(si bien se ha centrado la atención en los muros de cerramiento y no en las cubiertas) y por las particularidades de las otras variables definidas (orientación, implantación, factor de forma), a efectos de poder determinar parámetros comparativos entre las envolventes murarias de madera y las de mampostería tradicional o habitual, que incidan en los consumos energéticos de las viviendas para mantener el confort.

- f) La estimación de la energía total involucrada en 1m² de panelería de madera de bosques cultivados y certificados (con manejo sustentable) del NEA en comparación con la involucrada en 1m² de muro de mampostería de ladrillos comunes de fabricación artesanal en los obrajes del Bañado Norte de la ciudad de Corrientes, efectuando estimaciones de energía parciales en cada etapa del ciclo de vida de estos elementos (extracción materias primas, transporte, procesamiento y producción, puesta en obra, uso durante la vida útil de las viviendas y disposición final). Estas estimaciones serán efectuadas según métodos proporcionados por la norma ISO 14.040, de Análisis de Ciclo de Vida.

TABLA 12: ASPECTOS DE INTERÉS ANALIZADOS EN LAS VIVIENDAS SELECCIONADAS

| PROCEDIMIENTOS APLICADOS | Estrategias de Localización | | Estrategias tipológicas | | Estrategias Tecnológicas | | |
|--------------------------|--|---------------|-------------------------|--|--|-----------|---|
| | Emplazamiento. Condiciones de vínculo. | Orientaciones | Forma | Distribución interior | Muros | Cubiertas | Pisos (para viviendas en dos o más plantas) |
| | Simulación dinámica del comportamiento higrotérmico y de los consumos de energía de las viviendas para mantener las condiciones de confort durante las horas de uso, mediante software específico, para situaciones características de invierno y de verano. | | | | Cálculo del coeficiente K de Transmitancia térmica (IRAM 11601 y 11605). | | |
| | | | | | Verificación del riesgo de condensación superficial e intersticial (IRAM 11625). | | |
| | | | | | Cálculo del Factor de Ganancia Solar. | | |
| | Comparaciones entre el desempeño higrotérmico y consumo energético (simulados) de las viviendas con envolvente perimetral de mampostería tradicional de ladrillos y con envolvente de panelería de madera. | | | | | | |
| | Estimaciones del ahorro potencial de energía con la situación verificada como más económica desde el punto de vista energético. | | | | | | |
| | | | | Planteos preliminares de ACV (Análisis de Ciclo de Vida según ISO 14.040) a 1m ² de muro de ladrillos y a 1m ² de panel de madera. | | | |

En los capítulos siguientes se desarrolla la aplicación de estos procedimientos a las variables definidas.

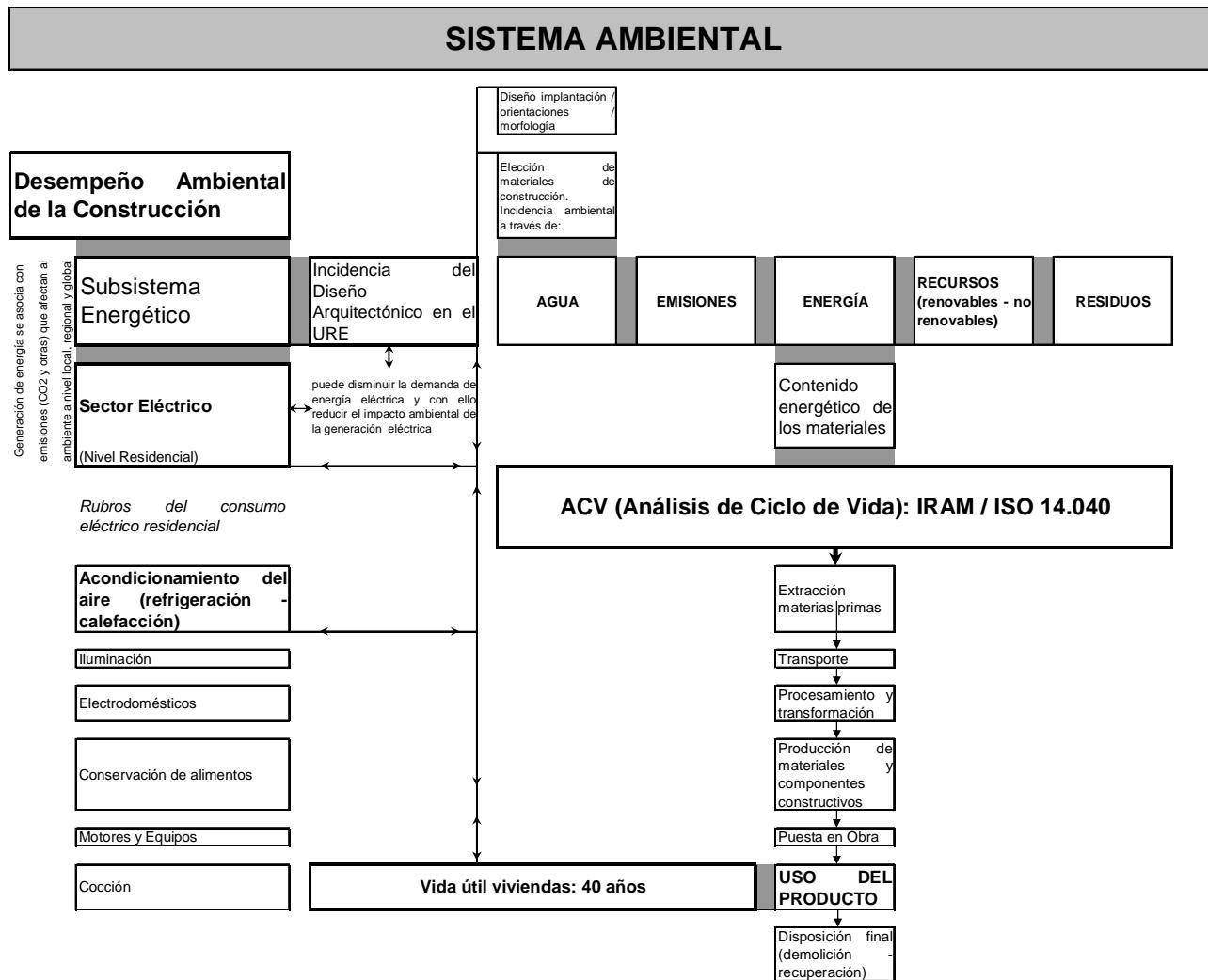
En última instancia, los procedimientos que fueron aplicados a las variables o aspectos de interés definidos en las viviendas intentaron producir datos de interés para el análisis y la construcción de indicadores respecto de las ventajas ambientales de diseñar y utilizar envolventes de madera, en lugar de mampostería tradicional de ladrillos, y respecto de las variaciones en los consumos de energía que se producen según la forma, orientación y emplazamiento de las viviendas tomadas como Unidades de Análisis (UA).

Sin perder de vista una visión holística de la problemática, que se reconoce como extremadamente compleja, por la multiplicidad de factores interviniéntes, trató de abordarse la cuestión de la interacción entre el SISTEMA AMBIENTAL Y EL SISTEMA ENERGÉTICO, al que también podría interpretarse como subsistema dentro del sistema ambiental, centrándose la atención, dentro de este sistema ambiental y su subsistema energético, en el campo de la construcción, considerándose como importante indicador de la eficiencia ambiental de la construcción a su eficiencia energética, es decir a las cantidades y tipos de ENERGÍA interviniéntes e involucrada en forma global en todos los procesos implicados en el ciclo de vida (CV) de la construcción (para el presente trabajo se hace referencia especialmente a la envolvente lateral, a los muros), desde las operaciones iniciales de extracción de materias primas, las de transporte, las de transformación –industrial o artesanal- para la producción de componentes o materiales constructivos, las de puesta en obra, las referidas al comportamiento del componente durante el ciclo de vida útil de la construcción, y finalmente el destino final, tras la finalización del período de vida útil.

Se hizo hincapié en la energía relacionada con el comportamiento del componente durante el ciclo de vida útil de la construcción, que para el caso de viviendas unifamiliares se estima en 40 años, por considerarla

de vital significación ambiental, tanto por su prolongada duración como por el impacto, muchas veces no reconocido, que su diario funcionamiento ocasiona al ambiente. Dentro de este impacto, según ya se mencionó, se estudia aquí el producido por el consumo de energía, y dentro del consumo de energía, se aborda la cuestión del consumo de energía eléctrica necesario para mantener las condiciones de confort en el interior de los ambientes, por considerarlo, según los datos ya presentados en capítulos anteriores, de vital significación en el consumo residencial de energía. Por supuesto, ello no implica desconocer que, juntamente con este consumo para el acondicionamiento de los ambientes, existen muchos otros rubros que inciden significativamente en los valores de energía consumida por el sector residencial, como la energía para iluminación, la energía para funcionamiento de máquinas, motores y equipos de uso doméstico y otras.

FIG. 7. INTERACCIONES ENTRE EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE VIVIENDAS Y EL SECTOR ELÉCTRICO, COMO PARTE DEL SUBSISTEMA ENERGÉTICO, EN EL MARCO DEL SISTEMA AMBIENTAL



La energía para el acondicionamiento de los ambientes representa un rubro que, conjuntamente con la necesaria para iluminación artificial, puede ser modificada con miras a lograr una importante disminución en los valores totales, desde las instancias de diseño arquitectónico. Es decir que compete al proyecto una adecuada toma de decisiones de implantación, de localización, de orientaciones, de materiales constitutivos, de forma, de disposición y características de aberturas y de resoluciones constructivas.

Se pretende poner a disposición de los actores involucrados, algunos instrumentos conceptuales que permitan incorporar en modo sistemático la dimensión ambiental en el proceso del diseño, constituyéndose en una pequeña herramienta que sirva de base a la toma de decisiones de un diseño que permita efectivizar los potenciales de ahorro de energía estimados, para mitigar los impactos ambientales del sector residencial en lo referente a elección de materiales a emplear en la materialización de la envolvente del objeto arquitectónico y a su implantación y orientación en zonas de clima cálido y húmedo, como el NEA.

Los potenciales de ahorro perseguidos en ningún caso contemplarían una disminución del servicio brindado por la electricidad; no implicarían sacrificio alguno y se basarían en tecnologías actualmente disponibles en el mercado, como la utilización de la madera forestal de explotación sustentable en la envolvente edilicia.

Las medidas que se pueden adoptar para mitigar los consumos energéticos van desde la utilización de recursos energéticos de origen renovable, el uso racional de la energía y la utilización de materiales de construcción con menor contenido energético (o menor cantidad de energía necesaria para crearlo o producirlo). Para aplicarlas, es necesario plantear materiales alternativos idóneos, que generan a su vez un consumo de recursos y nuevas emisiones. Para conocer los reales beneficios obtenidos es necesario utilizar métodos rigurosos que comprendan todas las etapas del ciclo de vida del sistema evaluado.

Existen estudios analíticos de diferente índole que contribuyen a la interpretación del comportamiento energético edilicio en su relación con parámetros de diseño. Los mismos abarcan desde la aplicación de métodos generales que utilizan fundamentalmente datos climáticos, hasta aquéllos que utilizan cálculos térmicos de diferente complejidad o que analizan estadísticamente consumos energéticos a nivel residencial. Todos ellos se enriquecen si se los complementa realizando mediciones reales de los parámetros de mayor importancia. Así surgen procedimientos combinados (Blasco Lucas et al, 2000).

Aquí se han desagregado las variables a analizar, y a cada grupo de variables se les aplican procedimientos⁷:

- Para considerar las variables tecnológicas, se subdividió a la envolvente en sus elementos o componentes característicos (muros y techos), y se les aplicó la normativa IRAM de habitabilidad vigente.
- Para considerar en conjunto las variables situacionales / relacionales con las tecnológicas, se han efectuado simulaciones con un programa computacional de análisis térmico y consumo energético necesario para mantener las condiciones de confort.

Cabe aclarar que, si bien se reconoce que “*considerar la demanda energética implica conocer la conducta de los usuarios, miembros de familias que otorgan una dinámica social a los espacios. (...) conocer cómo las familias de hoy viven en los sectores residenciales urbanos, lo cual es clave para determinar en qué medida las estrategias bioclimáticas pueden hacer aportes al ahorro energético. Estas familias están integradas por personas con edades y actividades diferentes y por lo tanto con tiempos de permanencia en el hogar y consumos de energía diferenciales. Tales factores tienen una fuerte incidencia en el consumo energético. La obtención de índices, tales como el consumo promedio por habitante y por hora de permanencia son susceptibles de generalizar para los casos que cumplan las mismas condiciones en relación a las edades de los habitantes y cantidad de miembros de la familia, dentro de los barrios analizados*”⁸, se ha unificado y definido a la familia tipo, para todos los prototipos de vivienda analizados, como compuesta por 5 miembros con un patrón de comportamiento estándar que se utiliza para todos los casos, con el fin de obtener una base homogénea de comparación, ya que en este estudio se pretendía, más que profundizar en la influencia del comportamiento de los usuarios en el consumo energético, hacerlo en la cuestión de las variaciones de consumos según material constitutivo básico de la envolvente y estrategias de orientación y morfología

Para estimar el impacto ambiental o las ventajas ambientales de utilizar en la materialización de la envolvente vertical de las viviendas panelería de madera frente a la mampostería de ladrillos comunes fabricados artesanalmente, se aplicó en forma estimativa la herramienta del ACV (según IRAM-ISO 14.040).

El ACV es usado para identificar las consecuencias de haber elegido materiales, procesos de producción y usos del producto. Es un procedimiento objetivo de evaluación de cargas energéticas y ambientales correspondientes a un proceso o a una actividad, que se efectúa identificando los materiales y la energía utilizada y los descartes liberados en el ambiente natural. La evaluación se realiza en el ciclo de vida completo del proceso o actividad, incluyendo la extracción y tratamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, el reciclado, la reutilización y despacho final.

⁷ Cabe aclarar que no se efectuaron mediciones in situ en las viviendas seleccionadas (para lo que se hubiera necesitado disponer de instrumental con que no se cuenta: sensores de termocupla, piranómetros, termómetros, dataloggers, adquisidores de datos, etc.), que nos permitan una visión global de los hábitos de los moradores y las condiciones de confort (o desconfort) de las viviendas en condiciones reales de uso. Por lo tanto, los resultados obtenidos obedecen a un estudio “teórico”. Sería interesante la validación experimental mediante monitorización in situ de la simulación computacional.

⁸ Blasco Lucas, I. y otros (2000). *Factores del Comportamiento de Habitantes del Sector Residencial y su Incidencia en el Consumo Energético*. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) N°1 y presentado al XXIII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Resistencia, Chaco.

III. PARÁMETROS DE HABITABILIDAD DE LA ENVOLVENTE EDILICIA

Evaluación del comportamiento higrotérmico de los componentes de la envolvente de viviendas, mediante aplicación de normativa de habitabilidad

Se realizó el cálculo de transmitancia térmica⁹, factor de ganancia solar¹⁰ y verificación de ocurrencia de condensaciones en muros y techos de las viviendas definidas, aplicando la normativa de habitabilidad higrotérmica vigente del IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales). Se presentan a continuación las planillas síntesis de resultados obtenidos. Las planillas correspondientes a los cálculos y verificaciones completas efectuadas se incluyen en punto 2. de Apéndices.

Las normas del IRAM en función de las cuales se realizaron las verificaciones¹¹ fueron:

- 11601/96: *Acondicionamiento Térmico de Edificios. Métodos de Cálculo. Propiedades Térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.* Establece los valores de las *propiedades térmicas* de los materiales para la construcción y los *métodos de cálculo* de la resistencia térmica total de los componentes constructivos que usualmente intervienen en los cerramientos de los locales de edificios.
- 11603/96: *Acondicionamiento Térmico de Edificios. Clasificación Bioambiental de la Rca. Argentina.*
- 11605/96: *Acondicionamiento Térmico de Edificios. Condiciones de Habitabilidad en Edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.* Establece los *valores máximos de transmitancia térmica* aplicables a muros y techos de edificios de viviendas, para asegurar condiciones mínimas de habitabilidad. Con el objeto de conseguir *mayores niveles de resistencia térmica* (y por ende menor transmitancia térmica) en los casos en que se disponga de recursos, la norma establece tres niveles de exigencia (es el comitente de la obra o la autoridad de aplicación correspondiente quien deberá establecer, cuando se haga referencia a esta norma, cuál de los niveles prescriptos es el que se debe verificar):
 - A: *RECOMENDADO*: corresponde a la transmitancia térmica necesaria para conseguir una optimización energética y económica. Sería aplicable por los comitentes y proyectistas que busquen excelentes condiciones de confort y mayor eficiencia energética.
 - B: *MEDIO*: corresponde a la transmitancia térmica que asegure aceptables condiciones de confort térmico a través del control de la temperatura superficial interior en invierno, contemplando también los requerimientos de confort en edificios con acondicionamiento natural en verano, lo que correspondería a los valores aceptables de un comitente del sector privado.
 - C: *MÍNIMO*: corresponde a la transmitancia para evitar el riesgo de condensación superficial en condiciones normales de uso y controlar excesos de desconfort en verano. Sería éste el nivel que alcanza el sector de la vivienda de interés social, con costos mínimos.
- 11625/00: *Acondicionamiento Térmico de Edificios. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.* Toma en cuenta que el fenómeno de las *condensaciones* se hace crítico en invierno, por ello, para el cálculo, se considera esta situación climática. Los valores deben ser tomados en condiciones de invierno: las temperaturas mínimas de diseño se refieren a la estación invernal. El cálculo propuesto por la norma *IRAM N° 11.625* consta de dos partes:
 - *Verificación del Riesgo de Condensaciones Superficiales*
 - *Verificación del Riesgo de Condensaciones Intersticiales*.

⁹ La transmitancia térmica "K" mide la transmisión térmica de un componente constructivo (pared, techo, carpintería, etc.). Se define como la cantidad de calor que deja pasar un metro cuadrado de dicho componente, durante una hora (unidad de tiempo), por cada grado de diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, es decir, con una diferencia de 1°C entre cada cara del componente. La unidad de K es W / m² °K.

El coeficiente K de cualquier elemento constructivo es el recíproco de su resistencia; así pues, K=1/R. La resistencia R es la suma de las resistencias de cada parte de que se compone el elemento constructivo, y su unidad es m² °K / W.

¹⁰ El factor de ganancia solar es la proporción de la radiación solar incidente que se transmite a través de un elemento cuando la temperatura del aire es igual en ambos lados del elemento. En este caso el flujo de calor depende solamente de la radiación solar y no de la temperatura del aire.

El factor de ganancia solar depende de dos variables principales: transmitancia térmica (K) y absorción de la superficie del material al exterior (□). Ambas dependen de la elección del proyectista.

¹¹ El adecuado diseño tecnológico - constructivo de los cerramientos perimetrales de los edificios es fundamental para el acondicionamiento higrotérmico de los espacios arquitectónicos, determinando los niveles de confort que se verificarán con el uso. Para ello es necesario tener en claro los conceptos teóricos referidos a los procesos físicos de intercambio de humedad y temperatura. Además es necesario verificar los cerramientos mediante el método de cálculo propuesto por el IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales) que permite, de forma simple y sencilla, modelizar matemáticamente la performance de los cerramientos (muros, pisos y techos), comparándola con ciertos valores que representan las condiciones mínimas aceptables. La normativa técnica vigente, tanto a nivel nacional como internacional, está en permanente proceso de ajuste adecuándose a los avances en el conocimiento acerca del confort humano, de los principios físicos de intercambio de calor y humedad, de nuevas técnicas constructivas, materiales y de la concientización de los usuarios sobre la necesidad de reducir sustancialmente los consumos energéticos en la edificación sin detrimento de la calidad ambiental de los espacios interiores. La experiencia en la aplicación de la normativa permitió detectar falencias en la misma, lo que llevó a que, a partir de 1991, se iniciara una revisión paulatina de cada uno de estos documentos. Uno de los criterios fundamentales que han variado es la ampliación del campo de aplicación de la norma, que ahora no se restringe a viviendas de interés social, sino que da la posibilidad de seleccionar entre tres grados de confort térmico deseado, y su consiguiente ahorro energético en calefacción y/o refrigeración.

TABLA 13: SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS DE LAS VERIFICACIONES HIGROTÉRMICAS (TRANSMITANCIA, RIESGO DE CONDENSACIÓN Y GANANCIA SOLAR) DE LOS MUROS Y TECHOS DE LAS VIVIENDAS ANALIZADAS DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES

| Tipologías de viviendas de interés social difundidas en la región | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------------|--|-----------------------|-------------|--------------|--|--------|---|-------------|--|
| PROVINCIA DE CORRIENTES | | | | | | | | | | | |
| Nombre tipología y/o barrio | Tecnología de construcción | Año constr./habit. | Transmitancia Térmica "K" (W/m ² °C) - según IRAM 11601/96 y 11605/96 | | | | Riesgo de Condensación en Invierno (según IRAM 11625/99) | | Factor de Ganancia Solar (%) el 21/12. Latitud 27°4' Sur (Corrientes) | | |
| | | | Muros | | Techos | | Muros | Techos | Muros | Techos | |
| | | | Espesor (m) | "K" Verano e Invierno | "K" Verano | "K" Invierno | | | | | |
| Laguna Seca (Capital) | Tradicional (mampostería bloques hormigón) | 1983 | 0,225 | 2,53 | 0,84 | 0,95 | | | 4,05 | 1,7 | |
| Las Tejas (118 y 120 Viv. "Ex - Aero Club") | Tradicional (mampostería ladrillos cerámicos huecos tipo portantes) | 1985 | 0,2 | 1,35 | 0,94 | 1,1 | NO | Sí | 3,8 | 2,63 | |
| 250 Viviendas (Capital) | Tradicional (mampostería ladrillos comunes) | 1974 - 1975 | 0,3 | 1,88 | 1,97 | 2,7 | NO | NO | 3,01 | 3,94 | |
| Madecor (Bella Vista) | Prefabricada - Construcción en seco en madera | 1980 | 0,049 | 0,94 | 0,84 | 0,95 | Sí | Sí | 1,7 | 1,7 | |
| Scoro (Paso de la Patria) | Prefabricada - Construcción en seco en madera | 1990 | 0,05 | 3,15 | 0,89 | 0,95 | Sí | Sí | 5,7 | 1,8 | |

TABLA 14: SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS DE LAS VERIFICACIONES HIGROTÉRMICAS (TRANSMITANCIA, RIESGO DE CONDENACIÓN Y GANANCIA SOLAR) DE LOS MUROS Y TECHOS DE LAS VIVIENDAS ANALIZADAS DE LA PROVINCIA DE CHACO

| Tipologías de viviendas de interés social difundidas en la región PROVINCIA DEL CHACO | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--------------------|--|-----------------------|------------|--------------|---|--------|---|--------|----------------|----------------|
| Nombre tipología y/o barrio | Tecnología de construcción | Año constr./habit. | Transmitancia Térmica "K" (W/m ² °C) - según IRAM 11601/96 y 11605/96 | | | | Riesgo Condensación en Invierno (según IRAM 11625/99) | | Factor de Ganancia Solar (%) el 21/12. Latitud 27°4' Sur (Corrientes) | | | |
| | | | Muros | | Techos | | Muros | Techos | Muros | Techos | | |
| | | | Espesor (m) | "K" Verano e Invierno | "K" Verano | "K" Invierno | | | | | | |
| Nueva Resistencia (Resistencia) | Tradicional (mampostería ladrillos cerámicos) | 1996 | 0,21 | 1,64 | 1,06 | 1,24 | Nivel de constr.: C (mínimo). Nivel de constr.: no se encuadra ni en el nivel C. | | NO | Sí | 2,62 | 2,12 |
| Los Troncos (Resistencia) | Tradicional (mampostería ladrillos cerámicos) | 1991 | 0,21 | 1,64 | 0,94 | 1,1 | Nivel de constr.: C (mínimo). Nivel de constr.: no se encuadra ni en el nivel C. | | NO | NO | 2,62 | 2,63 |
| Sinat Ferrando (Bº Independencia) (La | Prefabricada - Construcción en seco en madera | 1979 - 1982 | 0,05 | 1,2 | 1,7 | 2,23 | Nivel de constr.: C (mínimo). Nivel de constr.: no se encuadra ni en el nivel C. | | Sí | Sí | 2,16 | 4,8 |
| Macha (Machagai Resistencia) | Prefabricada - Construcción en seco en madera | 1973 - 1976 | 0,05 | 2 | 1,73 | 2,3 | Nivel de constr.: no se encuadra ni en el nivel C. Nivel de constr.: no se encuadra ni en el nivel C. | | Sí | Sí | 3,6 | 3,5 |
| Plan Cero (Resistencia) | Prefabricada - Construcción en seco en madera | 1993 | 0,028 | 3,96 | 0,7 | 0,82 | Nivel de constr.: C (mínimo). Nivel de constr.: no se encuadra ni en el nivel C. | | Sí | Sí | >3% Discomfort | >3% Discomfort |

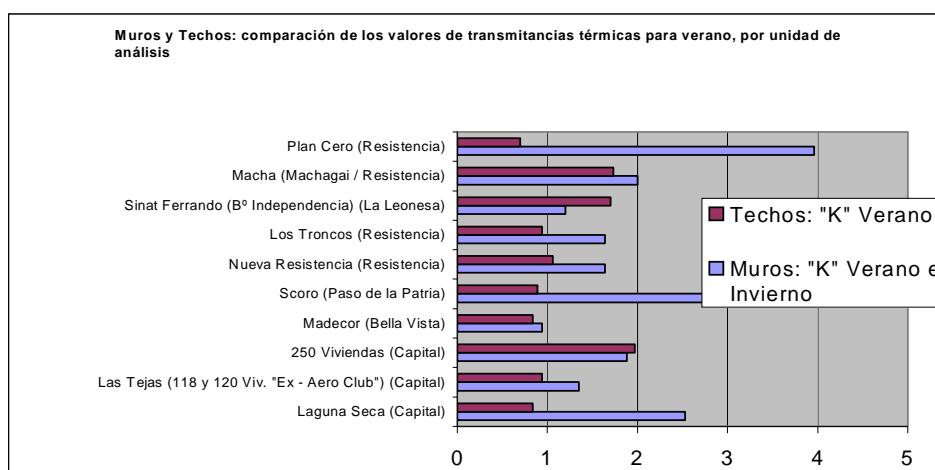
Resultados

Se advierte en general un bajo nivel de habitabilidad higrotérmica, sobre todo en lo referente a valores de transmitancias térmicas, siendo los valores obtenidos muy altos, lo que sitúa a los componentes analizados en un nivel C (mínimo aceptable) cuando no fuera de toda categoría por ser demasiado altos. Sólo en casos aislados se presentan niveles medios (B).

La normativa IRAM a la luz de la cual fueron analizados los componentes de las UA no es de aplicación obligatoria para el sector privado, al cual corresponden varias de las viviendas analizadas, pero teóricamente sí lo es para el sector oficial, aunque, por los resultados obtenidos, parece no haber sido tenida en cuenta ni exigida al momento de presentar los legajos de obra ante los organismos correspondientes.

En general las soluciones de madera analizadas resultan de un diseño tecnológico muy precario y el criterio dominante parece haber sido utilizar la menor cantidad posible de material. Aún así, se vislumbra que la madera posee, comparativamente con otros materiales, como los mampuestos, valores mucho más bajos de transmitancia térmica, lo que la hace más aislante.

FIG. 8. TRANSMITANCIAS TÉRMICAS DE MUROS Y TECHOS DE LAS VIVIENDAS ANALIZADAS



Comparando en general las series de valores de K para muros y para techos, se observa que los muros presentan valores más altos de K que las cubiertas. El rango de variación oscila mucho, ya que el margen de diferencia puede ser leve (casos de Macha, Sinat Ferrando, Nueva Resistencia, Madecor, 250 viviendas, Las Tejas) o enorme (casos Plan Cero, Scoro y Laguna Seca), atribuible a grandes fluctuaciones en el coeficiente K de los muros (Plan Cero, Scoro y Laguna Seca, que presentan altísimos coeficientes K, lo que los sitúa en condiciones muy desfavorables desde el punto de vista higrotérmico), ya que las cubiertas presentan valores bastante constantes entre sí.

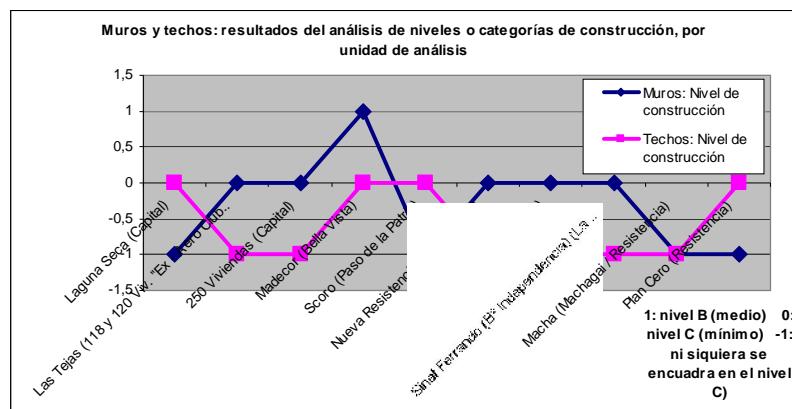
En los casos de cubiertas analizadas (que representan típicamente los casos más usuales en el nordeste argentino: cubiertas metálicas o cerámicas, con leves variaciones en los materiales de los cielorrasos), los valores de K no superan los 2 W/m²°C. Las condiciones más desfavorables en cuanto a transmitancia térmica en cubiertas tienen lugar en casos en que no se ha incorporado aislante térmico, ya se trate de una cubierta metálica (Macha y 250 viv.) o cerámica (Sinat Ferrando). En las restantes U. de A., las cubiertas, metálicas o cerámicas, presentan un coeficiente K levemente por debajo de 1 W/m²°C o bien igualando o superando levemente este valor.

En los muros de cerramiento analizados, que incluyen a soluciones de madera y soluciones cerámicas habituales), los valores de K no superan los 2 W/m²°C, excepción hecha de los tres casos de peores condiciones detectados en que dicho valor casi se duplica (Plan Cero, Scoro y Laguna Seca) correspondientes, los dos primeros, a soluciones de madera de una sola hoja de madera machimbrada, sin ningún tipo de aislación térmica, y el tercero, a un caso de muro de bloques de hormigón revocado en ambos paramentos.

Pero en general, y teniendo en cuenta que los espesores de los cerramientos de madera apenas alcanzan los 5cm., frente a espesores de 20 y 30cm. en las soluciones tradicionales o habituales, su coeficiente K resulta altamente satisfactorio, ya que se iguala a las mencionadas soluciones tradicionales o bien resulta

inferior, salvo las dos excepciones de panelería de madera machimbrada de una sola hoja, ya mencionadas.

FIG. 9. CATEGORÍAS CONSTRUCTIVAS DE LAS VIVIENDAS ANALIZADAS SEGÚN LAS TRANSMITANCIAS TÉRMICAS DE SUS MUROS Y TECHOS



Esta categorización del nivel constructivo está efectuada desde el punto de vista estrictamente higrotérmico, según la Norma IRAM 11605/96.

Obsérvese que, si bien los muros presentan, según se vio en el gráfico anterior, valores de K levemente superiores a los de las cubiertas, en las tablas de la norma IRAM 11605/96 que establecen los valores máximos admisibles de K, se advierte que los valores máximos en cada nivel son menos exigentes (más altos) para muros que para cubiertas, posiblemente por ser los elementos más expuestos a la radiación solar.

Ante esta mayor exigencia para las cubiertas, y ante una falta de precauciones de diseño higrotérmicas, las cubiertas de las construcciones usuales en nuestro medio se sitúan, o bien en un nivel mínimo aceptable (40%), o bien, y esta es la situación mayoritaria (60%), ni siquiera pueden encuadrarse en el nivel mínimo aceptable, por la que la situación de los techos es bastante preocupante y requiere medidas de mejoramiento.

La situación de los muros, no obstante, no es mucho mejor. Tan sólo se alcanza el nivel medio en el caso de un panel sandwich de madera (Sistema Madecor), estando los restantes casos en el nivel mínimo, e incluso descendiendo aún más en los casos más precarios detectados (Sistemas Scoro y Plan Cero: una sola hoja de madera machimbrada y Laguna Seca: bloques de hormigón revocados).

FIG. 10. PORCENTAJE DE MUROS EN CADA NIVEL CONSTRUCTIVO, EN FUNCIÓN DE SU TRANSMITANCIA TÉRMICA

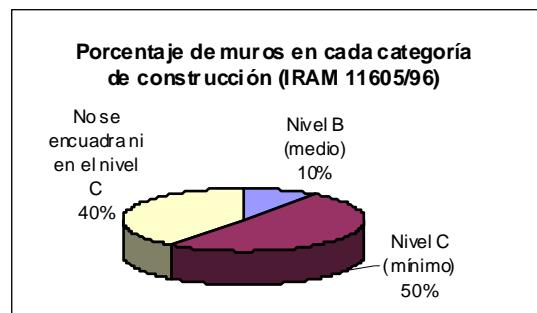
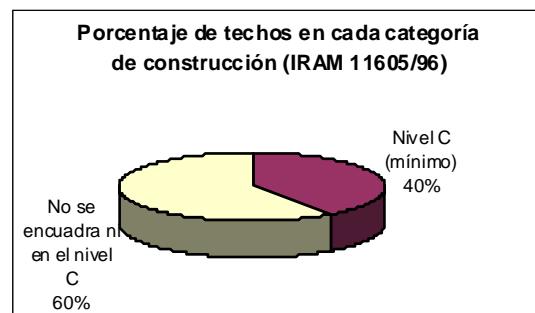


FIG. 11. PORCENTAJE DE TECHOS EN CADA NIVEL CONSTRUCTIVO, EN FUNCIÓN DE SU TRANSMITANCIA TÉRMICA



En general, la situación higrotérmica de los componentes de la envolvente analizados (muros y techos) resulta altamente preocupante, ya que situaciones de mal desempeño higrotérmico acarrean patologías no solamente constructivas, sino que generan ambientes interiores fuera de las condiciones de confort, lo que a su vez repercute en el bienestar de los ocupantes cuando éstos no cuentan con medios para acondicionar artificialmente y por medios mecánicos los interiores de sus viviendas, o bien repercute en su economía, ya que de contar con medios de acondicionamiento de ambientes, los gastos de energía lógicamente son muy superiores que si pudiera darse la situación de prescindencia de tales medios, o al menos de un uso menos intenso.

FIG. 12. TRANSMITANCIA TÉRMICA, GANANCIA SOLAR Y RIESGO DE CONDENSACIÓN EN LOS MUROS DE LAS VIVIENDAS ANALIZADAS

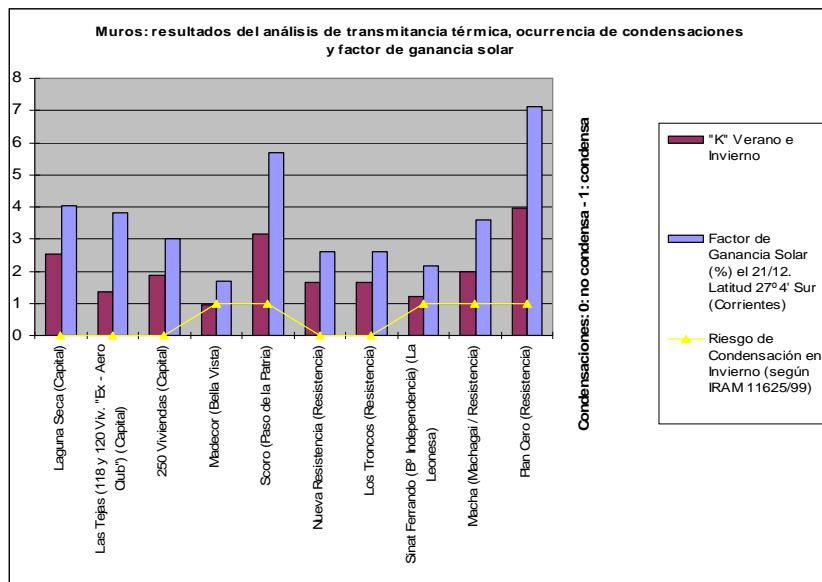
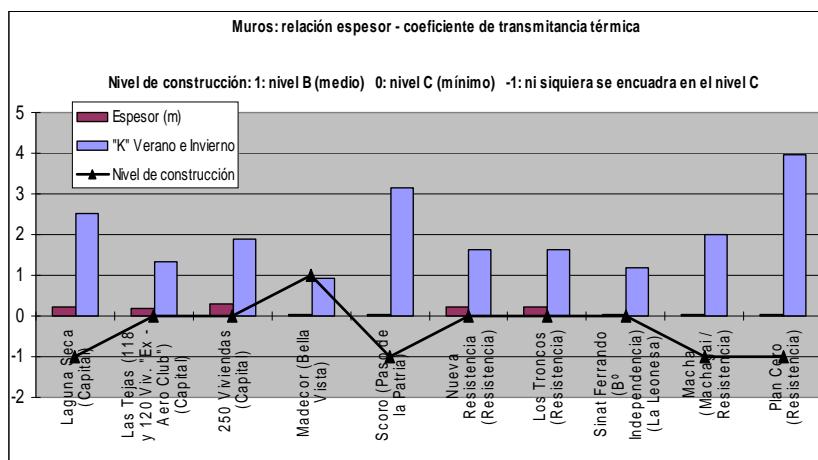


FIG. 13. TRANSMITANCIA TÉRMICA Y ESPESORES DE LOS MUROS DE LAS VIVIENDAS ANALIZADAS



En cuanto a los valores de transmitancia térmica K, fue ya comentado que no superan los 2 W/m²°C, excepción hecha de los tres casos de peores condiciones detectados en que dicho valor casi se duplica (Plan Cero, Scoro y Laguna Seca) debido a la incidencia de un diseño sumamente precario desde el punto de vista higrotérmico.

También fue comentado el satisfactorio desempeño de la panelería de madera, que a espesores mucho menores, en soluciones tipo sandwich, presenta menores o iguales valores de K que soluciones de mampostería de 20 y hasta 30cm. de espesor.

En cuanto al factor de ganancia solar, resulta directamente proporcional al coeficiente K, observándose que el 50% de las U. de A. presentan un factor de ganancia solar superior a 3%, lo que ocasiona desconfort en el interior de los ambientes. Estos casos corresponden a los valores más altos de K, tanto de panelería de madera (Plan Cero, Scoro, Macha) como de mampostería habitual (Laguna Seca y 250 viv.).

Resulta notorio que en las U. de A. de cerramientos de madera se producen indefectiblemente condensaciones en invierno. Todos los casos detectados de condensaciones superficiales o intersticiales corresponden a viviendas con muros de madera. Posiblemente tal circunstancia reconozca entre sus causas a una falencia en el diseño de la ubicación de los materiales, capa por capa, en las soluciones tipo sandwich (en ellas la condensación se produce, del interior al exterior, entre el aislante térmico y la hoja exterior de madera), en que parece no haberse estudiado con cuidado el descenso de temperaturas y de presiones de vapor de agua. En las soluciones de mampostería no se ha verificado ocurrencia de condensación. Se trata de muros de una sola hoja, sin aislante térmico.

En los casos de cubiertas analizadas, los valores de K no superan los $2 \text{ W/m}^2\text{C}$. Las condiciones más desfavorables en cuanto a transmitancia térmica tienen lugar en casos en que no se ha incorporado aislante térmico, ya se trate de una cubierta metálica (Macha y 250 viv.) o cerámica (Sinat Ferrando). En las restantes U. de A., las cubiertas, metálicas o cerámicas, presentan un coeficiente K que se mantiene levemente por debajo de $1 \text{ W/m}^2\text{C}$ o lo alcanza y supera levemente.

En cuanto al factor de ganancia solar, resulta directamente proporcional al coeficiente K, observándose que sólo el 30% de las U. de A. presentan un factor de ganancia solar superior a 3%, lo que ocasiona discomfort en el interior de los ambientes. Estos casos corresponden a los valores más altos de K, correspondientes a cubiertas metálicas o cerámicas en las que no se ha incorporado aislación térmica.

FIG. 14. PORCENTAJE DE MUROS DE LAS VIVIENDAS ANALIZADAS CON RIESGO DE CONDENSACIONES



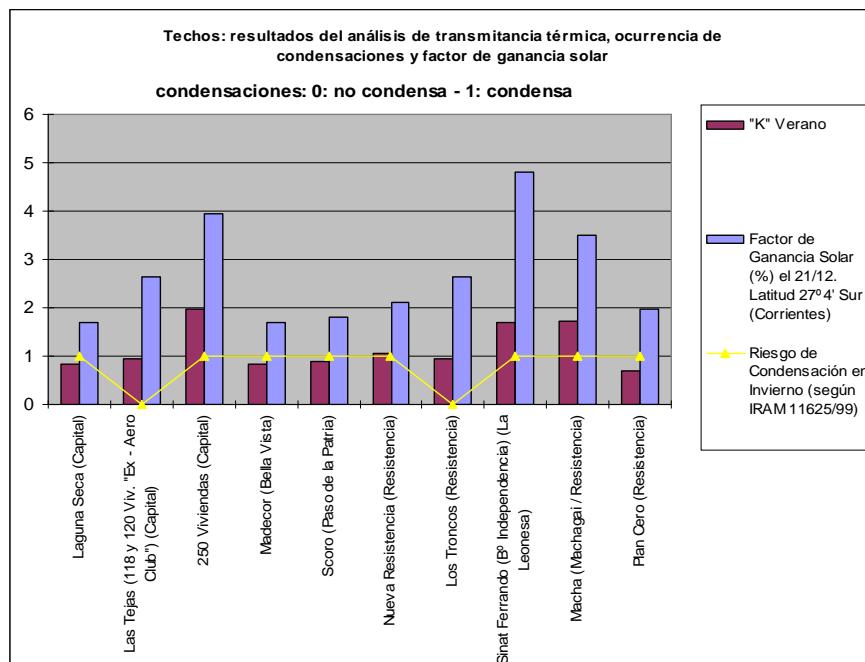
FIG. 15. PORCENTAJE DE TECHOS DE LAS VIVIENDAS ANALIZADAS CON RIESGO DE CONDENSACIONES



Solo en dos casos de cubiertas (Las Tejas y Los Troncos, que en realidad representan una misma tipología) no existe riesgo de condensación en invierno: ellos son los correspondientes a tejas francesas, que generan por debajo una cámara de aire no ventilada, y por debajo se asientan sobre un entablonado de madera que sirve como cielorraso acompañando pendiente. El factor que parece incidir en la mejora del riesgo de condensación es la presencia de una membrana de espuma de polietileno de 5mm. de espesor (sobre el entablonado y por debajo de las clavadoras de las tejas), que tiene un muy bajo valor de permeabilidad, y consecuentemente una alta resistencia al vapor. Esta membrana hace descender bastante la presión de vapor en esta zona, disminuyendo la temperatura de rocío.

En el resto de las cubiertas de las U. de A. consideradas la condensación se produce en invierno en el plano inferior del material de cubierta propiamente dicha, ya sea chapa o teja. En todos los casos, además, los entretechos son no ventilados o débilmente ventilados, por lo que una sugerencia de optimización del desempeño higrotérmico consistiría en plantear el entretecho muy ventilado, para así no considerar el material de cubierta en los cálculos térmicos.

FIG. 16. TRANSMITANCIA TÉRMICA, GANANCIA SOLAR Y RIESGO DE CONDENSACIÓN EN LOS TECHOS DE LAS VIVIENDAS ANALIZADAS

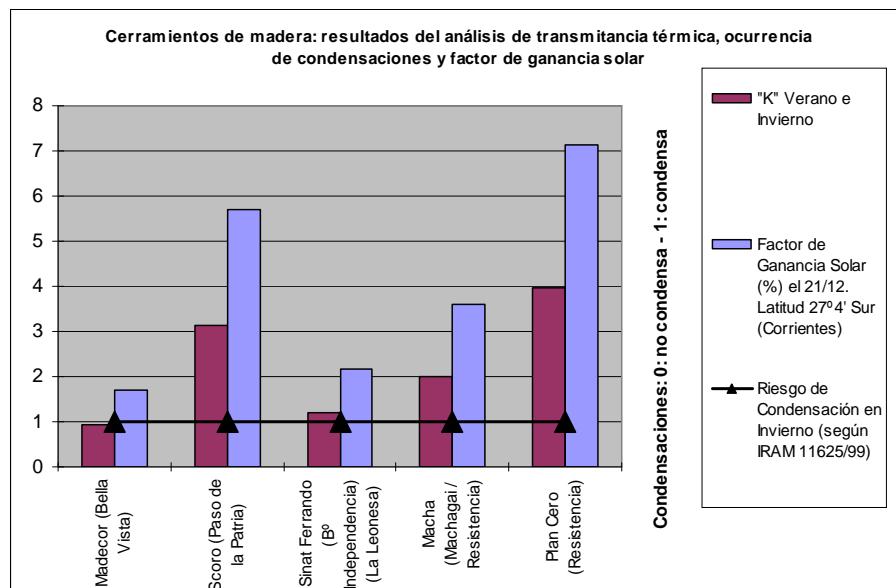


Cerramientos de madera

Analizando ahora los resultados obtenidos de la aplicación normativa de habitabilidad higrotérmica a las viviendas con cerramientos exteriores de madera, pueden hacerse los siguientes comentarios:

Los valores más bajos de transmitancia térmica (mayor resistencia térmica) se presentan en panelería tipo sandwich (Madecor, Sinat Ferrando), de dos hojas, exterior e interior, de madera, que delimitan entre ambas un espacio ocupado por un bastidor o esqueleto que alberga además un material aislante térmico, como poliestireno expandido o lana de vidrio. Aquí el factor fundamental parece estar representado por la aplicación del material aislante, ya que un panel sandwich de las características descriptas, pero sin el espacio entre ambas hojas relleno con aislante (simplemente mantenido como cámara de aire) como en el caso del sistema Macha, el coeficiente K se incrementa bastante, casi el doble.

FIG. 17. TRANSMITANCIA TÉRMICA, GANANCIA SOLAR Y RIESGO DE CONDENSACIÓN EN MUROS DE MADERA DE LAS VIVIENDAS ANALIZADAS



Valores dos y hasta tres veces superiores de coeficientes K se obtienen cuando la panelería está compuesta de una sola hoja de madera machimbrada o encastrada de modo similar (sistemas Scoro y Plan Cero), aumentando el coeficiente K en proporción inversa al espesor de la hoja: al disminuir el espesor (Plan Cero: 28mm, frente a Scoro: 50mm), aumenta el coeficiente K con la consecuente disminución de la capacidad aislante del cerramiento.

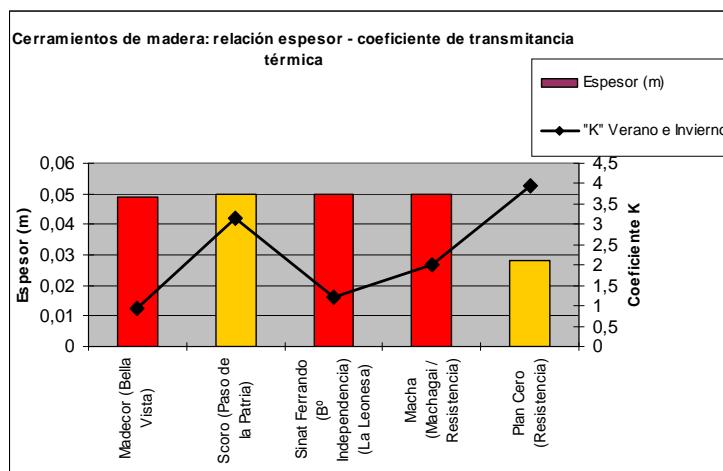
FIG. 18. MUROS DE MADERA Y GANANCIAS SOLARES EN LAS VIVIENDAS ANALIZADAS



El factor de ganancia solar resulta un parámetro directamente proporcional al coeficiente de transmitancia térmica. Nótese que todo incremento en el valor de K es acompañado en forma proporcional por un incremento en el factor de ganancia solar. Si bien el factor de ganancia solar depende en gran medida del coeficiente de absorción de la radiación solar del material exterior del cerramiento, para este análisis de la subserie de cerramientos de madera, en que en todos los casos dicho coeficiente de absorción se mantiene constante (0,4), las variaciones en el factor de ganancia solar deben necesariamente atribuirse al coeficiente de transmitancia térmica, ya que el factor de ganancia solar lo acompaña proporcionalmente.

Todas las unidades analizadas presentan condensaciones en invierno (según verificaciones teóricas aplicando metodología de cálculo e IRAM 11625/99), incluso los cerramientos compuestos de una sola hoja de madera, por lo general de quebracho, en que la condensación se produce en la superficie interior del panel, por ser la temperatura de rocío (obtenida del diagrama psicrométrico) mayor que la temperatura superficial interna calculada. En los cerramientos compuestos por varias hojas y material aislante térmico interno, las condensaciones se producen intersticialmente, por lo general, entre el aislante térmico y la hoja exterior de madera.

FIG. 19. MUROS DE MADERA: ESPESORES Y TRANSMITANCIAS TÉRMICAS EN LAS VIVIENDAS ANALIZADAS



Las unidades de análisis con envolvente perimetral de madera, presentan casi todas un espesor bastante constante, que oscila alrededor de 5 (cinco) cm. Sólo un caso (sistema Plan Cero) presenta un espesor menor (casi 3 cm.).

Considerando la serie de unidades de análisis con envolvente de madera, puede decirse que, a la regla general observada para el resto de las U. de A. en lo referente a la relación de proporcionalidad inversa entre coeficiente de transmitancia térmica K y espesor, debe agregarse ahora la consideración de la constitución interna de ese espesor, ya que se observa que para espesores casi todos iguales a 5 cm., el coeficiente K varía mucho según se trate de paneles de una sola hoja (columnas amarillas: Scoro y Plan Cero), en que el coeficiente K es mucho mayor que en las otras, o paneles tipo sandwich con material aislante térmico incorporado. En estos últimos casos el coeficiente K y el espesor se mantienen bastante constantes, observándose una leve mejoría en el poder aislante del poliestireno expandido (Madecor) con respecto a la lana de vidrio (Sinat Ferrando) y a la cámara de aire débilmente ventilada (Macha).

Como la categorización de la construcción según la Norma IRAM 11605/96 está referida a los valores de transmitancia térmica (a menores valores de transmitancia corresponde mayor categoría constructiva), los resultados obtenidos reflejan que, desde el punto de vista higrotérmico, las construcciones regionales con envolvente perimetral de madera se resuelven con criterios de mínima calidad (el 60% de los casos considerados ni siquiera se encuadra en el nivel mínimo aceptable según la normativa y sólo un caso, Madecor, se incluye en el nivel medio). Las peores situaciones, fuera de normativa, corresponden a los paneles de una sola hoja (Scoro, Plan Cero) y tipo sandwich pero sin aislante térmico (Macha). Mejoras en el nivel de construcción desde el punto de vista higrotérmico se logran en las tipologías tipo sandwich con relleno de aislante térmico.

IV. DESEMPEÑO ENERGÉTICO DE LAS VIVIENDAS EN ETAPA DE USO

Auditoría del consumo de energía de las viviendas en etapa de uso, para acondicionamiento del aire

El objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento térmico y energético de las viviendas seleccionadas, el grado de bienestar de los usuarios y el ahorro de energía eléctrica teórico, logrado al materializar la envolvente mediante panelería de madera de bosques cultivados locales certificados, respecto a viviendas de diseño y tecnología convencional en la misma región (Corrientes y Resistencia), además de la incidencia de variables tales como la orientación, la forma y el emplazamiento en el desempeño energético, y por ende en la eficiencia ambiental de la construcción.

El trabajo permitió:

- cuantificar el ahorro de energía para acondicionar (refrigerar y calefaccionar) los espacios manteniendo las condiciones de bienestar;
- comparar, para las mismas condiciones climáticas, morfológicas y tipológicas, el impacto energético - ambiental producido por viviendas de construcción de envolvente vertical (muros) tradicional y de envolvente de madera.

El costo de operación de un edificio y el impacto ambiental son directamente proporcionales a la demanda anual de energía, valor usado para comparar alternativas. Sin embargo, las variables de diseño también afectan la demanda energética pico, la cual determina la potencia y el costo del equipo de calefacción y refrigeración (Torres y Evans, 1999).

Se pretendió demostrar la manera en que las modificaciones en el diseño de la envolvente, determinan sustanciales diferencias en el consumo energético final de la vivienda, así como también determinar cuáles serían las principales estrategias de optimización de las variables consideradas en el diseño de viviendas ubicadas en una zona climática cálida húmeda.

Con el relevamiento de la situación real de los prototipos seleccionados y además la aplicación de los procedimientos que se presentan a continuación, se pudieron definir los aspectos energéticos, tecnológicos y funcionales de cada uno de ellos. Los distintos datos se volcaron en fichas técnicas diseñadas a tal fin, que se incluyen en Anexos, elaborando así un catálogo tecnológico y energético – ambiental de edificios construidos.

Simulación dinámica del consumo de electricidad de las viviendas para mantener condiciones internas de confort

Se presenta la evaluación de los requerimientos eléctricos para la climatización artificial (refrigeración estival y calefacción invernal) de viviendas tipo, considerando el comportamiento térmico de diez tipologías de viviendas de operatorias tanto estatales u oficiales como privadas. Estas tipologías se siguen usando en las nuevas operatorias implementadas por los organismos estatales.

Se realizaron simulaciones térmicas con el software *Quick II (A passive thermal design tool and load calculation computer program. Transfer of energy mass and momentum, Sudáfrica, 1997)*¹², para distintas situaciones de material de la envolvente de los prototipos de viviendas analizados (la real y una ficticia propuesta con panelería de madera), así como para distintas condiciones de orientación de los mismos, obteniéndose:

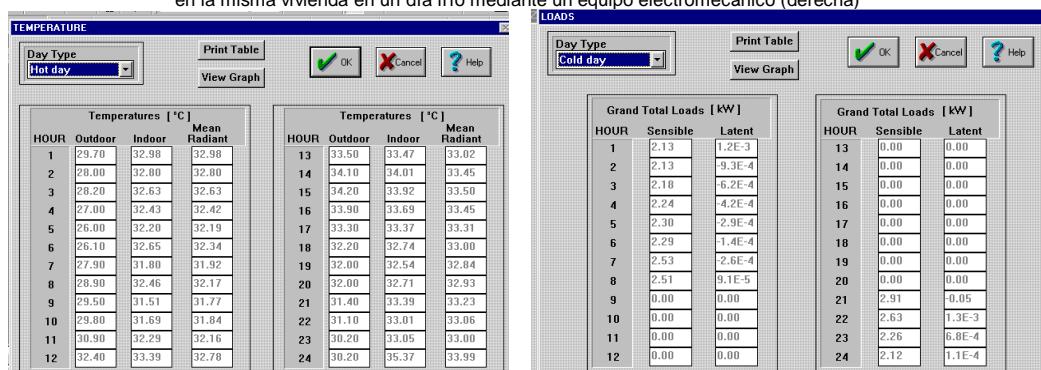
- Las fluctuaciones "naturales" de temperatura en el interior de las viviendas en caso de no existir medios mecánicos de acondicionamiento térmico (ver fig. 20, izq.);
- Los valores de cargas térmicas necesarias para mantener la situación de confort en el interior de las viviendas con medios artificiales (equipos electromecánicos), (ver fig. 20 der.).

Para la aplicación del programa computacional cada vivienda se dividió en dos zonas operativas según funciones diferenciadas: dormir y estar. Se han diferenciado básicamente la **zona de estar** comprendiendo cocina, comedor, estar, cochera, en tanto que la **zona de dormir** abarca dormitorios y baños. Las estancias

¹² Cedido generosamente al *Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste (ITDAHu – FAU – UNNE)*, para exclusivo USO ACADÉMICO interno, por el Prof. Arq. Guillermo Gonzalo, Director del Depto. de Acondicionamiento Ambiental de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNT (Universidad Nacional de Tucumán), Argentina.

semicubiertas no se han considerado en las verificaciones, ya que las mismas están abiertas permanentemente, aunque sí se ha considerado el porcentaje de sombra que estas estancias semicubiertas generan o arrojan a las superficies de la envolvente contigua, a la que protegen de la excesiva radiación solar.

FIG. 20. PANTALLAS ILUSTRATIVAS DE LOS RESULTADOS ARROJADOS POR EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN: fluctuaciones naturales de temperatura interna en una vivienda para un día cálido (izquierda) y valores de cargas térmicas necesarias para mantener la situación de confort interior en la misma vivienda en un día frío mediante un equipo electromecánico (derecha)



El programa debió cargarse con datos edilicios teóricos de los prototipos de vivienda tomados como unidades de análisis (materiales de cubiertas, pisos y muros y sus respectivos coeficientes de conductividad térmica, densidad y calor específico) y datos climáticos (temperatura, humedad relativa, radiación solar total o global y difusa) de las localidades de implantación medidos en forma horaria, para el día de diseño del período cálido y para el día de diseño del período frío. El programa realiza un análisis de temperaturas, humedad relativa y de cargas para cada zona y luego las combina¹³. El cálculo estacionario de cargas se lleva a cabo sobre la base de los consumos de un equipo de acondicionamiento térmico con control de temperatura y humedad.

Se definió una familia tipo de cinco (5) miembros, con un patrón de comportamiento estándar (grado de permanencia en las distintas zonas a cada hora del día y tipo de vestimenta y de actividad en cada hora del día) que se utilizó para las simulaciones de todos los casos, con el fin de obtener una base homogénea de comparación.

También se definió una base homogénea de cargas internas (calor convectivo, radiativo y latente generado en cada zona por las luminarias, computadoras, televisores, hornos, heladeras y otros aparatos eléctricos de uso común en una vivienda tipo).

Asimismo, fue tenida en cuenta la ventilación natural llevada a cabo en cada prototipo simulado, a través del ingreso al programa de los datos de las aberturas (puertas y ventanas) de cada orientación y su estado (abierta o cerrada) en cada hora del día de diseño cálido y frío, para lo cual fue necesario ingresar previamente los datos de velocidad del viento y dirección del mismo para cada hora en la localidad de implantación.

Las condiciones mínimas de confort o condiciones de habitabilidad se fijaron para todos los prototipos analizados según rangos usuales para la región y según consideración de datos de temperaturas de diseño medias definidas en la norma IRAM 11603/96 para Corrientes y Resistencia:

- Para Verano: 22°C y 60% HR
- Para Invierno: 18°C y 65% HR

Las superficies verticales se diferenciaron en los muros del interior de la vivienda (dentro de ellos se hizo la diferenciación entre las divisorias que no permiten el intercambio de aire entre los ambientes que dividen y

¹³ El programa de simulación utilizado presenta como limitaciones las siguientes:

- Cada zona se considera independiente, lo que implica que no existe intercambio de calor entre las diferentes zonas en que se divide al edificio a simular;
- Se simula un período de 24 horas, con el presupuesto de que tanto los días precedentes como los siguientes presentan idénticas condiciones. Por ello, al hacer el ingreso de datos climáticos horarios de la localidad de implantación, se debió tener en cuenta que los datos ingresados sean representativos de al menos tres días consecutivos.
- Se supone una distribución uniforme de temperatura en toda la zona definida.

aquéllas que simplemente representan una barrera visual, pero que comunican por la parte superior los ambientes) y los exteriores según el tipo de materiales utilizados en cada tipología.

En función de las características constructivas y térmicas de los materiales constitutivos de la envolvente de las viviendas se realizaron, para cada unidad de análisis, varias simulaciones térmicas computacionales, determinando la energía necesaria para lograr y mantener la situación de confort previamente definida en el interior de los ambientes de dichas viviendas, graficándose los resultados para cada caso.

Se compararon los consumos de energía para alcanzar el confort de verano por medios artificiales (enfriamiento) y de invierno (calefacción), por día y por mes típico del período cálido y del período frío.

En base a la información extraída de las facturas bimestrales proporcionadas por usuarios de los prototipos relevados en Corrientes y emitidas por la DPEC (Dirección Provincial de Energía de Corrientes) y mensuales proporcionadas por usuarios de los prototipos relevados en el Chaco y emitidas por SECHEEP (Servicios Energéticos del Chaco Empresa del Estado Provincial), que son los organismos "facturadores" del servicio de suministro de energía eléctrica, se determinaron las situaciones de consumos reales de cada prototipo, por mes, día y por superficie del edificio.

Los datos arrojados por la simulación computacional y los datos reales de facturación fueron comparados.

Para completar el análisis se realizó la confrontación gráfica de los resultados obtenidos, determinando los consumos promedio por unidad de superficie para cada vivienda (para el día de diseño de verano) y cada tipología constructiva (tecnologías habituales de mampuestos y tecnologías secas o mixtas con uso de la madera en la panelería de cerramientos).

Como resultado de los estudios comparativos de las viviendas seleccionadas se pudo verificar valores de energía necesaria para el confort y consumos reales de energía por superficie muy diferentes.

Variaciones de la Orientación

Se realizaron las simulaciones considerando las viviendas en cuatro orientaciones distintas de la fachada, rotando el edificio 45° por vez. Así, para cada prototipo se efectuaron simulaciones para: Fachada Norte – Fachada Este – Fachada Sur y Fachada Oeste. Todos los prototipos considerados se consideraron en una situación de implantación en perímetro libre, si bien esto resulta una situación ficticia en el caso de las viviendas tradicionales, es la situación real de las viviendas de madera tomadas como unidades de análisis. Esta condición fue unificada a efectos de fijar una situación de partida homogénea para la comparación.

Variaciones de los materiales de la envolvente

Se adoptaron distintos materiales de la envolvente lateral vertical. Por un lado el material real del que cada vivienda tomada como unidad de análisis estaba materializada y por el otro considerando a las viviendas cuya envolvente vertical se materializa al modo "habitual" o "tradicional" como reemplazada por una panelería de madera diseñada en un trabajo anterior¹⁴, consistente, del exterior al interior, en un revestimiento exterior (siding de eucalipto saligna o pino impregnado -1"- y una cámara de aire débilmente ventilada dejada por las clavadoras del siding -11/2"-) y el panel propiamente dicho consistente en un sandwich de machimbre pino (1/2"); poliestireno expandido (75mm) y machimbre pino (1/2") al interior.

Para la cubierta, en cada caso se consideró la materialización real del prototipo.

A continuación se presenta una planilla síntesis de los principales resultados obtenidos, así como una de las planillas modelo de las simulaciones a una de las viviendas efectuadas. El resto de las planillas y todos los detalles de las simulaciones dinámicas realizadas, se incluyen en punto 3. de Apéndices.

¹⁴ Alías, H. M. y Jacobo, G. J. (2001). *Maderas y Sistemas Constructivos en Madera en el NEA. Sus Patologías. Acciones Preventivas y Correctivas en el Diseño, Ejecución y Uso.* (I.T.D.A.Hu. - Facultad de Arquitectura y Urbanismo). Informe Final Beca Secretaría General de Ciencia y Técnica. Universidad Nacional del Nordeste.

FIG. 21. SINTESIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE LAS SIMULACIONES DE DESEMPEÑO TÉRMICO Y DE CONSUMOS ELÉCTRICOS PARA EL CONFORT INTERIOR EN LAS VIVIENDAS ANALIZADAS

| Unidades de Análisis consideradas Características y resultados de la simulación computacional | Vivienda | Imagen exterior | esquema planta | Factor de Forma (sup. envolvente/volumen) | Consumos diarios de energía por unidad de superficie (KWh/m2/día) | | | | Consumos anuales de energía por unidad de superficie (KWh/m2/año) | | | | |
|--|---------------|-----------------|----------------|---|---|-----------------|----------------|------------------|---|--|-----------------------------------|-------|---------|
| | | | | | consumo diario energía para el confort /m2 | | | | consumo diario real de energía /m2 | consumo anual energía para el confort/m2 | consumo anual real de energía /m2 | | |
| | | | | | Fachada al norte | Fachada al este | Fachada al sur | Fachada al oeste | | | | | |
| Laguna Seca | | | | | | | | | | | | | |
| Los Troncos | 250 Viviendas | | | 0,98 | 5,77 | 5,77 | 5,77 | 5,74 | 0,15 | 4,95 | 1283,00 | 54,75 | 1016,00 |
| Nueva Resistencia | Scoro | | | 1,06 | 5,29 | 5,17 | 5,15 | 5,17 | 0,18 | 4,46 | 1239,50 | 65,70 | 1005,00 |
| Madecor | 250 Viviendas | | | 0,98 | 5,30 | 5,43 | 5,30 | 5,43 | 0,13 | 4,67 | 1197,30 | 47,45 | 978,00 |
| Scoro | Los Troncos | | | 0,78 | 3,04 | 3,15 | 3,14 | 3,16 | 0,11 | 2,70 | 828,26 | 40,15 | 642,45 |
| Sinat Ferrando | Plan Cero | | | 0,44 | 6,97 | 6,97 | - | - | 0,15 | - | 1416,00 | 54,75 | - |
| | | | | 0,98 | 6,29 | 6,31 | 6,31 | 6,31 | 0,15 | - | 1346,80 | 54,75 | - |
| Macha | Plan Cero | | | 1,04 | 8,95 | 8,91 | 8,91 | 8,95 | 0,19 | - | 1905,90 | 69,35 | - |
| | | | | 0,79 | 4,87 | 4,78 | 4,87 | 4,78 | 0,13 | - | 1055,90 | 47,45 | - |
| | | | | 0,95 | 5,81 | 6,07 | 5,81 | 6,07 | 0,15 | - | 1312,50 | 54,75 | - |
| | | | | 1,09 | 9,70 | 9,65 | 9,65 | 9,93 | 0,19 | - | 1993,50 | 69,35 | - |

TABLA 15. PLANILLA TIPO DE SISTEMATIZACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES DINÁMICAS A UNA DE LAS VIVIENDAS TOMADAS COMO UNIDADES DE ANÁLISIS

| VARIABLES SITUACIONALES | VARIABLES RELACIONALES |
|--|--|
| Estrategias de localización | Estrategias tipológicas |
| Localidad: Corrientes, Cap. | (zonificación en base a la distribución interior de funciones) |
| Zona Bioambiental: Ia (cálida húmeda) | Zona Estar (incluye cocina) |
| Latitud Sur: 27°54' | Zona Dormir (incluye baño) |
| Temperatura Base: 18°C | No se incluyen en la simulación electrónica las estancias exteriores semicubiertas, como galerías, aunque sí se incorpora el efecto de dichas estancias en el sombreado de la envolvente exterior. |
| Grados días: 56 - 262 | Planta Baja y Alta Vivienda |
| VIVIENDA: | |
| Barrio Laguna Seca | |
| EMPLAZAMIENTO: | |
| Zona sudeste de la ciudad | |
| CONDICIONES DE VÍNCULO CON EDIFICIOS CONTIGUOS: | |
| Perímetro libre (situación ficticia) | |
| ORIENTACIÓN: | |
| Ver planta adjunta | |
| Nº DE OCUPANTES: | |
| 5 personas | |
| VARIABLES GEOMÉTRICO - CONSTRUCTIVAS | |
| SUPERFICIE CUBIERTA (m ²): | |
| Planta Baja | 24,92 |
| Planta Alta | 31,35 |
| SUPERFICIE SEMICUBIERTA (m ²): | |
| Planta Baja | 6,43 |
| Planta Alta | - |
| SUPERFICIE DE LA ENVOLVENTE (m ²): | 143,35 |
| Techo | 31,35 |
| Muros | 112,00 |
| ALTURA MEDIA DE LOS LOCALES (m): | 2,6 |
| VOLUMEN (m ³): | 146,31 |
| Planta Baja | 64,80 |
| Planta Alta | 81,51 |
| FACTOR DE FORMA (sup. envolvente/volumen) (1/m): | 143,35/146,31 |
| | 0,98 |
| Estrategias tecnológicas | |
| MUROS: | |
| Exteriores de mampostería bloques de hormigón 19x19x39 cm., revocada exterior e interiormente. | |
| Interiores de mampostería de ladrillos cerámicos huecos 8x18x25 cm. | |
| CUBIERTA: | |
| Chapa galv. trapezoidal N°24 con cielorraso independiente de placas tipo Guillermina y lana de vidrio 25mm. sobre cielorraso. | |
| PISOS: | |
| En contacto con terreno natural en planta baja. Entrepiso losa alivianada viguetas pretensadas y ladrillones cerámicos. e=0,20m. | |
| VENTANAS: | |
| Ventanas de marcos y hojas de chapa doblada con celosías. | |
| CONSUMOS DE ENERGÍA | |
| Según Simulación electrónica | Según datos aportados por empresa proveedora del servicio: |
| Horas/día fuera de condiciones de confort (sin acond. aire): | Consumo anual de electricidad (kw/h): |
| Invierno: 24 - Verano: 24 | 2984 |
| Energía bimestral necesaria para el confort (kw/h): | Consumo bimestral de electricidad (kw/h): |
| Invierno: 4375,8 - Verano: 19493,4 | Invierno: 338 - Verano: 500 |
| Consumo diario de electricidad (kw/h): | Consumo diario de electricidad (kw/h): |
| Día de diseño período frío | Día de diseño período frío |
| 72,93 | 5,6 |
| Día de diseño período cálido | Día de diseño período cálido |
| 324,89 | 8,4 |
| Índice de consumo diario de energía para el confort por superficie (kwh/m ²) para la estación crítica (verano): | Índice de consumo real diario de energía por superficie (kwh/m ²) para la estación crítica (verano): |
| 5,77 (1283 KWh/m² año) | 0,15 (54,75 KWh/m² año) |

Resultados

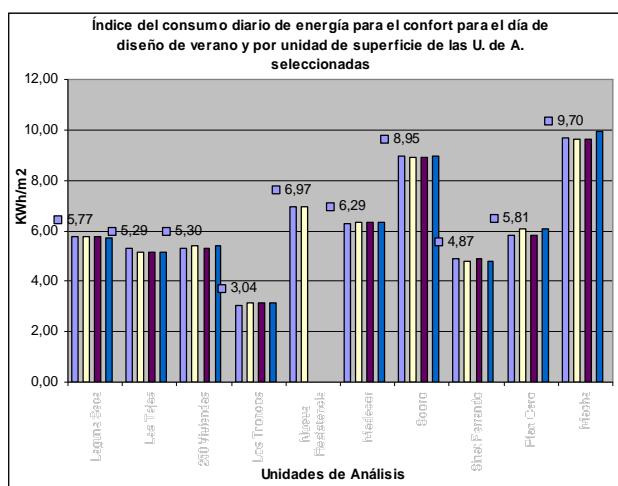
El procedimiento de simulación mediante el software específico permitió obtener índices de consumos energéticos diarios por unidad de superficie de las viviendas (para el día típico de diseño de verano y para el de invierno) e índices anuales por unidad de superficie, para lograr condiciones homogéneas en lo relativo a niveles mínimos de confort higrotérmico.

Las condiciones homogéneas, según ya se describió, estuvieron dadas por las condiciones en que se consideraron las viviendas tomadas como Unidades de Análisis (UA): igualdad de condiciones de emplazamiento (perímetro libre); de localización; de velocidad horaria de brisas; de cantidad de ocupantes y parámetros de ocupación durante el día; de aparatos y máquinas generadores de calor (horno, luminarias, televisores, computadoras, heladeras, etc.) y de patrones similares de apertura de puertas y ventanas durante las 24 hs.

Se determinaron los consumos de energía promedio por unidad de superficie para cada vivienda (para el día de diseño de verano y para el día de diseño de invierno) y cada tipología constructiva (tecnologías habituales de mampuestos y tecnologías secas o mixtas con uso de la madera en la panelería de cerramientos), observándose diferencias en los consumos entre una y otra tecnología de materialización y material básico de la envolvente, **siendo menores los consumos cuando las viviendas de mampostería tradicional reemplazaban estos cerramientos por la panelería de madera tipo sandwich propuesta.**

En la figura 22 se indican los índices obtenidos, para cada vivienda simulada, índices de energía necesaria para mantener las condiciones interiores de confort durante el día de diseño de verano, por unidad de superficie, y por orientación (nótese que para cada vivienda existen cuatro columnas: ellas son, en este orden, las correspondientes a la orientación norte, este, sur y oeste, respectivamente).

FIG. 22. CONSUMO DIARIO SIMULADO DE ELECTRICIDAD (POR UNIDAD DE SUPERFICIE) PARA CLIMATIZACIÓN ARTIFICIAL ESTIVAL DE LAS VIVIENDAS ANALIZADAS



A grandes rasgos, para las cinco primeras viviendas, que son aquéllas cuya envolvente se materializa mediante muros de mampostería tradicional de bloques, ladrillos cerámicos huecos, ladrillos comunes, los índices de consumo son, en general, un poco menores que para las cinco restantes viviendas, que son las de envolvente lateral de panelería de madera. Se podría explicar este resultado en los muy pequeños espesores de los muros de estas viviendas de madera, que oscilan entre 3 y 5cm., en tanto que para las viviendas de muros tradicionales los espesores oscilan siempre entre 20 y 30cm. Sin embargo, las diferencias en los consumos entre las tradicionales y las de madera no respetan la misma proporción que las diferencias entre los espesores de muros, es decir que, no son tan grandes como las diferencias de espesor (recordemos que la diferencia de espesor promedio es de 15cm: los muros tradicionales representan el triple de espesor de los paneles de madera).

Cuando la mampostería, para el mismo prototipo de vivienda, se reemplazó por una panelería diseñada especialmente cuya constitución fue precedentemente detallada, los consumos de energía para mantener el confort, tanto en invierno como en verano, resultaron menores, en la simulación dinámica, con respecto a la situación original.

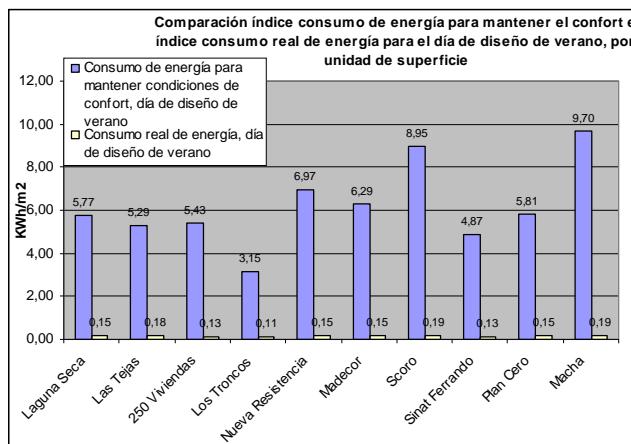
Especialmente altos son los consumos de energía para el confort de las viviendas Scoro y Macha; la primera con envolvente materializada por una simple hoja de quebracho de 5cm. de espesor (2") y la segunda por un panel sandwich de idéntico espesor, sin aislación alguna entre ambas caras de machimbre de madera blanda.

Los consumos reales de energía por superficie (calculados a partir de dividir el consumo bimestral de meses típicos de verano promedio por 60 días, y a su vez este resultado dividirlo por la superficie de la vivienda) según la empresa facturadora son mucho menores a los consumos necesarios para mantener el confort interior según la simulación (fig. 23), lo que puede deberse a la insuficiente disponibilidad económica por

parte de los usuarios para proveerse de artefactos para el acondicionamiento artificial de los ambientes y, por ende, al acostumbramiento a la continua habitabilidad en ambientes con altos índices de confort.

Pero también deberá tenerse presente que para todos los casos de viviendas de envolvente tradicional, que en la situación real se implantan generalmente entre medianeras, se planteó en la simulación electrónica la situación ficticia de la implantación en perímetro libre, para asegurar bases homogéneas de comparación con las de madera, que se implantan todas en perímetro libre, y las facturas de consumos energéticos obedecen a la situación más resguardada representada por la situación entre medianeras.

FIG. 23. CONSUMO DIARIO SIMULADO DE ELECTRICIDAD (POR UNIDAD DE SUPERFICIE) PARA CLIMATIZACIÓN ARTIFICIAL ESTIVAL DE LAS VIVIENDAS ANALIZADAS. COMPARACIÓN CON CONSUMO REAL



Resultados en relación con la incidencia de la orientación

Para los casos analizados, en las situaciones de enfriamiento (en verano), la condición de orientación más favorable, por generar temperaturas y humedades interiores más cercanas a las condiciones de confort y por lo tanto requerir menor cantidad de energía eléctrica para el acondicionamiento artificial tendiente a lograr dichas condiciones, es la de frentes este y oeste, siempre y cuando estos frentes sean los lados menores de la planta de la vivienda considerada, quedando así los lados de mayor superficie orientados al norte.

Especialmente desfavorable para verano pareciera ser la orientación de grandes superficies de pared exterior al norte, debido a que en esta orientación el plano recibe la mayor proporción de radiación solar justamente en una franja horaria en que las temperaturas exteriores experimentan su pico máximo.

Para plantas de viviendas de proporciones cuadradas, además de la orientación norte, también resulta desfavorable en verano la orientación oeste.

Sin embargo, si la vivienda posee frentes o fachadas al Este y Oeste y son estas fachadas los lados mayores del perímetro en planta, son ellas las que ocasionan los consumos más altos para mantener el confort en verano.

Para la situación de calefacción (en invierno), la orientación más favorable es la de frente norte y la más desfavorable es la de los frentes sur y este.

Por lo tanto, no es que deba privilegiarse a priori y para todos los casos una orientación por sobre las otras, sino que la elección de orientación deberá tener en cuenta primeramente cuáles sean los lados mayores o de mayores superficies, y recién allí aplicar el patrón observado respecto a evitar las grandes superficies al norte y al oeste, para verano.

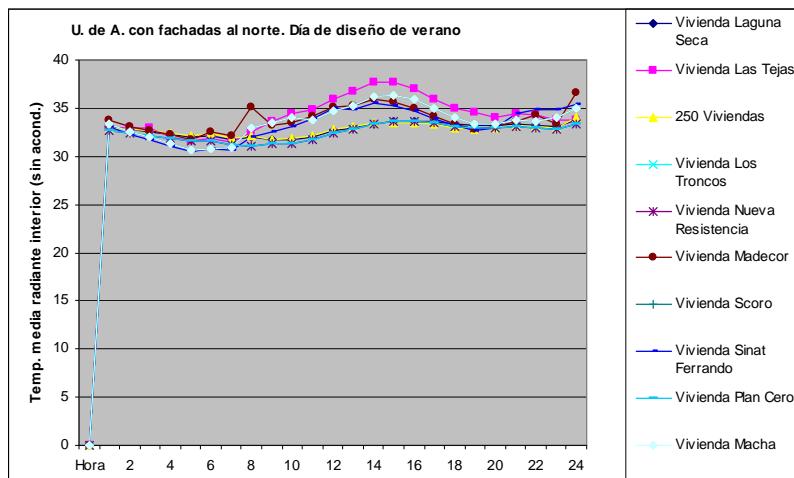
Analizando ahora comparativamente las *temperaturas radiantes medias*¹⁵ (*trm*) obtenidas para el día de diseño de verano y para el de invierno (en las zonas de estar delimitadas en cada vivienda), en todas las viviendas consideradas (fig. 24), para las mismas orientaciones, podemos tener una idea de los comportamientos termoenergéticos de las viviendas según sus materiales constitutivos de la envolvente y su morfología (factor de forma), ya que si casi todos los parámetros (orientación, ocupantes, etc.) se han

¹⁵ La temperatura radiante media es una temperatura uniforme que representa el intercambio de calor por radiación entre el hombre y todos los elementos del local (muros, techos, pisos). Depende fundamentalmente de la temperatura superficial de cada uno de los planos y de la relación entre sus dimensiones. La temperatura radiante media tiene gran importancia en la determinación de la temperatura de confort. Se lee en un termómetro de bulbo negro, colocado a 1,5 m. de altura y en el centro de local.

unificado en la simulación, han quedado como elementos incidentes en las diferencias obtenidas en las *trm*, las diferencias en cuanto a envolvente y a morfología o grado de compacidad, que sin duda tienen influencia en el comportamiento termo energético.

En las figuras 24 a 35 se indican, comparativamente, las *trm* obtenidas en cada vivienda, por tipo de orientación. Lo registrado para la situación de verano, con fachadas orientadas al norte (recordemos que, para casi todas las tipologías consideradas, la fachada y la contrafachada representan los lados menores de un rectángulo, siendo los lados mayores, entonces, las paredes "medianeras", aunque en estos casos se consideró a las viviendas en perímetro libre; por lo tanto para fachadas orientadas al norte y al sur, las fachadas de mayor superficie son los lados mayores orientados al este y oeste) es representativo de las otras orientaciones. Las fluctuaciones entre viviendas son las mismas, aunque varíen los valores absolutos de las *trm* según la orientación considerada.

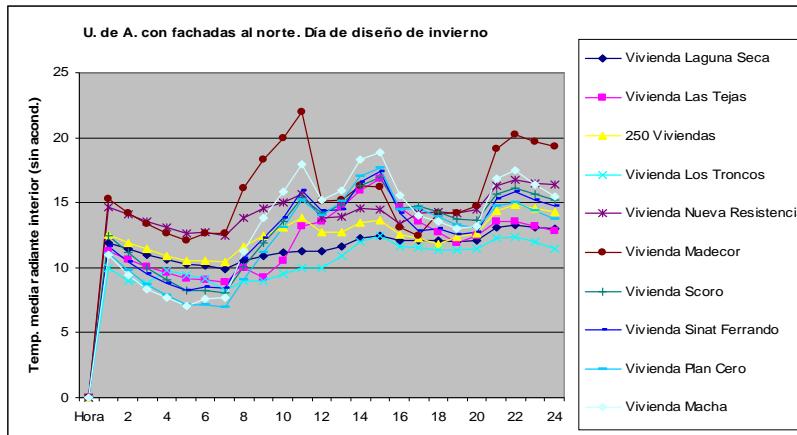
FIG. 24. FLUCTUACIONES TÉRMICAS DIARIAS ESTIVALES EN LAS VIVIENDAS ANALIZADAS, CONSIDERANDO FACHADAS AL NORTE



Para todas las viviendas, los picos más altos de temperatura interior tienen lugar entre las 13 y las 16hs., registrándose los mínimos entre las 4 y las 7hs. Por lo general los picos de temperatura interior son 2 ó 3°C más altos que los de temperatura exterior.

La vivienda Las Tejas (muros de mampostería de ladrillos cerámicos huecos tipo portantes sin revoque exterior, $e=20\text{cm}.$) acusa las *trm* más altas con respecto a la serie de diez viviendas consideradas, en tanto que las viviendas Los Troncos y Nueva Resistencia (muros de mampostería de ladrillos cerámicos huecos revocados en sus dos caras, $e=20\text{cm}.$ y factores de forma menores a los del resto de las viviendas consideradas, 0,78 y 0,44 respectivamente) y 250 viviendas (muros de mampostería de ladrillos comunes revocados, $e=30\text{cm}.$) registran los valores más bajos y, a la vez, las amplitudes térmicas menores de sus *trm* interiores (menores diferencias entre la máxima y la mínima). Las viviendas de envolvente de panelería de madera se mantienen en un nivel intermedio entre estos dos casos extremos, aunque la que registra valores de *trm* más elevados es Macha (panelería tipo sandwich, sin aislación térmica, $e=5\text{cm}.$ y el mayor factor de forma de la serie considerada: 1,09).

FIG. 25. FLUCTUACIONES TÉRMICAS DIARIAS INVERNALES EN LAS VIVIENDAS ANALIZADAS, CONSIDERANDO FACHADAS AL NORTE



Parecería existir correlación entre las Temperaturas Interiores y el factor de forma y la constitución de la envolvente, en el sentido de que al aumentar el factor de forma (vivienda más abierta, de mucha extensión de la superficie envolvente) y el coeficiente de absorción de radiación del material exterior de la envolvente, aumentan también las trm interiores y por lo tanto es mayor la energía necesaria para mantener el confort en verano, aunque también son menores las pérdidas de calor en invierno.

Lo registrado para la situación de invierno, con fachadas orientadas al norte también es representativo de las otras orientaciones. Las fluctuaciones de trm entre viviendas son las mismas, aunque varíen los valores absolutos de las trm según la orientación considerada.

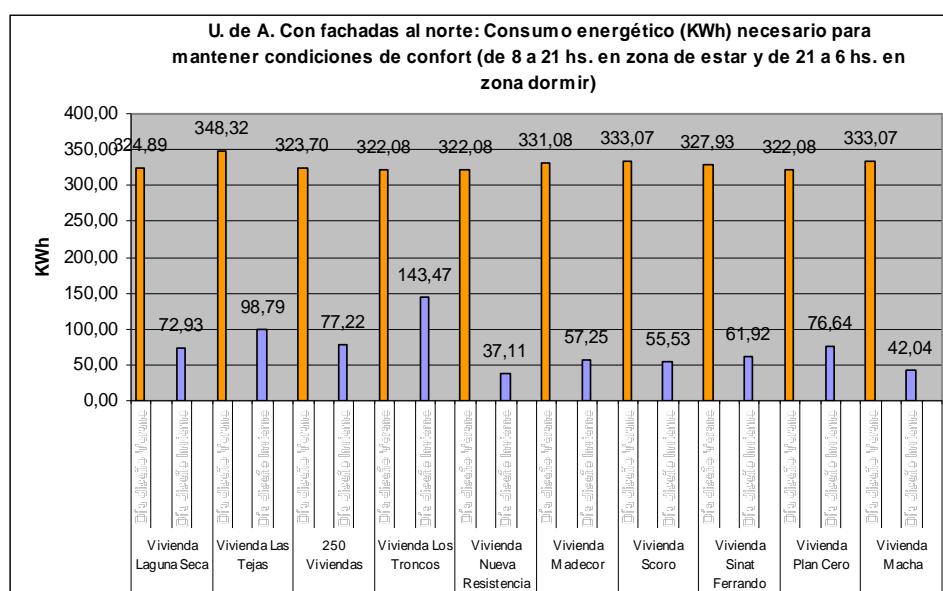
Las fluctuaciones de la trm interior en invierno definen líneas más fluctuantes que las de verano, debido a la gran incidencia que tiene en invierno la apertura de puertas y ventana y la hora del día en que se lo hace. Como el criterio fue considerar que en horas cercanas al mediodía, entre las 11 y las 14 ó 15hs. se mantenían abiertas buena parte de las ventanas (idéntico criterio se mantuvo para el día de diseño de verano, ya que es el patrón representativo del comportamiento del usuario tipo de estas viviendas en la región), las trm registradas en esas horas aumentan sensiblemente, ya que es el horario en que las Temp. Exteriores son mayores.

Por lo tanto, se infiere que una ventilación selectiva en invierno (apertura de carpinterías en horas de máxima Temperatura exterior y cerrado en las horas de mínima) es conveniente a efectos de acercar la trm interior en la mayor medida posible a las condiciones de confort (fijadas en 18°C y 65% HR para invierno y 22°C y 60% HR en verano). En verano también resultaría beneficioso operar con el criterio de ventilación selectiva, pero el patrón de comportamiento de los usuarios hace que se opere justamente de modo inverso, y en horas del mediodía, de máxima Temperatura exterior, se mantengan abiertas todas las aberturas y con ello se eleven mucho las Temperaturas interiores.

Las menores temperaturas, más cercanas a las Temperaturas exteriores, se registran en la vivienda Los Troncos, y las mayores, aunque también las que más amplitud térmica registran, se dan en las viviendas Madecor y Macha, de envolvente de panelería de madera tipo sandwich, de idéntica composición, aunque la primera tiene material aislante térmico y la segunda mantiene el espacio hueco.

Los consumos de energía para el día de diseño de verano y de invierno (fig. 26) acusan las situaciones de temperaturas registradas en el interior. Así, nótese que para la Vivienda Las Tejas se registra un pico en el consumo de energía para verano, habiendo sido esta vivienda la que registraba las temperaturas interiores más elevadas. Otra vivienda que necesita alto consumo energético para mantener el confort en verano es la vivienda Macha, cuyo comportamiento térmico en verano fue ya comentado (altas temperaturas interiores, factor de forma elevado, falta de aislación térmica).

FIG. 26. CONSUMOS DIARIOS DE ELECTRICIDAD PARA MANTENER CONFORT INTERIOR EN LAS VIVIENDAS ANALIZADAS, CON FACHADAS AL NORTE, PARA DÍAS TÍPICOS DE VERANO Y DE INVIERNO



El consumo más elevado para invierno se registra en la vivienda Los Troncos, que necesita en verano menos energía para mantener el confort que el resto de las UA. El menor consumo invernal se obtiene en la

vivienda Nueva Resistencia, por tratarse de una tipología de vivienda colectiva, en bloque, por lo que resulta mucho más resguardada que las situaciones de implantación en perímetro libre o entre medianeras.

FIG. 27. FLUCTUACIONES TÉRMICAS DIARIAS ESTIVALES EN LAS VIVIENDAS ANALIZADAS, CONSIDERANDO FACHADAS AL ESTE

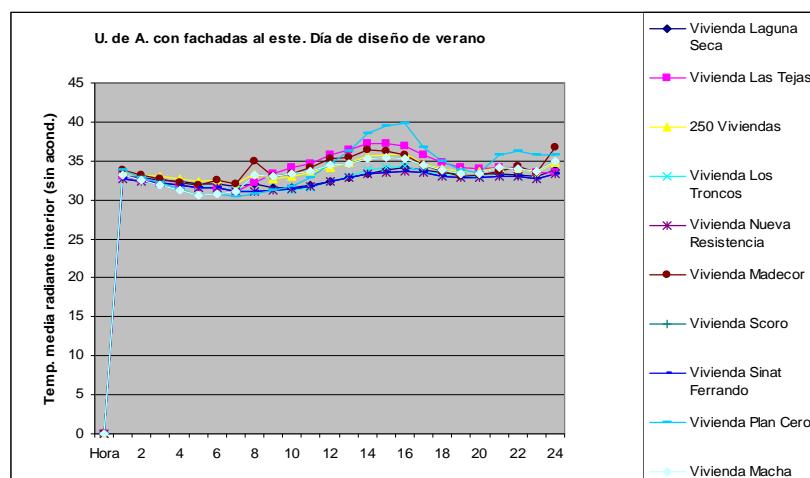


FIG. 28. FLUCTUACIONES TÉRMICAS DIARIAS INVERNALES EN LAS VIVIENDAS ANALIZADAS, CONSIDERANDO FACHADAS AL ESTE

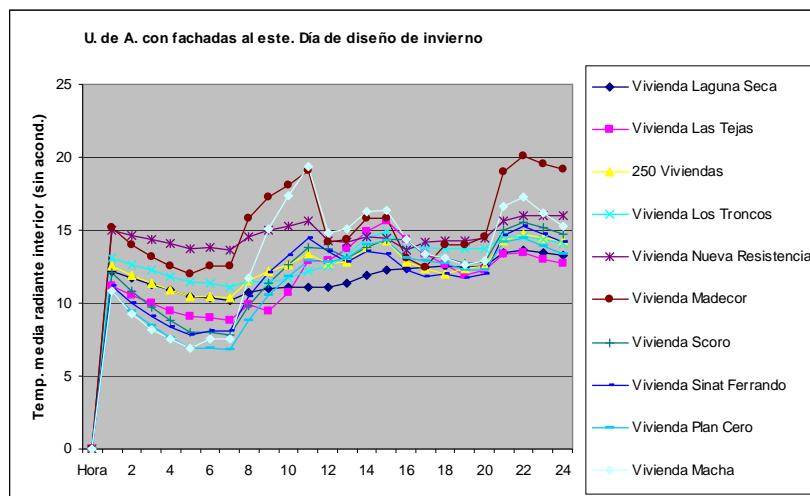


FIG. 29. CONSUMOS DIARIOS DE ELECTRICIDAD PARA MANTENER CONFORT INTERIOR EN LAS VIVIENDAS ANALIZADAS, CON FACHADAS AL ESTE, PARA DÍAS TÍPICOS DE VERANO Y DE INVIERNO

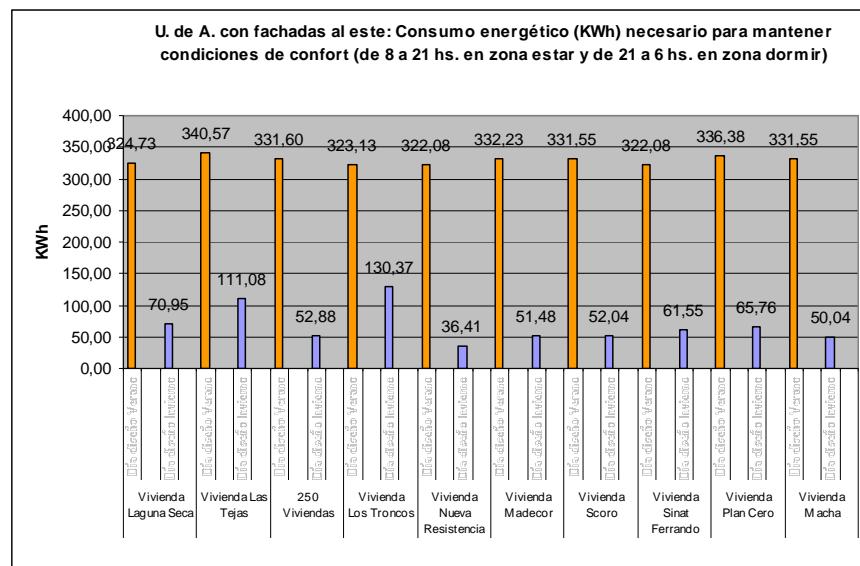


FIG. 30. FLUCTUACIONES TÉRMICAS DIARIAS ESTIVALES EN LAS VIVIENDAS ANALIZADAS, CONSIDERANDO FACHADAS AL SUR

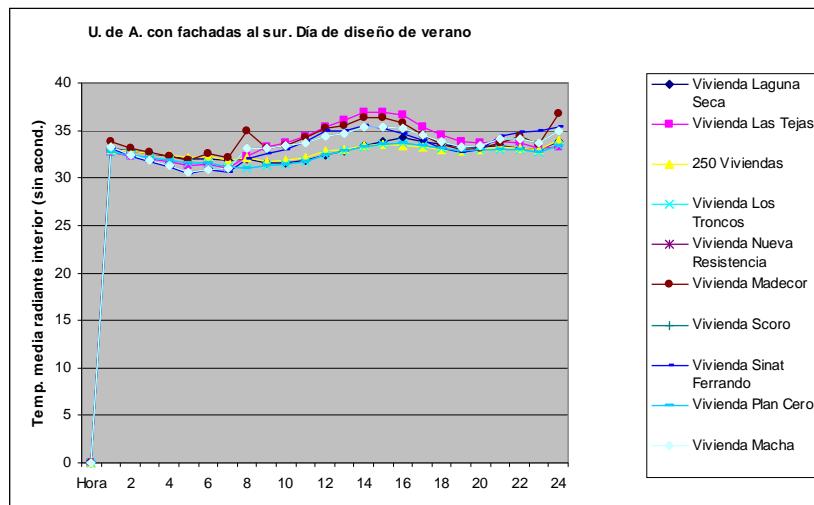


FIG. 31. FLUCTUACIONES TÉRMICAS DIARIAS INVERNALES EN LAS VIVIENDAS ANALIZADAS, CONSIDERANDO FACHADAS AL SUR

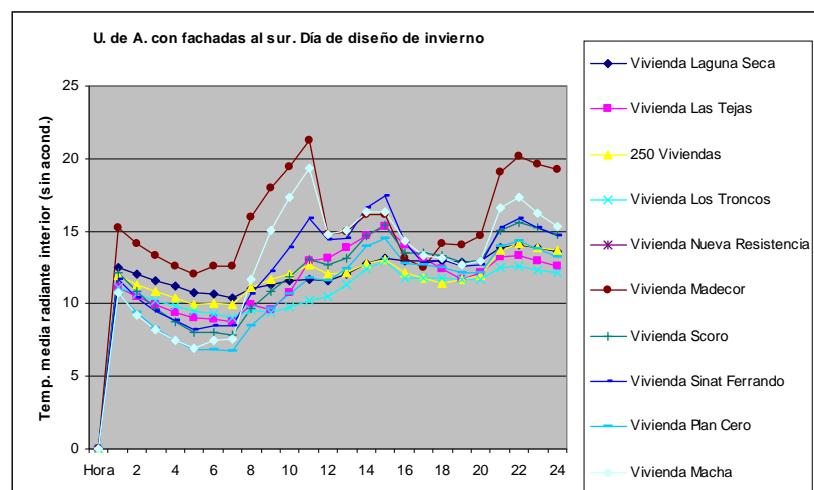


FIG. 32. CONSUMOS DIARIOS DE ELECTRICIDAD PARA MANTENER CONFORT INTERIOR EN LAS VIVIENDAS ANALIZADAS, CON FACHADAS AL SUR, PARA DÍAS TÍPICOS DE VERANO Y DE INVIERNO

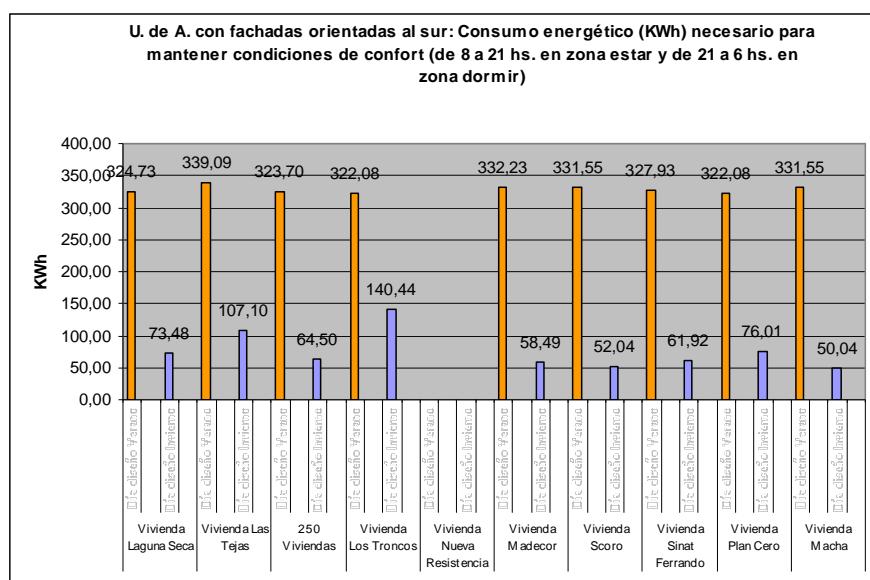


FIG. 33. FLUCTUACIONES TÉRMICAS DIARIAS ESTIVALES EN LAS VIVIENDAS ANALIZADAS, CONSIDERANDO FACHADAS AL OESTE

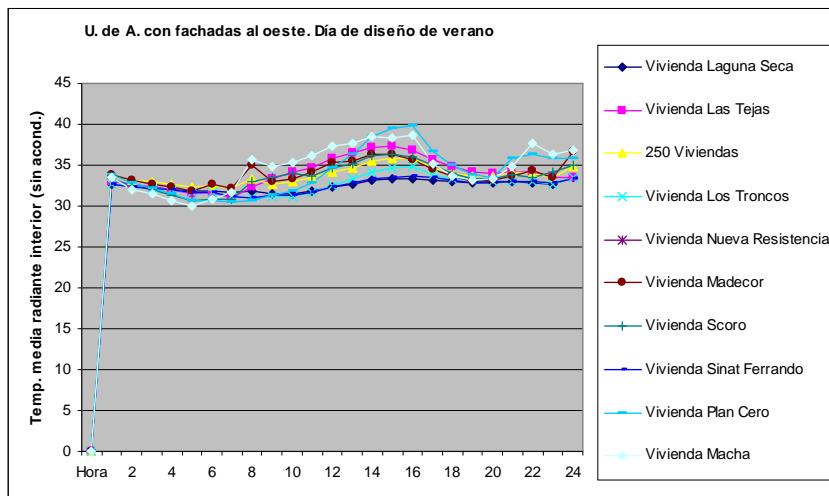


FIG. 34. FLUCTUACIONES TÉRMICAS DIARIAS INVERNALES EN LAS VIVIENDAS ANALIZADAS, CONSIDERANDO FACHADAS AL OESTE

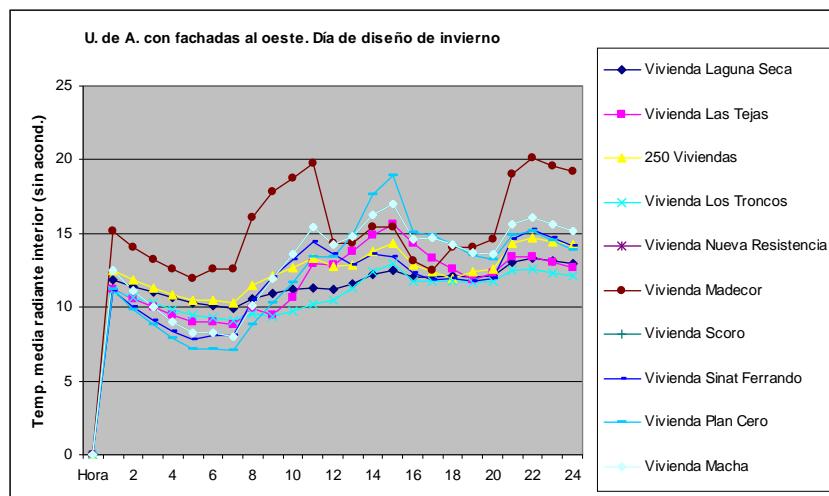
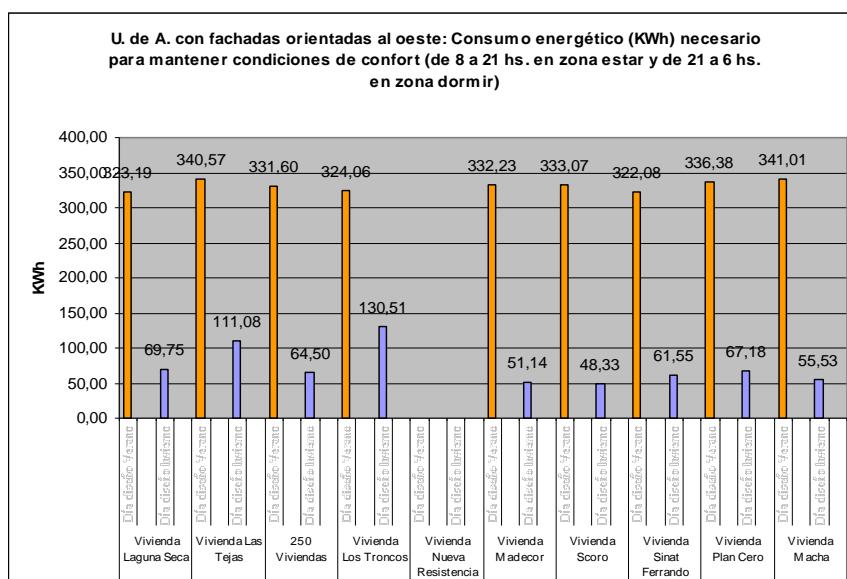


FIG. 35. CONSUMOS DIARIOS DE ELECTRICIDAD PARA MANTENER CONFORT INTERIOR EN LAS VIVIENDAS ANALIZADAS, CON FACHADAS AL OESTE, PARA DÍAS TÍPICOS DE VERANO Y DE INVIERNO



Continuando con las influencias de la orientación, las figuras 36 a 65 indican, para cada vivienda analizada, las fluctuaciones de la tmr y de la HR (humedad relativa interior) según las distintas orientaciones, teniendo como parámetro de comparación la evolución de la temperatura exterior y de la HR exterior, tanto para el día de diseño de verano como para el de invierno.

Para la vivienda "Laguna Seca" (figs. 36, 37 y 38), en general, tanto para la situación de invierno como para la de verano, las temperaturas interiores presentan una amplitud mucho menor que las exteriores. Los picos de temperatura interior se dan al mismo tiempo, es decir sin retraso, que en el exterior, debido a que en todas las simulaciones se consideró la situación de local abierto en el horario aproximado de 11 a 15hs., y para la situación de verano incluso este período de apertura de las carpinterías se prolongó hasta las 18 o 19hs., por lo que las temperaturas en estos horarios se igualan bastante interiormente.

La HR exterior es mayor para el día de diseño de invierno que para el de verano.

FIG. 36. FLUCTUACIONES DE TEMPERATURAS INTERIORES, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA "LAGUNA SECA"

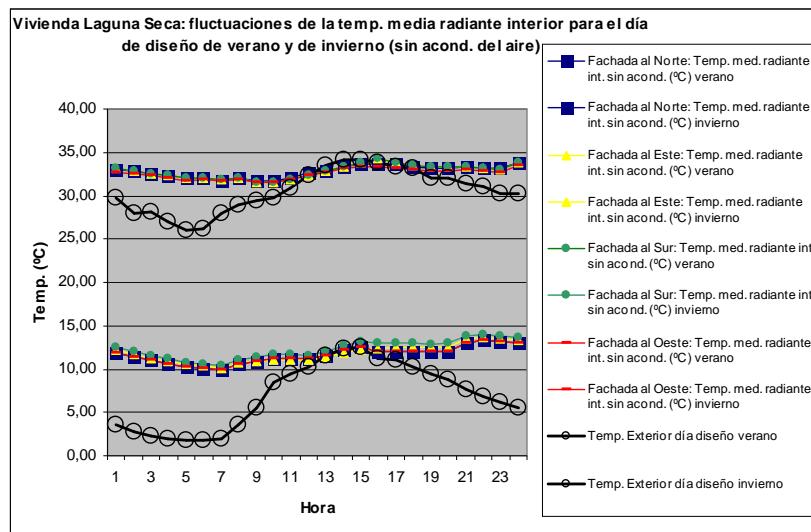
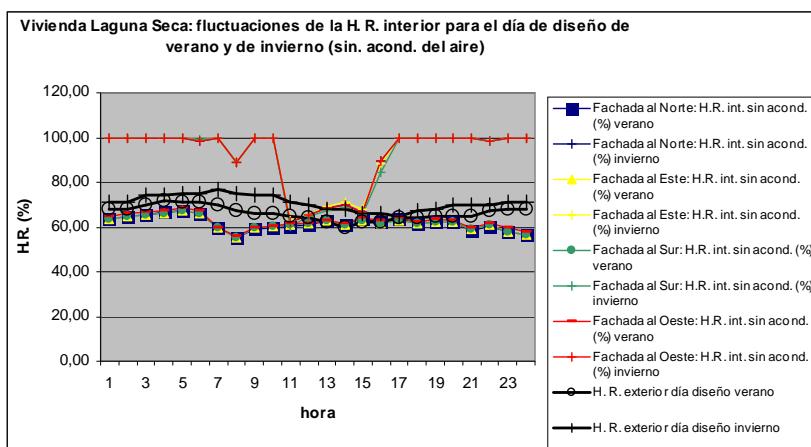


FIG. 37. FLUCTUACIONES DE HUMEDAD RELATIVA INTERIOR, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA "LAGUNA SECA"



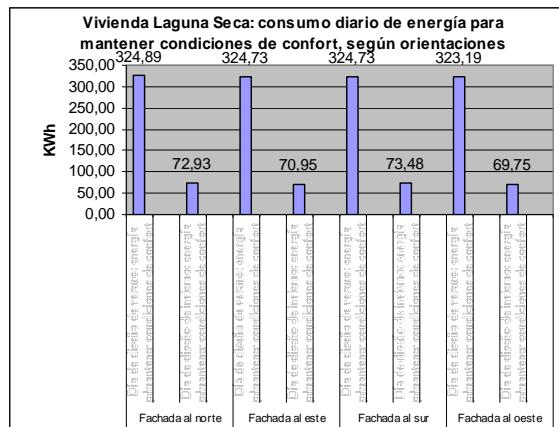
Partiendo de esta base, e independientemente de la orientación de la vivienda considerada, se observa que la HR interior para verano es levemente inferior a la HR exterior (recuérdese que también la tmr interior resulta 1 o 2º superior a la exterior).

En cambio para invierno, la HR interior es elevadísima, mucho mayor que la HR exterior, con bruscas variaciones (descensos) durante las horas de local abierto, que, según ya se explicó, se extiende desde las 10 u 11 hs. hasta las 15 hs. en invierno. Sólo durante estas horas la HR interior desciende y se sitúa en porcentajes por debajo de la HR exterior, pero durante el resto del tiempo se mantiene en porcentajes del 80 y 90%.

En el consumo energético de invierno, los menores consumos corresponden a las orientaciones de fachadas (lados menores) al Este y Oeste, probablemente por tratarse de las orientaciones que mayor

ganancia de calor generan considerando, como ya se mencionó, que por lo general, por las dimensiones de los terrenos, las fachadas son los lados menores de la construcción, en tanto que las medianeras son los lados mayores, entonces si la fachada se orienta al Este o al Oeste, los lados mayores quedan orientados al norte y al sur, que para este caso parece ser beneficioso desde el punto de vista de las ganancias de calor en invierno, que hacen que sea menor la cantidad de energía para mantener las condiciones de confort interior.

FIG. 38. CONSUMOS DIARIOS DE ELECTRICIDAD (EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO) PARA MANTENER CONFORT INTERIOR EN LA VIVIENDA LAGUNA SECA, SEGÚN DIFERENTES ORIENTACIONES



Para el caso de la vivienda "Las Tejas" (figs. 39, 40 y 41), con muros de ladrillo cerámico hueco tipo portante, sin revoque exterior, tanto para verano como para invierno, las temperaturas interiores se despejan bastante, siendo superiores (3 ó 4°C) con respecto a las exteriores. A diferencia del caso anterior, en que los picos máximos exteriores coincidían en valor absoluto con los picos máximos interiores, aquí el alejamiento de las curvas de temperaturas es bastante constante durante todo el día y nunca coincide o se superpone la curva de temperatura exterior con la interior, si bien la distancia disminuye en las horas de máxima (entre las 11 y las 15 hs.).

En el consumo energético de invierno, los menores consumos corresponden,矛盾地, con el caso anterior, a las orientaciones de fachadas al Norte y Sur, probablemente por tratarse de una tipología de vivienda en la que se da la excepción con respecto a las dimensiones de los lados del rectángulo: en ella los lados mayores no son los medianeros, sino los de fachada y contrafachada, por lo tanto, para las orientaciones de fachadas al norte y al Sur, son estos los lados de mayor superficie, y parece confirmarse la regla de que, sobre todo la orientación norte, es generadora de calor en invierno, reduciendo las necesidades de energía para lograr el confort interior.

Pero para la situación de verano, la fachada norte parece ser desfavorable, pues también otorga excesivas ganancias de calor.

FIG. 39. FLUCTUACIONES DE TEMPERATURAS INTERIORES, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA "LAS TEJAS"

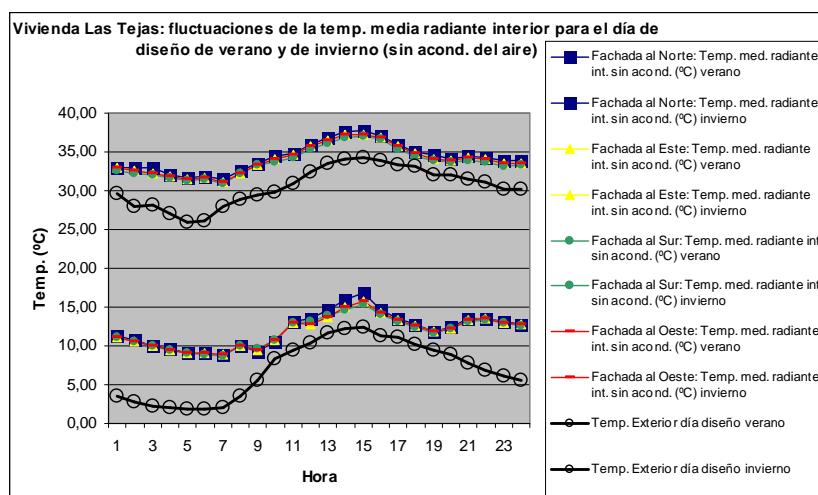


FIG. 40. FLUCTUACIONES DE HUMEDAD RELATIVA INTERIOR, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA "LAS TEJAS"

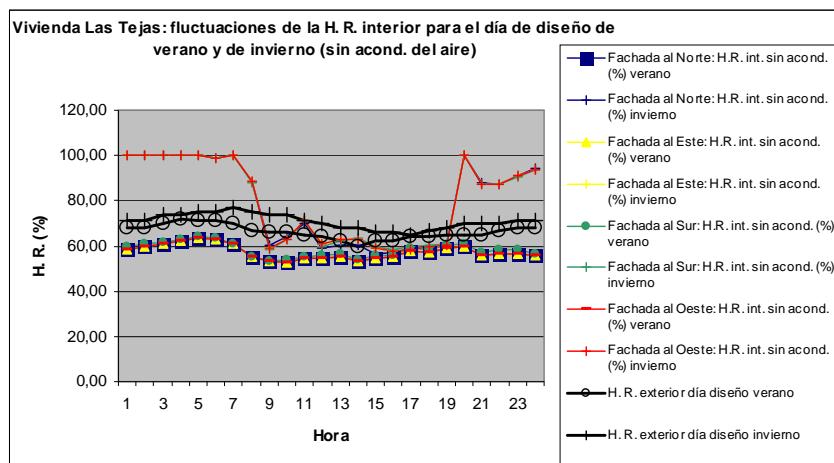
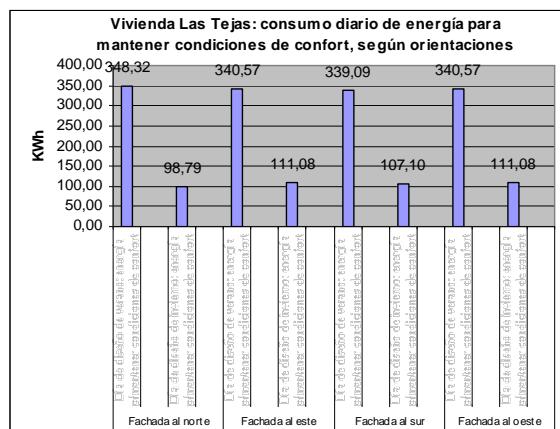
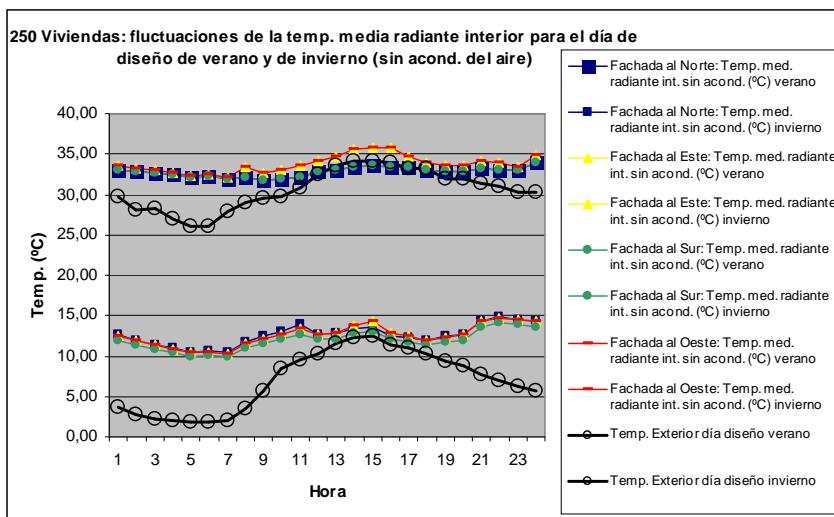


FIG. 41. CONSUMOS DIARIOS DE ELECTRICIDAD (EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO) PARA MANTENER CONFORT INTERIOR EN LA VIVIENDA "LAS TEJAS", SEGÚN DIFERENTES ORIENTACIONES



En la vivienda del barrio "250 viv." (figs. 42, 43 y 44), en el consumo energético de invierno, los menores consumos corresponden a las orientaciones de fachadas (lados menores) al Este y Oeste, probablemente porque los lados mayores quedan orientados al norte y al sur, que para este caso parece ser beneficioso desde el punto de vista de las ganancias de calor en invierno, que hacen que sea menor la cantidad de energía para mantener las condiciones de confort interior.

FIG. 42. FLUCTUACIONES DE TEMPERATURAS INTERIORES, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA "BARRIO 250 viviendas"



Pero en el consumo energético de verano, los mayores consumos, también registrados cuando las fachadas o lados menores se orientan al Este y Oeste, indican que las superficies grandes al norte, especialmente, son desfavorables para la estación cálida.

FIG. 43. FLUCTUACIONES DE HUMEDAD RELATIVA INTERIOR, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA "BARRIO 250 viviendas"

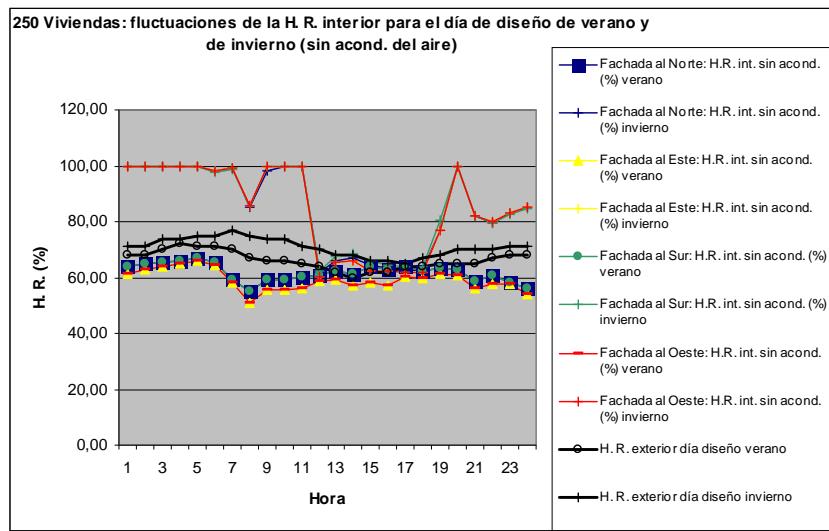


FIG. 44. CONSUMOS DIARIOS DE ELECTRICIDAD (EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO) PARA MANTENER CONFORT INTERIOR EN LA VIVIENDA "BARRIO 250 viviendas", SEGÚN DIFERENTES ORIENTACIONES

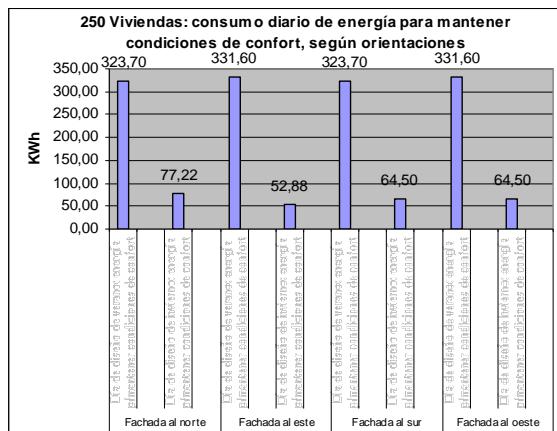


FIG. 45. FLUCTUACIONES DE TEMPERATURAS INTERIORES, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA "LOS TRONCOS"

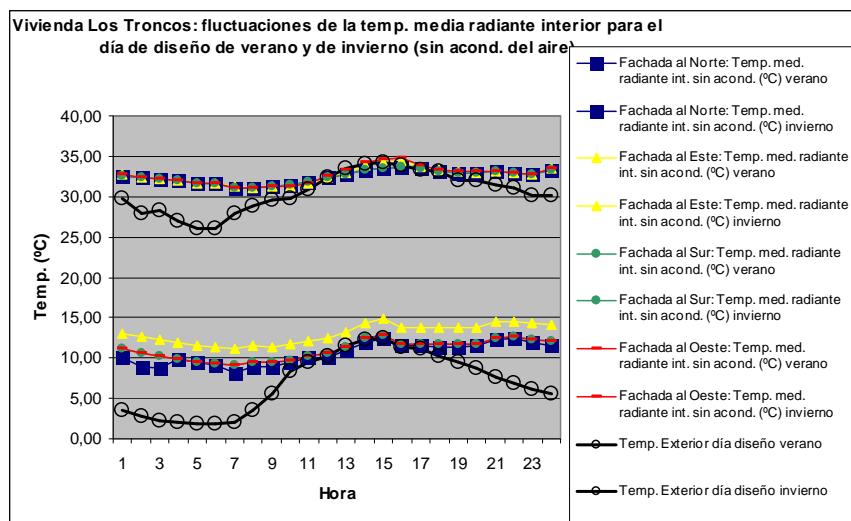


FIG. 46. FLUCTUACIONES DE HUMEDAD RELATIVA INTERIOR, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA "LOS TRONCOS"

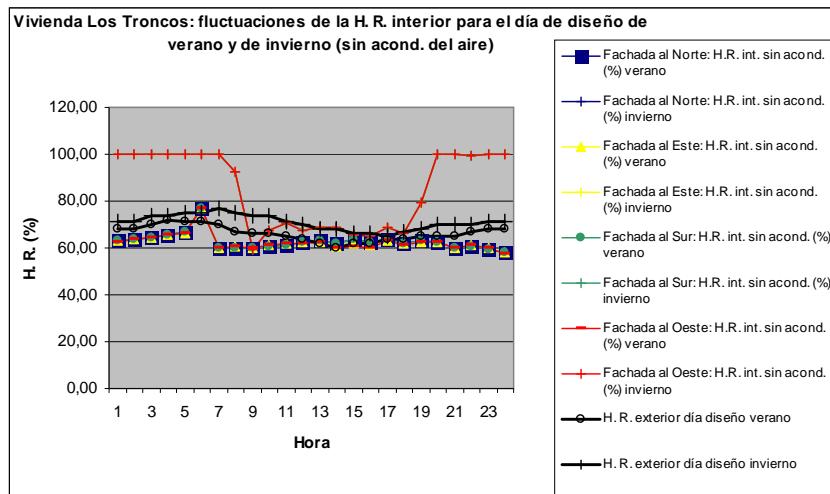
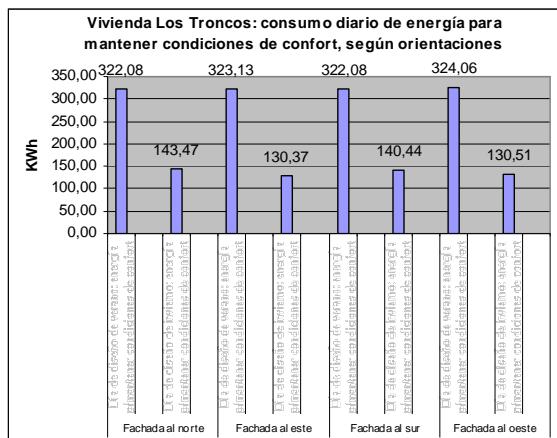
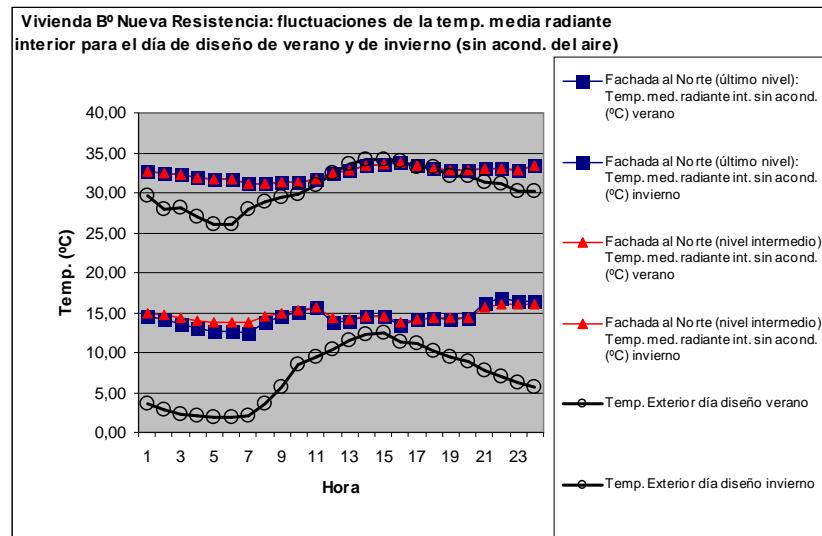


FIG. 47. CONSUMOS DIARIOS DE ELECTRICIDAD (EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO) PARA MANTENER CONFORT INTERIOR EN LA VIVIENDA "LOS TRONCOS", SEGÚN DIFERENTES ORIENTACIONES



En el caso de la Vivienda colectiva, en monoblock (Barrio Nueva Resistencia, figs. 48, 49 y 50), se hicieron simulaciones considerando sólo dos situaciones: la de la vivienda implantada en el último nivel del bloque, es decir cuyo techo limita directamente con el ambiente exterior y se materializa como una cubierta de chapa tradicional, y la de la vivienda situada en un nivel intermedio, con una vivienda debajo y otra arriba, es decir, sólo con dos lados de la envolvente lateral limitando con el exterior.

FIG. 48. FLUCTUACIONES DE TEMPERATURAS INTERIORES, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA EN MONOBLOCK



No se advirtieron diferencias sustanciales en cuanto a las temperaturas de verano y de invierno en uno y otro caso, aunque sí se observó que la curva de temperaturas diarias (tanto para el último nivel como para el intermedio) se mantiene bastante constante durante todo el día, a diferencia de las otras viviendas individuales verificadas, en que la curva oscila más y son más fácilmente advertibles los picos de temperaturas máximas y mínimas.

En este caso de vivienda colectiva las temperaturas parecieran amortiguarse mucho más, lo que podría deberse en gran medida a que la vivienda está mucho más resguardada de la intemperie.

FIG. 49. FLUCTUACIONES DE HUMEDAD RELATIVA INTERIOR, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA EN MONOBLOCK

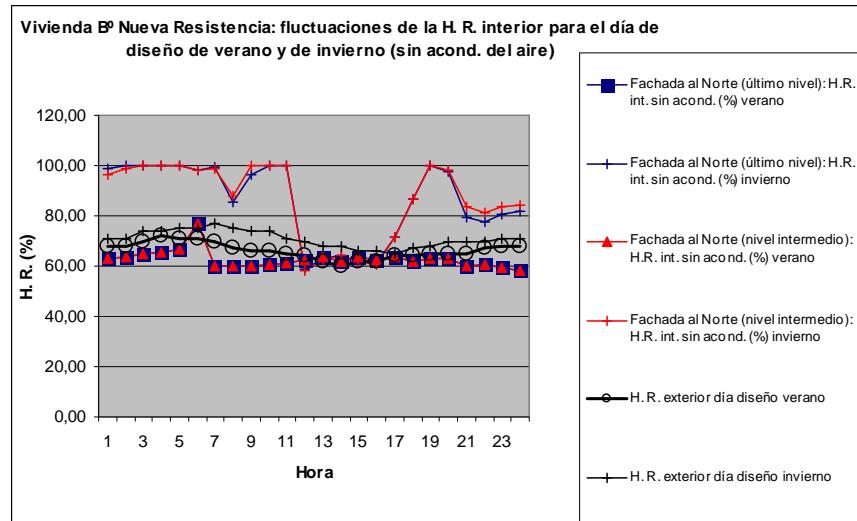
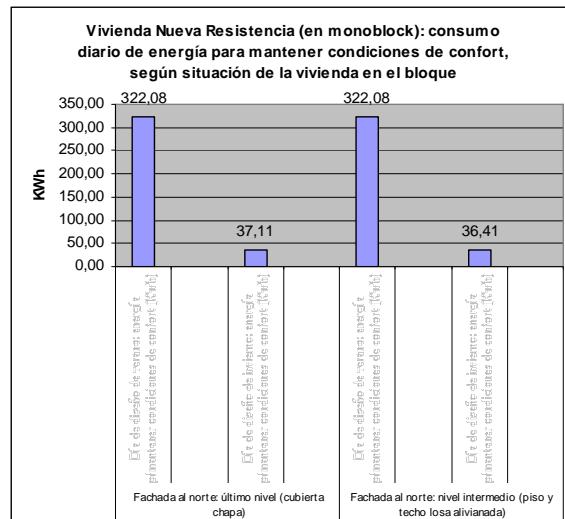


FIG. 50. CONSUMOS DIARIOS DE ELECTRICIDAD (EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO) PARA MANTENER CONFORT INTERIOR EN LA VIVIENDA EN MONOBLOCK, SEGÚN DIFERENTES ORIENTACIONES



Para el caso de la vivienda "Madecor" (figs. 51, 52 y 53), con envolvente lateral de panelería tipo sandwich, de $e=5\text{cm}$, con relleno de poliestireno expandido, aparentemente la tmr interior parece acompañar en forma constante la fluctuación de las temperaturas exteriores, sin retraso alguno, dada la liviandad del cerramiento. Tampoco parecería haber amortiguamiento alguno, y el hecho de que la curva de tmr interior se acerque a la curva de temperatura exterior en el horario de máxima en lugar de seguir la diferencia constante de 3 ó 4°C por encima de dicha temperatura exterior, se debe posiblemente a la influencia niveladora e igualadora de la apertura de vanos en esos horarios, que como ya se explicó, se consideró como un parámetro constante en todas las viviendas analizadas.

El alejamiento de la curva de tmr interior con respecto a la exterior se hace mayor para el día de diseño de invierno, en que la capacidad aislante del cerramiento de madera parece ejercer su influencia, siendo este alejamiento de unos 10°C, un poco mas del doble del alejamiento para el caso de verano. La curva de tmr interior sólo se acerca a la exterior en el horario de apertura de vanos, según lo ya explicado.

FIG. 51. FLUCTUACIONES DE TEMPERATURAS INTERIORES, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA "MADECOR"

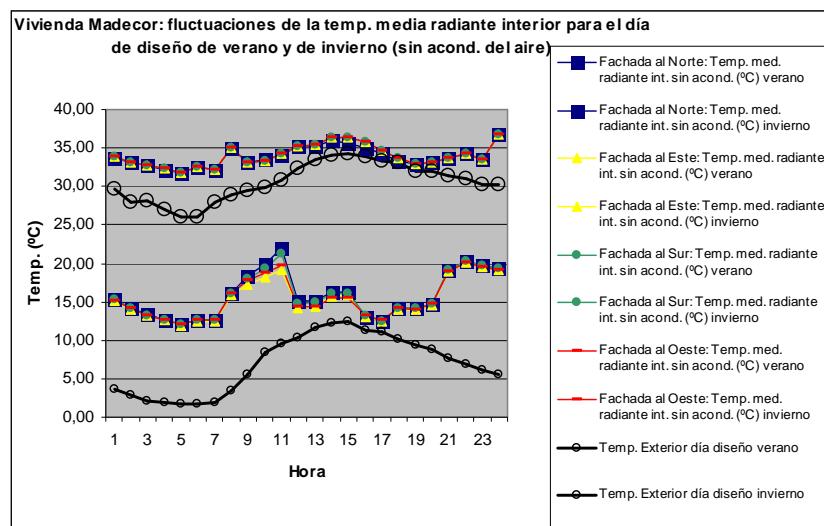
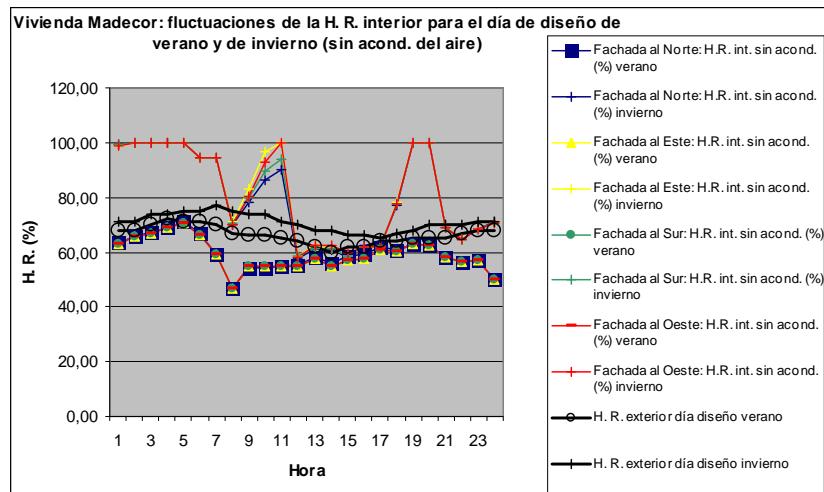
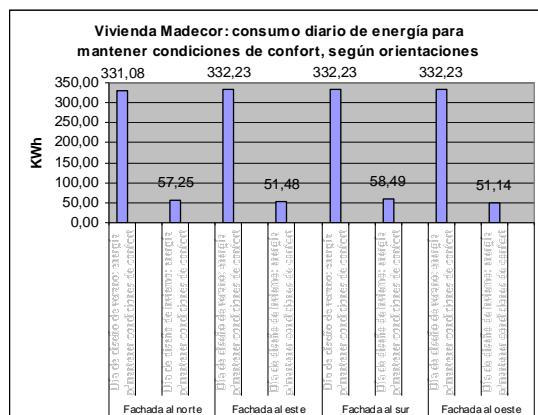


FIG. 52. FLUCTUACIONES DE HUMEDAD RELATIVA INTERIOR, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA "MADECOR"



No se advierten diferencias en cuanto a consumos energéticos para verano según las distintas orientaciones. Para invierno existe un leve incremento en el consumo energético para las orientaciones Norte y Sur de Fachada, que en el caso de esta tipología de vivienda, son las de mayor superficie.

FIG. 53. CONSUMOS DIARIOS DE ELECTRICIDAD (EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO) PARA MANTENER CONFORT INTERIOR EN LA VIVIENDA "MADECOR", SEGÚN DIFERENTES ORIENTACIONES



Para el caso de la vivienda "Scoro" (figs. 54, 55 y 56), cuya planta tiene proporciones cuadradas, los mayores consumos energéticos para verano corresponden a las orientaciones de fachada al norte y al

oeste, por lo que parecerían ser las más desfavorables. Sin embargo, esta superioridad de consumos energéticos son leves, es decir que no se advierte un incremento muy significativo en el consumo para ninguna de las orientaciones.

FIG. 54. FLUCTUACIONES DE TEMPERATURAS INTERIORES, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA "SCORO"

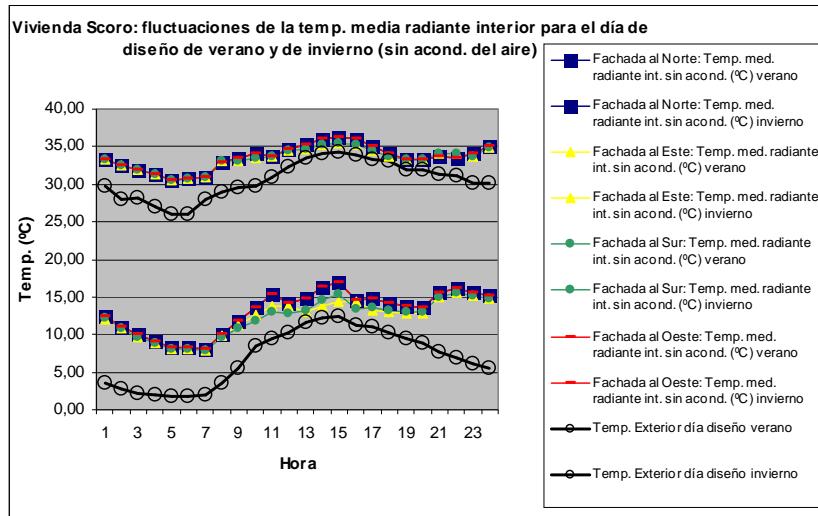


FIG. 55. FLUCTUACIONES DE HUMEDAD RELATIVA INTERIOR, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA "SCORO"

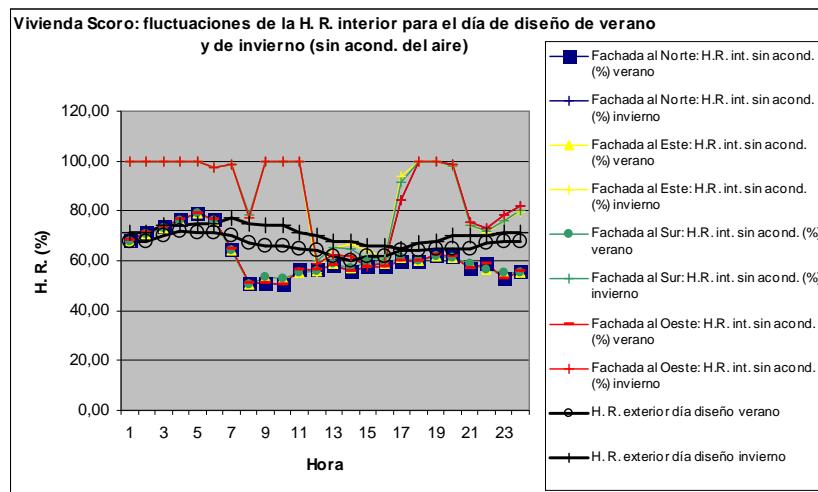
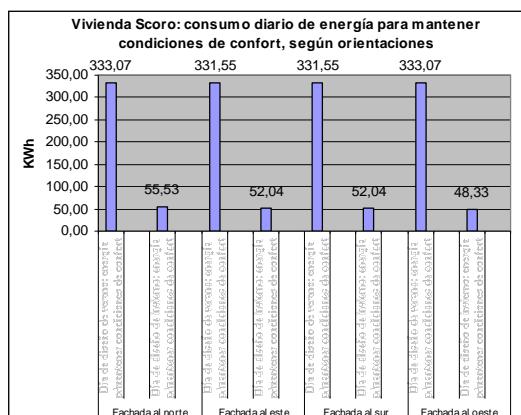


FIG. 56. CONSUMOS DIARIOS DE ELECTRICIDAD (EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO) PARA MANTENER CONFORT INTERIOR EN LA VIVIENDA "SCORO", SEGÚN DIFERENTES ORIENTACIONES



Para el caso de la vivienda "Sinat Ferrando" (figs. 57, 58 y 59), con envolvente de panelería de madera tipo sandwich ($e=5\text{cm.}$), con relleno de aislante térmico (lana de vidrio), se verifica una excepción con respecto a

lo ya comentado con respecto a la influencia de la morfología y de la orientación (referida a que los lados o superficies mayores orientadas al norte eran las que mayores trm acusaban, con fachadas o lados menores al este y oeste), ya que siendo su planta de proporciones rectangulares muy acentuadas, las orientaciones de fachada (lados menores) al norte y al sur, quedando entonces los lados mayores orientados al este y al oeste, son los que acusan las trm interiores más altas, tanto para la situación de invierno como para la de verano, con la diferencia de que para verano la situación implica un mayor consumo energético, y para invierno representa un beneficio.

FIG. 57. FLUCTUACIONES DE TEMPERATURAS INTERIORES, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA "SINAT FERRANDO"

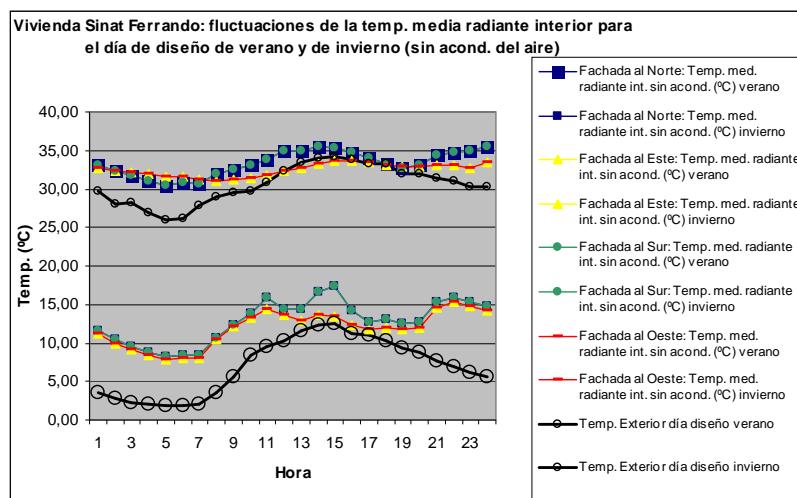


FIG. 58. FLUCTUACIONES DE HUMEDAD RELATIVA INTERIOR, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA "SINAT FERRANDO"

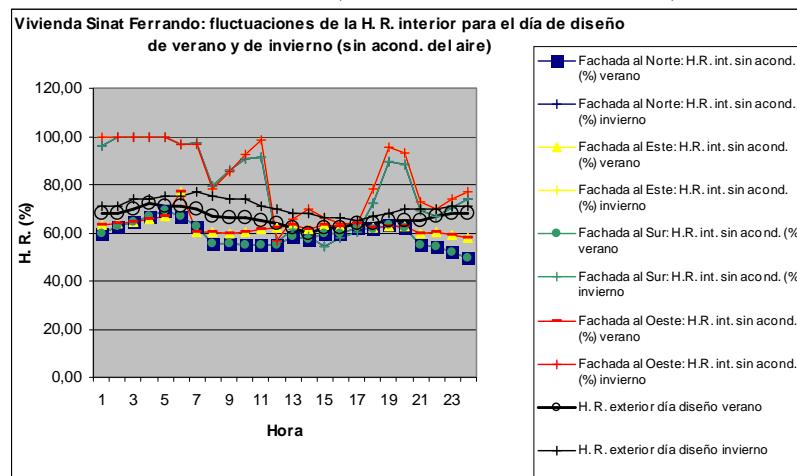
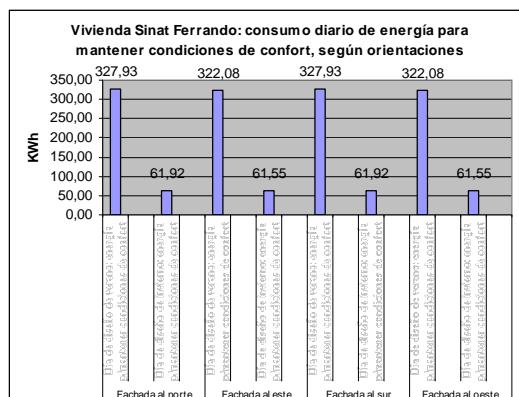


FIG. 59. CONSUMOS DIARIOS DE ELECTRICIDAD (EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO) PARA MANTENER CONFORT INTERIOR EN LA VIVIENDA "SINAT FERRANDO", SEGÚN DIFERENTES ORIENTACIONES



Para el caso de la vivienda "Plan Cero" (figs. 60, 61 y 62), de planta de proporciones rectangulares y con envolvente lateral materializada mediante una delgada hoja de machimbre de madera de quebracho ($e=3\text{cm.}$) se verifica la constante ya registrada en las otras viviendas, referida a que las trm interiores alcanzan valores más elevados cuando los lados mayores de la vivienda se orientan al norte y sur, es decir que los lados menores, en este caso la fachada y contrafachada, quedan orientados al este y oeste. La orientación norte pareciera ser desfavorable para verano, aunque favorable para invierno, especialmente debido a la franja horaria en que recibe gran cantidad de radiación solar (el mediodía), en que las temperaturas exteriores están en su nivel máximo.

FIG. 60. FLUCTUACIONES DE TEMPERATURAS INTERIORES, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA "PLAN CERO"

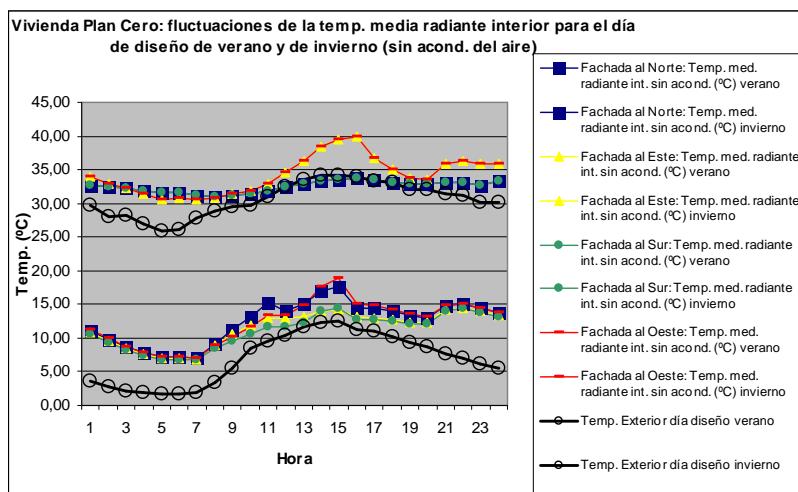


FIG. 61. FLUCTUACIONES DE HUMEDAD RELATIVA INTERIOR, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA "PLAN CERO"

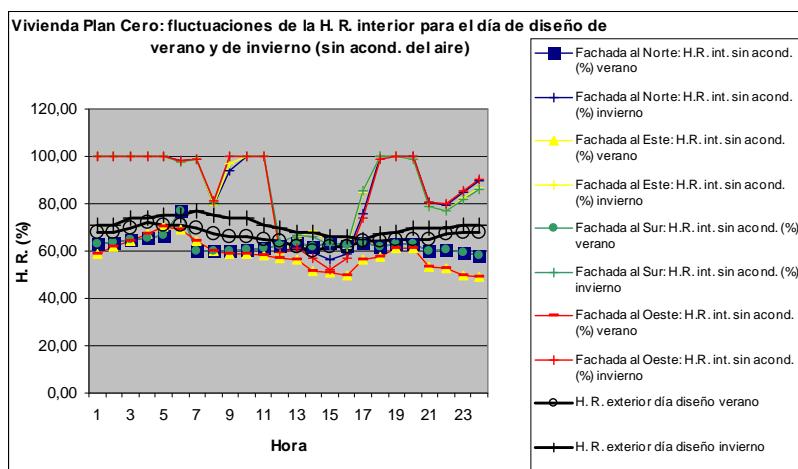


FIG. 62. CONSUMOS DIARIOS DE ELECTRICIDAD (EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO) PARA MANTENER CONFORT INTERIOR EN LA VIVIENDA "PLAN CERO", SEGÚN DIFERENTES ORIENTACIONES

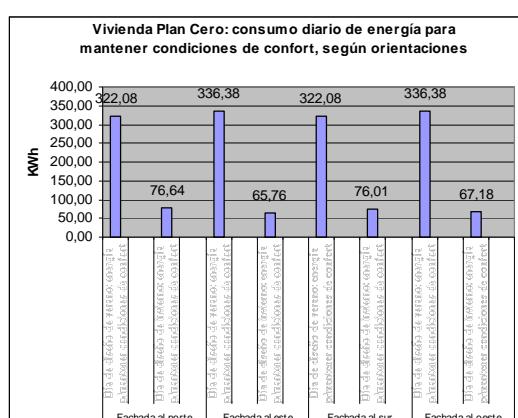


FIG. 63. FLUCTUACIONES DE TEMPERATURAS INTERIORES, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA "MACHA"

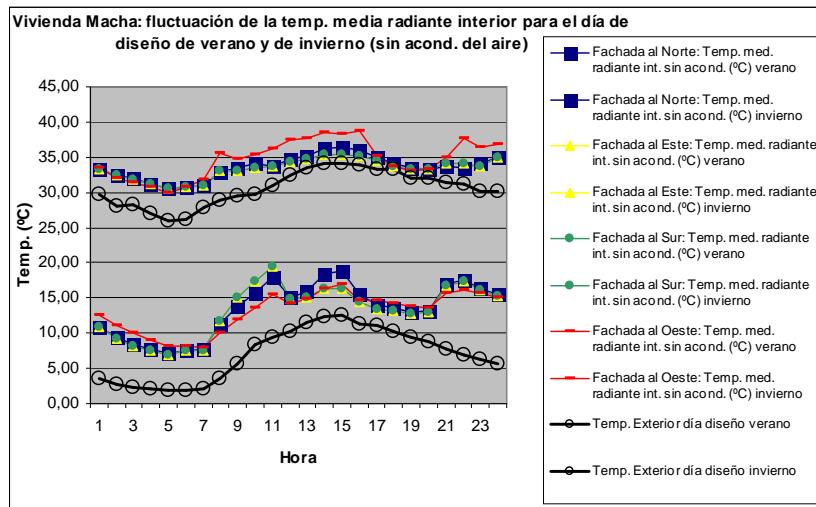


FIG. 64. FLUCTUACIONES DE HUMEDAD RELATIVA INTERIOR, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, PARA LA VIVIENDA "MACHA"

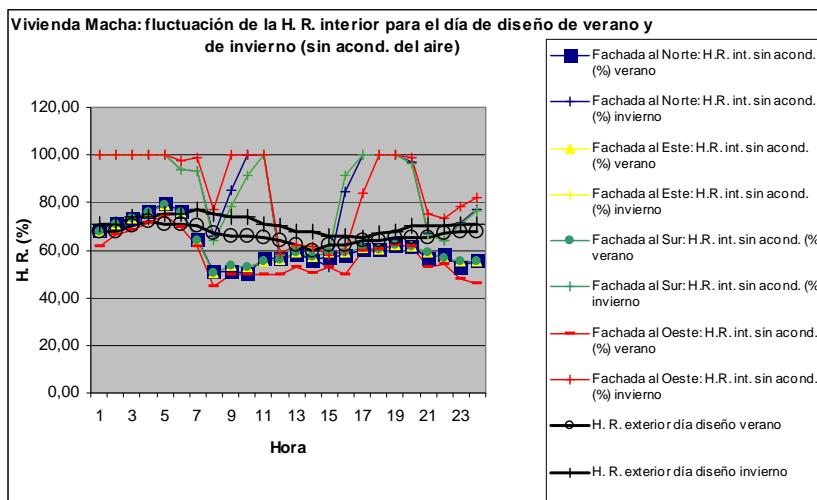
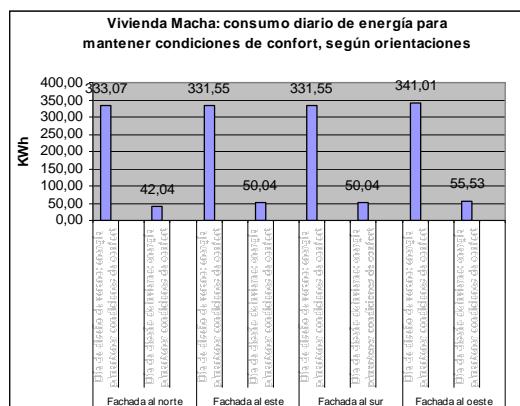


FIG. 65. CONSUMOS DIARIOS DE ELECTRICIDAD (EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO) PARA MANTENER CONFORT INTERIOR EN LA VIVIENDA "MACHA", SEGÚN DIFERENTES ORIENTACIONES

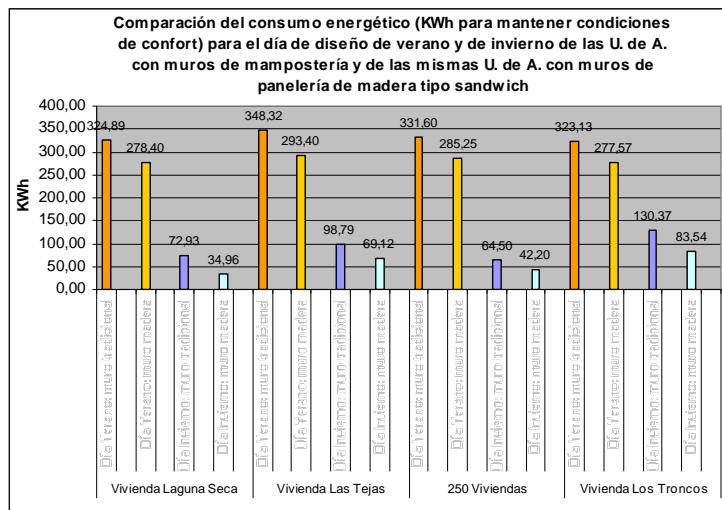


Resultados en relación con la influencia del material de la envolvente

Debido a que comparando los consumos de energía por unidad de superficie de todas las viviendas analizadas no pudo llegar a establecerse un patrón de comportamiento que caracterice al comportamiento termo energético dado por el uso de un material como la madera en la constitución de la envolvente lateral de las viviendas, en lugar del uso de la mampostería tradicional de bloques o ladrillos cerámicos o de hormigón, se resolvió realizar la simulación computacional nuevamente para las cuatro (4) viviendas de

envolvente tradicional de mampostería (Laguna Seca, Las Tejas, 250 Viviendas y Los Troncos) pero reemplazando dicha mampostería tradicional por un panel de madera diseñado (el mismo para todos los casos), con lo que se pudo comparar prototipos en idéntica situación, tan sólo variando la resolución constructiva de la envolvente lateral vertical. Así **se observó que para la situación de enfriamiento, el sistema constructivo que parece más adecuado (el que requiere menor cantidad de energía para enfriamiento en verano) es el de madera, que requiere un 15 % menos de energía que el de mampostería** (fig. 66).

FIG. 66. CONSUMOS ELÉCTRICOS PARA CLIMATIZACIÓN ARTIFICIAL PARA EL CONFORT INTERIOR, EN DÍA DE INVIERNO Y DE VERANO, DE LAS VIVIENDAS ANALIZADAS: comparación entre consumos con los muros reales relevados y con los muros propuestos de panelería de madera



Es necesario aclarar que el panel de madera diseñado con que se reemplazó en la simulación a la mampostería tradicional tiene incorporado como aislante térmico al poliestireno expandido, y si bien los consumos energéticos de cada prototipo simulado de madera con esta aislación comparativamente disminuyen, los costos de mercado de la envolvente se incrementan por la presencia de la misma, por lo que sería pertinente la realización de un estudio comparativo de los prototipos analizados, de tipo costo – beneficio – amortización de mayor costo inicial frente a ahorro en consumo energético.

Además resta todavía encarar el análisis de contenido energético del panel de madera en comparación con la mampostería tradicional a lo largo de todo el CICLO DE VIDA, ya que los resultados hasta aquí obtenidos solamente indican algunos parámetros que demuestran las ventajas del uso de la panelería de madera en la materialización de la envolvente de las viviendas, por el ahorro de energía eléctrica demandada para acondicionar los ambientes interiores en ETAPA DE USO.

Sería interesante determinar la rentabilidad económica que produce el ahorro de energía obtenido usando medidas de conservación de energía (y uso de materiales de menor impacto ambiental a lo largo de todo su ciclo de vida, como la madera), frente al costo que estas técnicas demandan.

Resultados en relación con la influencia de la morfología (factor de forma)

Parecería existir correlación entre las Temperaturas Interiores y el Factor de Forma y la constitución de la envolvente, en el sentido de que al aumentar el factor de forma (vivienda más abierta, de mucha extensión de la superficie envolvente con respecto al volumen interior delimitado) y el coeficiente de absorción de radiación del material exterior de la envolvente, aumentan también las *trm* interiores y por lo tanto es mayor la energía necesaria para mantener el confort en verano, aunque también son menores las pérdidas de calor en invierno.

Para tener en cuenta el efecto del factor de forma de las viviendas, en las simulaciones en que se efectuó el reemplazo de las mamposterías originales de los prototipos por el panel de madera tipo sandwich propuesto (de modo que las únicas diferencias que podrían actuar como elementos determinantes de las diferencias en las fluctuaciones de la *trm* interior fueran la materialización de las cubiertas y el factor de forma, ya que casi todo lo demás fue unificado) se observó (fig. 67) que la vivienda Las Tejas presenta los mayores valores de *trm* interior, siendo, de las viviendas tradicionales consideradas, la de mayor valor de factor de forma (1,06). Le sigue en valores de *trm* interiores la tipología de las 250 Viviendas, que coincidentemente

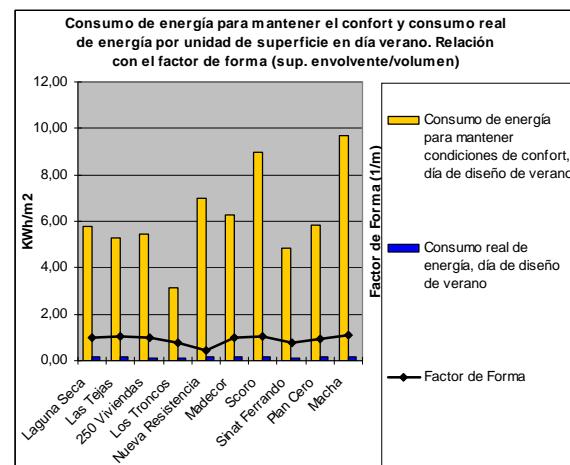
tiene un factor de forma menor (0,98), en tanto que las curvas de trm interiores de menores valores corresponden a las viviendas Laguna Seca y Los Troncos, que son las dos tipologías dúplex consideradas, con un valor de factor de forma de 0,98 y 0,78, respectivamente.

Con esto se refuerza la hipótesis de que cuanto mayor sea el factor de forma o relación entre la superficie de la envolvente y el volumen total delimitado por dicha envolvente, mayores serán las trm interiores para verano, con lo que se incrementan también los consumos de energía para mantener el confort.

Análogas consideraciones pueden efectuarse para la situación de invierno: también cuanto mayor es el factor de forma, mayores son las trm interiores, pero en el caso de invierno esto representa una ventaja, ya que al elevarse las temperaturas interiores se acercan más a la temperatura de confort, requiriéndose entonces menor cantidad de energía para lograr dichas condiciones de habitabilidad interiores fijadas.

Se trata entonces de compatibilizar y analizar las situaciones de invierno y de verano, y determinar a cuál corresponde darle prioridad para nuestra zona bioclimática. Sin lugar a dudas, la estación crítica en términos de consumos de energía es el verano.

FIG. 67. CONSUMOS DIARIOS DE ELECTRICIDAD PARA MANTENER CONFORT INTERIOR Y CONSUMOS REALES, EN DÍA ESTIVAL, POR UNIDAD DE SUPERFICIE DE LAS VIVIENDAS: relación con el factor de forma



Los análisis efectuados permiten afirmar que los factores de mayor incidencia en el consumo energético son la orientación, el material constitutivo de la envolvente de la vivienda y la compacidad (factor de forma).

El consumo de electricidad, tanto el real (registrado por la empresa facturadora del consumo eléctrico) como el simulado para lograr el confort interior, aumenta en verano principalmente por el uso de ventiladores y equipos de aire acondicionado. La mayor necesidad de acondicionamiento térmico se produce en verano, ya que el consumo energético de invierno es aproximadamente un 80% menor que el de verano.

Los resultados obtenidos determinan el grado de déficit de las tipologías analizadas en cuanto a consumos reales de energía (mucho menores a los necesarios para el confort, por lo que se presupone que se ha aceptado por parte de la población el desconfort térmico dentro de las viviendas como hecho habitual), y a su vez comparando estos últimos con estándares internacionales y con estimaciones globales del impacto que producen en el consumo energético anual del sector residencial.

Todas las tipologías acusan consumos de energía anual para el confort por unidad de superficie iguales a ocho o nueve veces más que el más alto de los estándares de referencia. De ello se desprende la necesidad de encarar serios estudios que contribuyan a hacer un uso más eficiente de la energía, no sólo a través de la elección acertada de los materiales constitutivos de la envolvente, sino a través del estudio de posibilidades de lograr potenciales ahorros en los otros rubros de la estructura del consumo eléctrico residencial.

Con los datos de los consumos de energía para mantener el confort por unidad de superficie y por día, de verano y de invierno, se calculó el índice anual de consumo de energía por unidad de superficie, que, según se comentó precedentemente, resultó ocho o nueve veces superior al más alto permitido por los estándares internacionales¹⁶, tomados como referencia a efectos de dar una idea global de las situaciones en que nos encuadramos.

Al reemplazar los muros de mampostería tradicional por la panelería de madera propuesta, el índice anual de consumo energético para mantener el confort por unidad de superficie se redujo casi un 21% con respecto a la situación original (figs. 68 y 69).

¹⁶ Los consumos de energía por unidad de superficie de cada tipología analizada se comparan con tres estándares internacionales, a los efectos de obtener una valoración relativa de los mismos. Los estándares de referencia son:

Edificio moderno (MB): con 150 kWh/m² año

Edificio de bajo consumo (LEB): con 50 kWh/m² año

Edificio de consumo súper bajo (SLEB): 25 kWh/m² año

Si este índice anual de ahorro se multiplica por el período de vida útil para el que las viviendas son proyectadas, que se fijó en cuarenta (40) años, se tiene un ahorro, referido a todo el período que representa el USO de la vivienda, en cuanto a energía eléctrica para mantener el confort, de ese 21%.

Si a este porcentaje de ahorro en energía eléctrica para acondicionamiento del aire a niveles de confort, simplemente mediante el uso de materiales de mejor rendimiento termo energético, como se ha verificado la madera, se le agrega el potencial de ahorro que se obtendría aprovechando más la iluminación natural mediante el diseño de aberturas, mejorando y optimizando la influencia del factor de forma, seguramente el porcentaje de ahorro sería aún más impactante, especialmente si se tiene en cuenta lo que este porcentaje de ahorro en energía eléctrica significa en términos de reducción de emisiones contaminantes al ambiente.

Es cierto también que todas estas implementaciones de medidas de URE son de costo de mercado cero, salvo algunas de ellas como la implementación de tecnologías no siempre bien difundidas, aprovechadas y explotadas, como la madera, en nuestro medio.

FIG. 68. CONSUMOS DIARIOS DE ELECTRICIDAD PARA MANTENER CONFORT INTERIOR), POR UNIDAD DE SUPERFICIE DE LAS VIVIENDAS

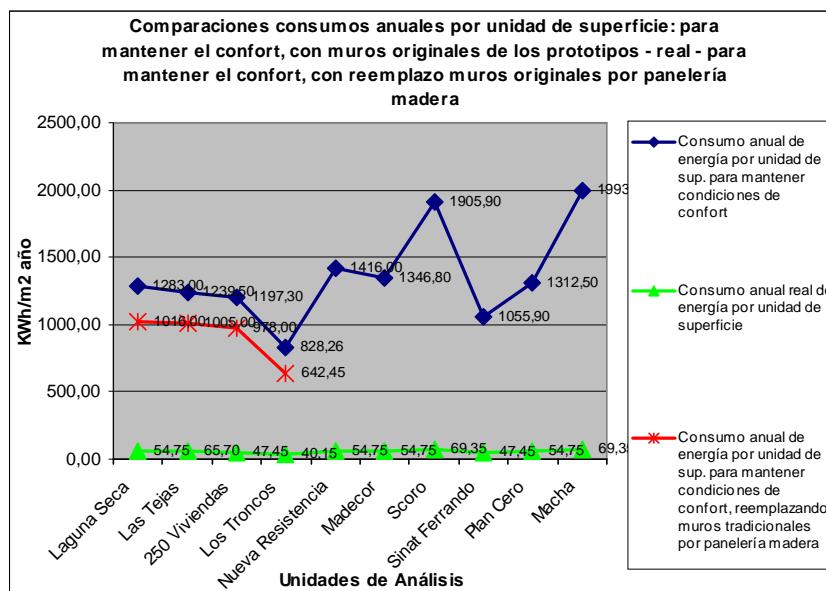
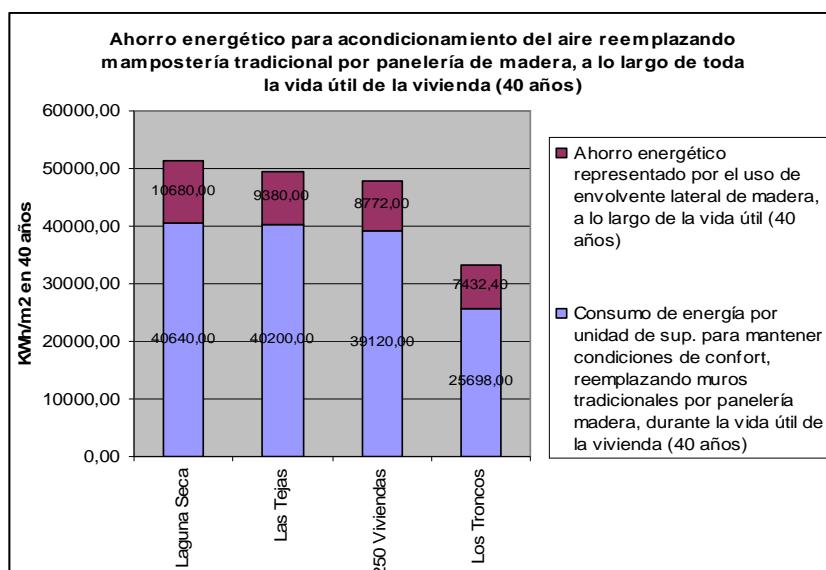


FIG. 69. CONSUMOS DIARIOS DE ELECTRICIDAD PARA MANTENER CONFORT INTERIOR), POR UNIDAD DE SUPERFICIE DE LAS VIVIENDAS



V. DESEMPEÑO ENERGÉTICO DE MUROS DE LAS VIVIENDAS EN SU "CICLO DE VIDA": Comparación entre paneles de madera y muros de mampostería

El "Análisis de Ciclo de Vida" (ACV) según Norma ISO 14.040 aplicado a muros de las viviendas analizadas

El contenido energético de los edificios puede representar varias veces el consumo energético anual debido a su operación, sobre todo en edificios eficientes; por lo tanto, elegir materiales que requieran menos energía para su producción resultaría muy significativo ambientalmente. Pero el consumo energético no es el único factor que caracteriza ambientalmente un edificio: hay otros factores, cuya dependencia de los materiales elegidos y de las decisiones proyectuales son muy complejas (Arena, 1999). El análisis de ciclo de vida es un concepto y una metodología suficientemente flexible para poder obtener conclusiones válidas que puedan dar indicaciones realistas para mejorar el proyecto de un edificio.

En el presente trabajo se utilizó el método del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para la identificación de materiales con menor impacto ambiental: se trató de conocer cuáles son las ventajas y desventajas ambientales y energéticas del uso de panelería de madera de bosques cultivados y con manejo sustentable (certificado) de la región Nordeste de Argentina (NEA) en lugar de ladrillos comunes de fabricación artesanal en los obrajes de los bañados Norte y Sur de la ciudad de Corrientes, para la construcción de muros en prototipos de vivienda ubicadas en las localidades de Corrientes y Resistencia.

Ya que no hay un solo método para dirigir los estudios de ACV, es un intento de este trabajo operar con la flexibilidad suficiente como para implementar en forma práctica la secuencia metodológica de ACV estipulada en la norma ISO 14.040.

Conforme a ello, se exponen los planteos metodológicos y resultados preliminares de los análisis en ambos tipos de materiales y su potencial para ofrecer condiciones ambientales adecuadas en viviendas de interés social.

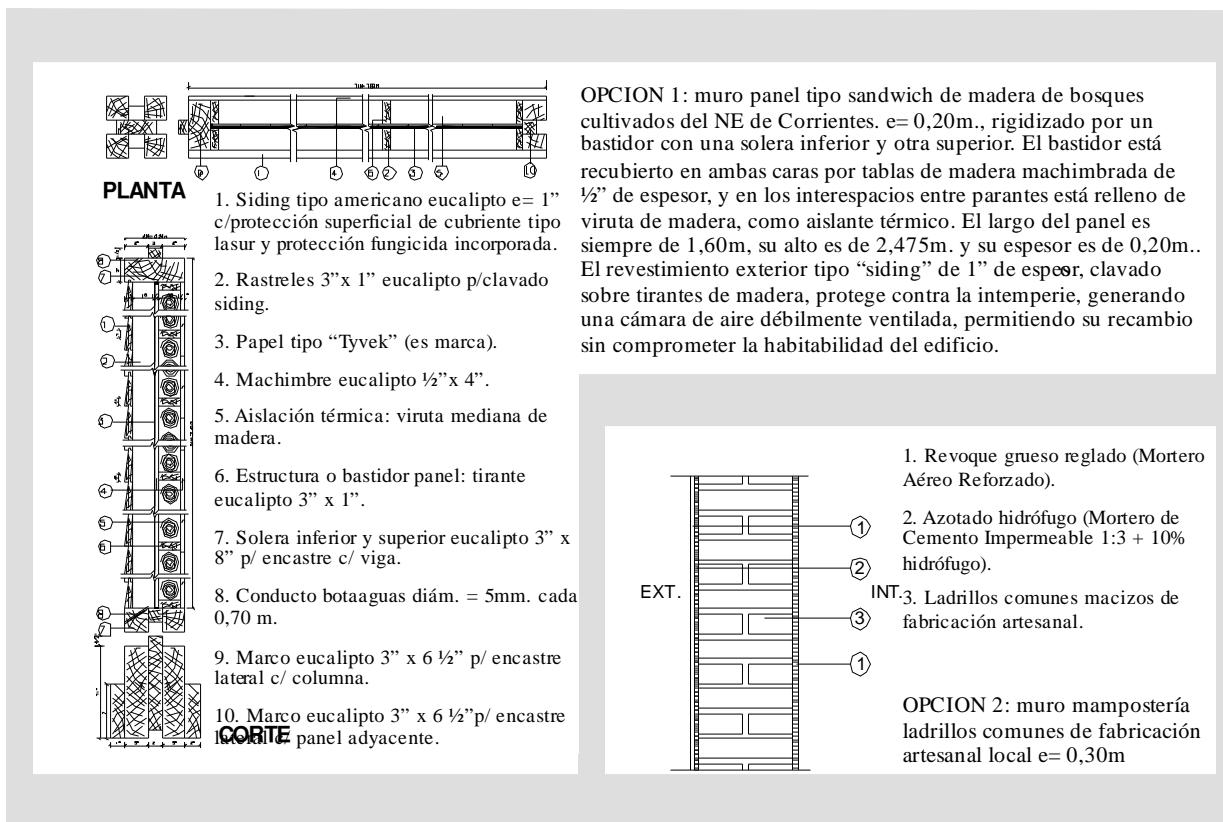
Definición de objetivos y alcance. Definición del sistema

Definición del sistema: la Unidad Funcional que se usó en este estudio se define como el impacto ambiental producido por la construcción de los muros perimetrales de un edificio (de superficie 102,40m²) de vivienda¹⁷, de vida útil estimada en cuarenta (40) años, comprendiendo los consumos de energía para refrigeración de las viviendas durante el período estival que se producen durante su vida útil (así se incorpora la fase de uso de la vivienda en el análisis). No se incluyeron en el análisis todos los demás componentes de las viviendas (fundaciones, techos, carpinterías, pisos, etc.), ya que son idénticos en los dos casos comparados.

¹⁷ Aliás, H. M. y Jacobo, G. J. (2001). *Maderas y Sistemas Constructivos en Madera en el NEA. Sus Patologías. Acciones Preventivas y Correctivas en el Diseño, Ejecución y Uso*. (I.T.D.A.Hu. - Facultad de Arquitectura y Urbanismo). Informe Final Beca Secretaría General de Ciencia y Técnica. Universidad Nacional del Nordeste. (...) Se trata de una vivienda de interés social diseñada para el NEA, mediante el uso de la madera de bosques cultivados del NEA como material constitutivo básico y las técnicas industrializadas en la resolución de la casi totalidad de los rubros de obra. El diseño de la vivienda es resultado del proyecto *Maderas y Sistemas Constructivos en Madera en el NEA. Sus Patologías: Acciones Preventivas y Correctivas en el Diseño, Ejecución y Uso*, llevado a cabo en el ITDAHu, cuyo objetivo fue proponer patrones de diseño tecnológico que previnieran las patologías constructivas más frecuentes detectadas a través de relevamientos y análisis de numerosas viviendas en madera construidas en la región, y lograr mayor adecuación a las condiciones climáticas regionales (y con ello una mayor eficiencia energética) con un uso racional de los recursos zonales (...). En el diseño de este prototipo se trató de reelaborar las propuestas vigentes en nuestra región, generando soluciones que evitarían, a través del diseño, las situaciones patológicas detectadas a través del estudio de patologías en viviendas en madera del NEA. El problema higrotérmico de la envolvente ha sido abordado diseñando componentes que satisfacen los requerimientos estipulados en la normativa IRAM 11605/96, 11625/99, 11601/96 y 11630/99. (...) Se propone la materialización del prototipo mediante maderas de bosques cultivados de la región, como el eucalipto saligna y el pino elliotti para revestimientos exteriores, bastidores, entablados de pisos, cabreadas de techos, etc., en tanto que para las vigas inferiores, se proponen piezas de madera laminada encolada y para revestimientos interiores se plantean los machimbrados de pino. La madera debe usarse secada al 15% o menos (10 a 12% sería ideal, para aprovechar la propiedad de histéresis de la madera y así evitar que la misma recupere humedad más allá de un cierto valor). Se combina la madera con otros materiales, como el hormigón armado para fundaciones y el metal para encastres (dados de coordinación y fijación / sujetión, anclajes, uniones y rigidizaciones). (...) El diseño está basado en un módulo, cuya máxima repetición permite reducir al mínimo la cantidad de unidades diferentes, que tiene las dimensiones necesarias del dormitorio tipo y a la vez es repetible para toda la estructura, que se fijó en la etapa de programación en 3,20m. x 3,20m., estableciéndose el submódulo de 1,60 x 3,20m. La vivienda se resuelve, inicialmente, con 6 módulos y 3 medios módulos, con una superficie útil de 76,80m². La situación para el crecimiento máximo de tres dormitorios queda resuelta con 8 módulos y 4 medios módulos, con una superficie útil de 102,40m².

Se estudió el ciclo de vida de los materiales usados en la materialización de $1m^2$ de muro de madera¹⁸ y de $1m^2$ de muro de mampostería de ladrillos comunes (fig. 70), así como el impacto de cada etapa de dicho ciclo, analizando sólo los principales desde el punto de vista de los problemas ambientales que provocan en cada fase.

FIG. 70: TIPOS DE MUROS EXTERIORES CONSIDERADOS Y COMPARADOS EN LA REALIZACIÓN DEL ACV.



Se trató de determinar las consecuencias ambientales asociadas a la distinta composición de estos dos tipos de muros, contemplando los materiales que son requeridos para construirlos, incluyendo eventuales diferencias de sus propiedades térmicas que influyan sobre el balance térmico de la vivienda que envuelven (lo que fue ya corroborado en la instancia de simulación de la energía requerida para mantener el confort higrotérmico interior –cap. IV–), las que repercuten sobre el consumo energético requerido para obtener condiciones de confort térmico.

De acuerdo a esta definición del sistema, en el estudio se incluyó el consumo de recursos naturales y las emisiones producidas durante la extracción de la materia prima y la fabricación de los materiales empleados en los muros analizados (por ejemplo cemento, cal, ladrillos, madera, etc.), así como su transporte desde el lugar de origen hasta la ubicación de la vivienda. No se tomaron en cuenta, en cambio, los procesos secundarios (por ejemplo materiales y procesos utilizados para la construcción de los aparatos productivos que soportan la elaboración del cemento, cal, etc.). Única excepción la constituyen los flujos energéticos, para los cuales se considera su eficiencia de producción y conversión.

Cuando el método es utilizado para comparar distintas tecnologías es posible no tomar en consideración aquellas partes del análisis que son idénticas en ambas alternativas. El resultado del ACV en este caso no dará cifras absolutas, sino una diferencia entre dos alternativas.

¹⁸ Alías, H. M. y Jacobo, G. J. (2001). Op. Cit. (...) El componente de cerramiento lateral, envolvente, es del tipo "sandwich", de simple cerramiento y está rigidizado por un bastidor que incluye una solera inferior y otra superior. El bastidor está recubierto en ambas caras por tablas de madera machimbrada de $\frac{1}{2}$ " de espesor, y en los interespacios entre parantes y horizontales del bastidor, se plantea un relleno de viruta mediana de madera, como aislante térmico. El largo de paneles es siempre de 16M (1,60m.), su alto es de 2,475m. y su espesor nominal es de 2M (0,20m.). El revestimiento exterior tipo "siding" de 1" de espesor, clavado sobre tirantes de madera, protege contra la intemperie, generando por detrás una cámara de aire débilmente ventilada que brinda mayores niveles de aislación térmica, permitiendo su recambio sin comprometer la habitabilidad del edificio. Este panel tiene una transmitancia térmica de 0,47 $W/m^2°C$, lo que lo sitúa en un nivel A (óptimo, recomendado) de construcción (para verano), y en un nivel B (medio) para invierno, según IRAM 11605/96. Dicho componente no presenta riesgo de condensaciones superficiales ni intersticiales en invierno, según verificaciones con el método propuesto por IRAM 11625/99".

El objetivo del estudio fue comparar desde el punto de vista energético-ambiental muros de mampostería de ladrillos comunes con panelería de madera de bosques cultivados locales con manejo sustentable, para entender la relevancia de los materiales utilizados y de los criterios de proyecto adoptados.

La superficie total de los muros de la vivienda en ambos casos fue de 315,70 m². Se asumió que la decisión de construir el edificio en las localidades de Corrientes y/o Resistencia estaba tomada, que los factores asociados al transporte de las personas durante el uso del edificio no intervienen en el estudio, como tampoco las pérdidas y/o ganancias a través de otros componentes.

Además, el interés no es el de analizar los procesos productivos de componentes, de sistemas de transporte ni de la infraestructura sobre la que se apoya el sector. Por este recorte introducido al diseñar del objeto de estudio, el análisis no tomará en cuenta los procesos secundarios intervenientes, excepto en el caso de los flujos energéticos, los que serán analizados no sólo en la magnitud sino también en su eficiencia de producción, conversión y transporte hasta el lugar de consumo.

Por otro lado, la evaluación de los muros exteriores se hizo desde el punto de vista del confort térmico, por lo cual el estudio se limitó a los efectos sobre el ambiente exterior, sin considerar efluentes de origen humano ni aspectos relacionados a la seguridad o a la salud. Por último, dado que no existe en la actualidad en las provincias de Corrientes y Chaco una estructura organizada para la recuperación, reciclado y/o reuso de los materiales provenientes de la demolición de edificios, en general esta fase no fue tenida en cuenta.

Cabe aclarar que las dificultades en la consecución de los datos de consumos energéticos y emisiones para nuestra región motivó la frecuente recurrencia a factores de normalización correspondientes a otras situaciones, por lo que los resultados obtenidos no son definitivos, sino que están sujetos a modificación y/o ampliaciones conforme se pueda disponer, no solo en la región sino en el país, de información actualizada y normalizada acerca del sector.

Inventario

Se cuantificaron los flujos entrantes y salientes del sistema durante toda su vida útil, los cuales son extraídos del ambiente natural o bien emitidos en él, calculando los requerimientos energéticos y materiales del sistema y la eficiencia energética de sus componentes, así como las emisiones producidas

Según fuera ya comentado, en el ámbito local y regional es muy poca la información que se pudo encontrar sobre los aspectos energéticos y ambientales de materiales edilicios, y fue necesario dedicar mucho tiempo y esfuerzo para recopilar la información requerida. Existieron y existen numerosas dificultades en la consecución de los datos sobre consumos de agua, emisiones por habitante, efluentes producidos y consumos de energía para la República Argentina, por lo que se recurrió en gran medida a factores de normalización correspondientes a otras situaciones¹⁹.

La etapa del inventario no caracteriza los impactos ambientales potenciales, sino que comunica solamente entradas y salidas, los que pueden llegar a ser varios parámetros distintos. En general los resultados se agrupan en distintas categorías, como pueden ser combustibles, consumo de materia prima, residuos sólidos, emisiones gaseosas y emisiones líquidas. Estas categorías pueden a su vez subdividirse en subcategorías.

Se ha realizado aquí un inventario en etapas, distinguiendo entre materiales y componentes de los muros analizados. En cada una de estas etapas se realizan consumos y emisiones. Al nivel de los materiales se describe en el inventario la extracción de la materia prima utilizada y las operaciones necesarias para su producción. Se utilizaron datos específicos cuando eran conocidos, y datos promedio cuando el productor real era desconocido.

Se compararon finalmente las etapas del inventario para las dos situaciones tenidas en cuenta (panel madera – muro mampostería), para tener una primera idea acerca de su perfil ambiental.

¹⁹ En la mayoría de los casos la cuantificación de los flujos de masa y de energía no requiere grados de exactitud muy elevados, dada la sensibilidad de los resultados a estos flujos. Esto permite la adopción de datos correspondientes a procesos similares de otros países, cuando los locales no están disponibles. Sin embargo, en determinadas circunstancias las diferencias tecnológicas con otros países hacen imposible su adopción. Este es el caso de la fabricación de ladrillos en Corrientes y Resistencia, que se elaboran artesanalmente, utilizando leña como combustible para su cocción. El uso de datos foráneos en este caso puede conducir a grandes errores.

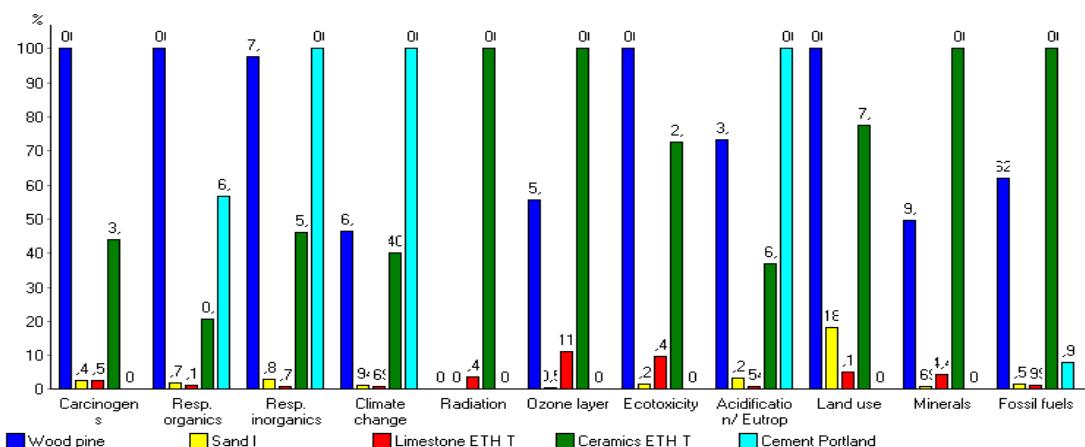
En esta primera comparación, el perfil ambiental para la mampostería de ladrillos comunes resultó peor que el de los muros de madera prácticamente en todos los impactos analizados. Investigando el origen de este empeoramiento, se detectó que el posible responsable es el proceso de fabricación de ladrillos, que en casi todas las zonas de Corrientes y Resistencia se realiza en forma artesanal, en condiciones laborales muy precarias y utilizando leña para su cocción, lo que libera grandes cantidades de monóxido de carbono y favorece la formación de ozono fotoquímico.

Cuando se utiliza madera como material estructural, se produce un efecto de retención del CO₂ atmosférico en el edificio del cual forma parte, mientras se evitan las emisiones asociadas al uso de otros materiales estructurales que requieren energía convencional para su fabricación. Estos efectos beneficiosos se obtienen sólo si la madera proviene de bosques sostenibles, ya que la absorción de CO₂ en los árboles se obtiene durante su crecimiento, mientras que el desboscamiento de forestas naturales sin reposición produce efectos negativos.

La combustión de madera o biomasa no libera CO₂ neto sobre la atmósfera, ya que las emisiones producidas durante la combustión son equivalentes a la absorción de CO₂ en los vegetales durante su crecimiento.

A efectos de contar con parámetros de referencia y comparación con respecto a los resultados obtenidos para la situación local, se realizaron simulaciones de los perfiles ambientales de los materiales interviniéntes en la construcción de ambos tipos de muros, para la situación europea, mediante el *Demo* del programa computacional *SimaPro 5²⁰* (Product Ecology Consultants, 2001). Se compararon: Madera de pino de forestaciones; Cerámicos (ladrillos fabricados con máquina); Arena; Cemento; Cal (fig. 71). De las 11 categorías analizadas comparativamente, que indican los efectos ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida de los distintos materiales, se desprende que:

FIG. 71: SIMULACIONES DE LOS PERFILES AMBIENTALES DE LOS MATERIALES INTERVINIÉNTES EN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS DOS OPCIONES DE MUROS, PARA LA SITUACIÓN EUROPEA, MEDIANTE EL SOFTWARE SIMAPRO 5 DEMO. Se compararon: Madera de pino de forestaciones; Cerámicos (ladrillos fabricados con máquina); Arena; Cemento; Cal.



- En el caso de la madera de pino se visualizan 4 categorías en las que incide más fuertemente que los otros materiales: en la *carcinogénesis*; en los efectos *respiratorios* (*por inhalación de sustancias orgánicas –respiratory organics-*), en que es seguida por el cemento; en la *ecotoxicidad*, sobre todo debido a los preservantes usados para impregnarla; y en el *uso de la tierra*, debido a las grandes extensiones de tierra que se requieren, siempre considerando que se trata de un uso sustentable de la misma. Tiene gran impacto comparativo en las categorías de *efectos respiratorios* (*por inhalación de sustancias inorgánicas –respiratory inorganics-*), *acidificación* y *uso de combustibles fósiles* (aunque en estas dos últimas, la influencia es sensiblemente menor que la de los cerámicos).
- Los cerámicos considerados sin la adición de los otros materiales necesarios para producir el muro de mampostería, son los de mayor incidencia en la categoría *radiación*, *afección de la capa de ozono*, *uso de minerales* y *uso de combustibles fósiles*. Resulta notorio, y esta es una diferencia de la situación local con respecto a la situación europea, que la madera de pino en comparación a los cerámicos, presenta más alta incidencia en la categoría de cambio climático (efecto invernadero), cuando en nuestra situación regional la elaboración artesanal de los ladrillos y su cocción en hornos de campaña resulta altamente emisora de gases de efecto invernadero, especialmente CO₂, más de lo que podría serlo la madera y su procesamiento. Esta diferencia podría deberse a que en la situación europea no se trata de una elaboración artesanal de los cerámicos, sino de una producción altamente industrializada. También resulta notorio que la madera de pino tiene una leve superioridad de impacto con respecto a los cerámicos en la categoría de uso de la tierra, pero esto podría explicarse también por el alto grado de industrialización en la elaboración de los cerámicos en la situación europea y por el intensivo uso de la tierra, que hace que las superficies destinadas a forestaciones sean de importancia significativa. En nuestra región la situación es exactamente a la inversa, empobreciéndose mucho la tierra tras los sucesivos usos para pisaderos de barro, oreado, cocción de ladrillos, etc.

²⁰ PRODUCT ECOLOGY CONSULTANTS (Pré). *SimaPro 5 and other life cycle tools*. Pré CD 0004. Pré Consultants by Plotterweg, Amersfoort, the Netherlands, 2001.

- En el caso de los otros materiales necesarios para la ejecución del muro de mampostería, el de mayor incidencia ambiental es sin duda el cemento portland, que registra la mayor incidencia con respecto a todos los otros materiales comparados para las categorías "cambio climático" (calentamiento global: efecto invernadero) y acidificación. En cambio, la arena y la cal, generan impactos bajísimos para todas las categorías consideradas.

FIG. 72: EVALUACIÓN DEL DAÑO AL AMBIENTE DE LOS MATERIALES INTERVINIENTES EN LAS DOS OPCIONES DE MUROS, PARA LA SITUACIÓN EUROPEA, OBTENIDA MEDIANTE EL SOFTWARE SIMAPRO 5 DEMO.

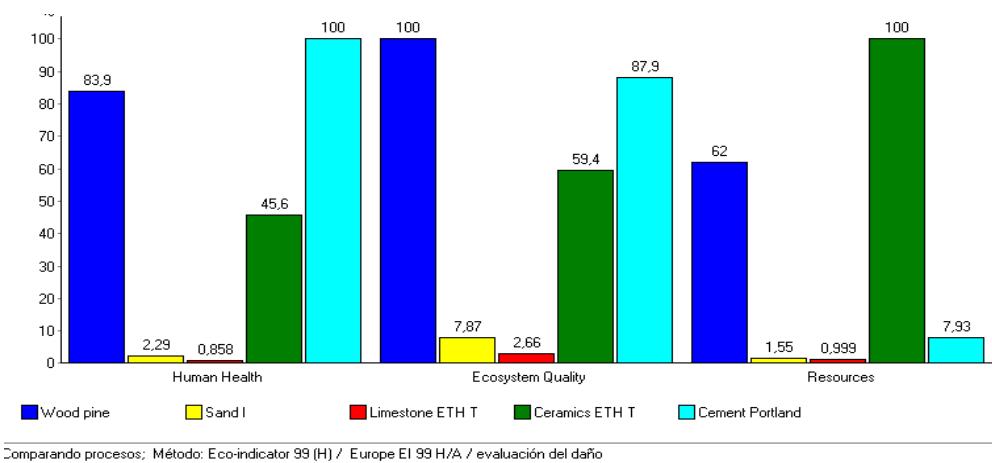


FIG. 73: NORMALIZACIÓN DE LOS EFECTOS DE LOS MATERIALES INTERVINIENTES EN LAS DOS OPCIONES DE MUROS, PARA LA SITUACIÓN EUROPEA, OBTENIDA MEDIANTE EL SOFTWARE SIMAPRO 5 DEMO.

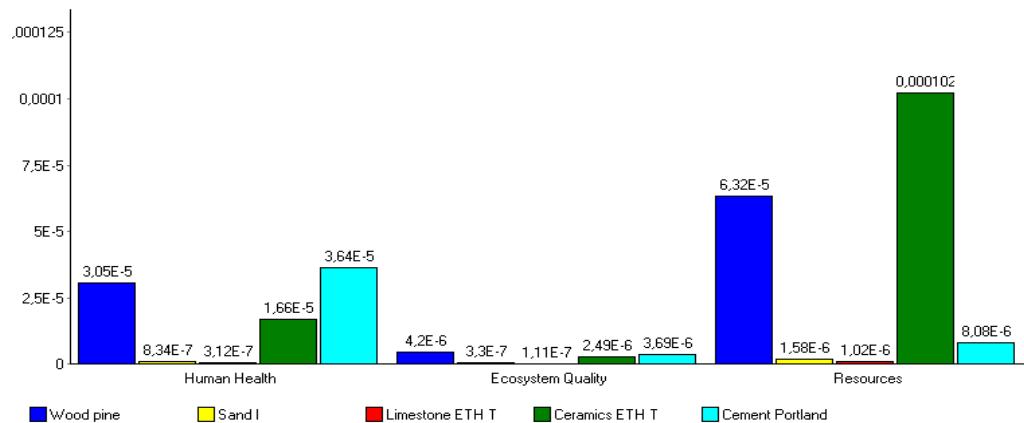
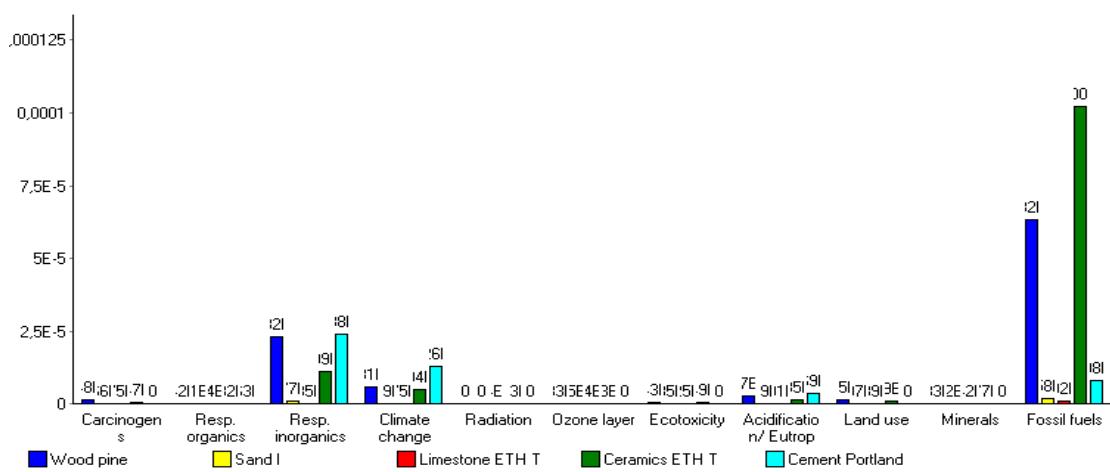


FIG. 74: NORMALIZACIÓN POR CATEGORÍA DE IMPACTO DE LOS MATERIALES INTERVINIENTES EN LAS DOS OPCIONES DE MUROS, PARA LA SITUACIÓN EUROPEA, OBTENIDA MEDIANTE EL SOFTWARE SIMAPRO 5 DEMO.



Puede decirse que, según el cálculo efectuado con esta aplicación computacional, el panel de madera tendría un perfil ambiental más benigno con respecto al muro de mampostería cerámica, ya que éste último

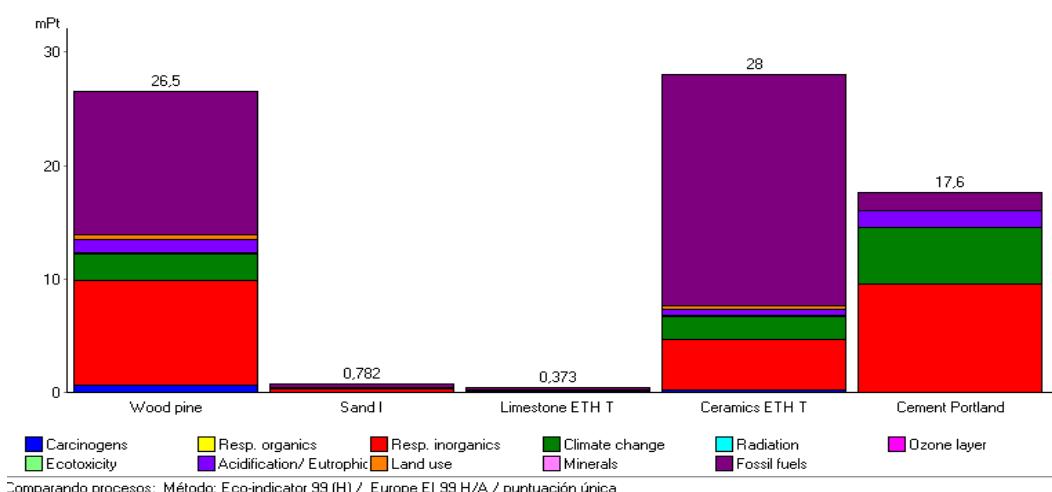
requiere la intervención de otros materiales, como el cemento, de gran impacto ambiental en varias de las categorías comparadas.

Los efectos más negativos de la panelería de madera estarían dados por la toxicidad y potencial de acidificación de los preservantes fungicidas actualmente empleados para proteger a la madera.

Con respecto a la evaluación del daño (fig. 72), el impacto negativo al ambiente generado por la madera de pino en comparación por el generado por los cerámicos, es mayor en los efectos a la salud humana y a la calidad del ecosistema, en tanto que los cerámicos tienen mayor impacto negativo en lo que respecta al uso de recursos. Así, a primera vista, podría estimarse que resulta más negativo ambientalmente el panel de madera. Sin embargo, si se considera la intervención de otros materiales como el cemento en la constitución del muro de mampostería, la situación se revierte, ya que el cemento genera un muy alto impacto en la salud humana, mayor que el de la madera y los cerámicos considerados independientemente, así como un muy alto impacto en la calidad del ecosistema.

En líneas generales, y según las categorías de impacto que genera cada material comparativamente, resulta más benigno ambientalmente el panel de madera, pues al muro de mampostería le significa una gran carga ambiental negativa el uso, además de los cerámicos mampuestos, el uso del cemento portland.

FIG. 75: PUNTUACIÓN ÚNICA POR CATEGORÍA DE IMPACTO DE LOS MATERIALES INTERVINIENTES EN LAS DOS OPCIONES DE MUROS, PARA LA SITUACIÓN EUROPEA, OBTENIDA MEDIANTE EL SOFTWARE SIMAPRO 5 DEMO.



Se destaca nuevamente, que los resultados de las simulaciones de perfiles ambientales de los materiales intervenientes en la construcción del muro de mampostería de ladrillos (cemento, cal, arena, ladrillos) y en la panelería de madera forestal (pino, clavos, papel tipo Kraft) expuestos precedentemente, corresponden a la situación europea, y fueron presentados a efectos de constituir un parámetros de referencia y comparación con respecto a los resultados obtenidos para la situación local, que se exponen seguidamente.

También cabe aclarar que los perfiles ambientales del muro de mampostería y del panel de madera fueron analizados, para nuestra situación regional del NEA, sólo en las categorías *Potencial de Acidificación* y *Potencial de Calentamiento Global* (efecto invernadero).

A continuación se indican los **procesos y las fases del producto** (tablas 16 a 20) tenidas en cuenta en el **inventario**, comparativamente, para las dos tipologías de muros consideradas:

TABLA 16a: PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV. ETAPAS DE EXTRACCIÓN / OBTENCIÓN MATERIA PRIMA PARA EL PANEL DE MADERA

| PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV, SEGÚN ISO 14.040. | |
|---|--|
| Objeto y ámbito | Ciclo de vida 1 m ² panel de madera de bosques cultivados locales (Ituzaingó, NE Corrientes) |
| Definición de objetivos y alcance. Definición del sistema. | 1 Extracción / obtención materia prima 1.1. 26 kg de madera de pino de forestaciones del depto. Ituzaingó (NE Corrientes) |
| Inventario | Macheteada completa (limpieza de toda vegetación natural que obstruya las tareas de apeo). Tarea manual. Marcación (identificación árboles a derribar). Tarea manual. Apeo y trozado. Tarea de volteo con motosierra. Seccionamiento en trozos de 2,20 m. de long. Desrame y apilado. Pilas de volúmenes de 4m ³ aprox. Extracción. Sacado de la madera apeada y arrastre al borde de caminos para el acceso de camiones. Tractor agrícola de 70 HP con acoplado incorporado. Motoarrastrador. Tractor con acoplado y grúa para carga, acarreo y descarga. Carga de la madera de las pilas en camión mediante tractor de 60 – 70 HP c/ equipo de extracción. Transporte con chasis hasta el aserradero. |
| Fases del producto | |
| Tipos de residuos | 1.2. ½ kg Clavos punta parís (metal) 1.3. 1,00 m ² Papel tipo Kraft (celulosa y otros) 1.4. Combustibles usados en el proceso de obtención de la madera |
| Evaluación de impacto | Diesel Nafta |
| Métodos Informes | |
| Interpretación | |
| Interpretación | |

TABLA 16b: PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV. ETAPAS DE EXTRACCIÓN / OBTENCIÓN MATERIA PRIMA PARA MURO DE MAMPOSTERÍA

| PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV, SEGÚN ISO 14.040. | |
|---|---|
| Objeto y ámbito | Ciclo de vida 1 m ² muro mampostería ladrillos comunes artesanales (fabricados en el Bañado Norte, Corrientes, capital) |
| Definición de objetivos y alcance. Definición del sistema. | 1 Extracción / obtención materia prima para 1m² muro: 120 ladrillos 1.1. Tierra (0,225 m ³) para fabricar 120 ladrillos: Arcillas ferruginosas y calcáreas (tierras de cava – coloradas- o tierra vegetal – negra -) Silice (en forma de cuarzo) Óxido de hierro Carbonato de calcio Virutas y aserrín, como ligante Sustancias orgánicas: estiércol y pasto seco, que al mezclarse con la tierra evitan el agrietamiento de la pieza al secarse. Extracción tierra: a flor de tierra, excavaciones a mano, usando palas, de poca profundidad. |
| Inventario | |
| Fases del producto | |
| Tipos de residuos | 1.2. Cal (13 kg) 1.3. Cemento Pórtland (23,1 kg) 1.4. Arena (0,106 m ³) 1.5. Agua (0,021 m ³ = 21,5 lts. para morteros de asiento y revoques y 0,6 m ³ = 600 lts. para fabricar ladrillos) 1.6. Hidrófugo (0,5 kg) 1.7. Combustibles usados en el proceso de obtención de cemento, cal, arena e hidrófugo |
| Evaluación de impacto | Diesel Nafta |
| Métodos Informes | |
| Interpretación | |
| Interpretación | |

TABLA 17a: PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV. TRANSPORTE DE MATERIALES PARA EL PANEL DE MADERA

| PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV, SEGÚN ISO 14.040. | |
|---|---|
| Objeto y ámbito | Ciclo de vida 1 m ² panel de madera forestal local (Ituzaingó, NE Corrientes) |
| Definición de objetivos y alcance. Definición del sistema. | 2 Transporte 26 kg de madera de pino de forestaciones del depto. Ituzaingó (NE Corrientes) Ruta – carretero (camión) Tipo de energía consumida por unidad de rendimiento de transporte (MJ/ton [*] km) Emisiones ambientales por unidad de rendimiento de transporte Consumo específico de gasoil de 0,816 MJ/tonkm, valor standard para camiones. |
| Inventario | |
| Procesos | |
| Fases del producto | |
| Tipos de residuos | |
| Evaluación de impacto | |
| Métodos Informes | 2.1. Del lugar de apeo al borde del camino: (3km) 0,064 MJ 2.2. Del borde del camino al aserradero: (20km) 0,42 MJ 2.3. Del aserradero al lugar de uso y puesta en obra: (240 km) 5,09 MJ |
| Interpretación | Total energía consumida 5,57 MJ |
| Interpretación | |

TABLA 17b: PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV. TRANSPORTE DE MATERIALES PARA EL MURO DE MAMPOSTERÍA

| PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV, SEGÚN ISO 14.040. | |
|---|--|
| Objeto y ámbito | Ciclo de vida 1 m ² muro mampostería ladrillos comunes artesanales (fabricados en el Bañado Norte, Corrientes, capital) |
| Definición de objetivos y alcance. Definición del sistema. | 2 Transporte Del lugar de fabricación del ladrillo a los puestos de venta: la producción sale directamente en camiones, desde los bañados a los puestos de venta, generalmente a orillas de las principales avenidas de la ciudad, por lo que la distancia de transporte es mínima (aprox. 14 km.). Lo mismo puede decirse para la arena. El resto de los materiales necesarios son transportados grandes distancias desde los lugares de producción (Córdoba, para el caso de la cal, y Bs. As., en el caso del cemento) Carretero (camión) Tipo de energía consumida por unidad de rendimiento de transporte (MJ/ton [*] km) Emisiones ambientales por unidad de rendimiento de transporte Consumo específico de gasoil de 0,816 MJ/tonkm, valor standard para camiones. |
| Inventario | |
| Procesos | |
| Fases del producto | |
| Tipos de residuos | 2.1. Ladrillos: del lugar de producción a puestos de venta: (360 kg. - 10km) 2,94 MJ 2.2. Cal (13 kg – 900 km) 9,55 MJ 2.3. Cemento Portland (23,1 kg – 1000 km) 18,85 MJ 2.4. Arena (0,106 m ³ – 159 kg - 10km) 1,3 MJ 2.5. Hidrófugo (0,5 kg – 1000 km) 0,41 MJ |
| Evaluación de impacto | Total energía consumida 33,05 MJ |
| Métodos Informes | |
| Interpretación | |
| Interpretación | |

TABLA 18a: PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV. PROCESAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN DE MATERIA PARA EL PANEL DE MADERA

| PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV, SEGÚN ISO 14.040. | |
|---|---|
| Objeto y ámbito | Ciclo de vida 1 m ² panel de madera forestal local (Ituzaingó, NE Corrientes) |
| Definición de objetivos y alcance. Definición del sistema. | 3 Procesamiento y transformación |
| Inventario | Etapas producción de materiales y componentes: transformación de los 26 kg. de madera de pino en secciones aserradas de escuadrias determinadas: |
| Procesos | 3.1. En aserradero se realiza: Descarga del camión con máquina "tractor de brazos". Descortezado anular. Clasificación de la madera según diámetro. Aserrado con sierra sinfín de doble hoja, que logra: Costaneros Tirantes que van o bien a sierra múltiple, para lograr otras secciones, o bien a canteadora para obtener astillas o chips (pulpa). Aquí se producen: Rastreles clavadores y bastidor pino 1"x3" 8,0 m Viruta mediana (residuo aserrado) 0,065 m ³ Tratamiento fungicida: impregnación por baño en pentaclorofenol. Estacionamiento al aire libre. Simple estibamiento Secado artificial (opcional): sistema de vapor con forzadores de aire. Las calderas se alimentan con los residuos del propio aserradero. Maquinado para producción de machimbres y molduras. Aquí se producen: Siding tipo americano pino cepillado 1"x4" 1,2 m ² Machimbre pino ½"x4" 2,3 m ² |
| Fases del producto | 3.2. En fábrica, a la madera se agregan, para armar el panel: Clavos metálicos ½ kg Papel tipo Kraft (barrera contra viento) 1,0 m ² |
| Tipos de residuos | 3.3. Puesta en obra Peso panel salido de fábrica28,75 kg/m ² |
| Evaluación de impacto | |
| Métodos Informes | |
| Interpretación | |
| Interpretación | |

TABLA 18b: PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV. PROCESAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN DE MATERIA PARA EL MURO DE MAMPOSTERÍA

| PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV, SEGÚN ISO 14.040. | | | | | | | | | | | |
|---|--|------|--|-----|-------|---------|---------|-------|-------------------------------|-----------|--------|
| Objeto y ámbito | Ciclo de vida 1 m² muro mampostería ladrillos comunes artesanales (fabricados en el Bañado Norte, Corrientes, capital) | | | | | | | | | | |
| Definición de objetivos y alcance. Definición del sistema. | | | | | | | | | | | |
| Inventario | | | | | | | | | | | |
| Procesos | <p>3 Procesamiento y transformación</p> <p>Etapas producción de materiales y componentes: transformación de las materias primas (tierra) en piezas moldeadas y cocidas, en el caso de ladrillo, y luego la producción del muro, usando esos mismos ladrillos más los demás materiales necesarios. La producción de los otros materiales intervinientes en la fabricación del muro (cal, cemento, hidrófugo) no se ha considerado:</p> <p>3.1. Operaciones en el bañado para obtener 120 ladrillos:</p> <p>Pulverización y purificación: los terrenos se rompen con palas y se extraen las materias extrañas.</p> <p>Pudrición: el suelo en terrenos se deja reposar para que se pudran las impurezas orgánicas y se disuelvan las sales solubles.</p> <p>Preparado y pisado barro: en el pisadero (corral de 10 a 20 m. de diámetro y 45 a 50 cm. de prof.) se empasta y amasa el barro con agua y estiércol durante 2 días, mediante caballos. Se adiciona el ligante (mezcla de 30% estiércol y 70% aserrín y viruta). Luego se tapa el pisadero con una lona o polietileno para conservar la humedad del amasado en verano, y evitar el congelamiento del barro en invierno.</p> <p>Cortado o moldeo: Con palas se saca el barro del pisadero y se lo traslada en carretillas a la mesa de moldeo, donde se hace el modelado a mano con gradilla. Así, la pieza moldeada y el molde se lleva a la cancha de oreando, donde se retira el molde y se lo limpia para un nuevo moldeo.</p> <p>Cancha de oreando: la pieza permanece 1 ó 2 días aquí para orearse, según la temperatura y vientos.</p> <p>Secado: se completa el secado apilando los adobes en distintas formas para un secado parejo, durante 3 ó 4 días, cubriéndolos para protegerlos de posibles lluvias.</p> <p>Armado horno: se apilan los adobes de forma troncopiramidal, formando una planta rectangular cuyas dimensiones dependen de la cantidad de ladrillos a obtener. En la parte inferior se hacen fogoneras (un par de capas de ladrillos de canto, separadas para que circule el calor. Verticalmente se dejan vacíos, a modo de "chimeneas" para permitir tiraje. Los adobes de canto forman filas paralelas, cada una perpendicular a las del plano inferior. Finalmente se cubre lateralmente el horno con una capa de ladrillos de rafa para mantener el calor y se aplica una capa de barro que sella las juntas y evita escape de gases de combustión. Este armado demanda 4 a 6 días.</p> <p>Quemado: durante 150 hs (5 ó 6 días) se produce la combustión lenta, mantenida por las brasas y leña. Sólo el 75% de los ladrillos resultan bien cocidos.</p> <p>Enfriamiento: 2 ó 3 días, tras los cuales se desmantela el horno, cargándose los ladrillos en chatas o camiones, iniciándose el proceso de incorporación del ladrillo a la construcción local.</p> <p>En casi todas las zonas de Corrientes y Resistencia, la fabricación de ladrillos se realiza en forma artesanal, en condiciones laborales muy precarias y utilizando leña para su cocción, lo que libera grandes cantidades de monóxido de carbono y favorece la formación de ozono fotoquímico.</p> <p>3.2. En obra, a los ladrillos se agregan, para construir el muro:</p> <p>Revoques (int. y ext. completos): 1m² revoque interior y 1 m² revoque exterior a la cal completo y mortero de asiento (81 lts. mezcla)</p> <table style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>Agua</td> <td>0,0215 m³ = 21,5 kg o lts.</td> </tr> <tr> <td>Cal</td> <td>13 kg</td> </tr> <tr> <td>Cemento</td> <td>23,1 kg</td> </tr> <tr> <td>Arena</td> <td>0,106 m³ = 159 kg</td> </tr> <tr> <td>Hidrófugo</td> <td>0,5 kg</td> </tr> </table> <p>3.3. Puesta en obra: albañilería</p> <p>Peso muro terminado 490,00 kg/m²</p> | Agua | 0,0215 m ³ = 21,5 kg o lts. | Cal | 13 kg | Cemento | 23,1 kg | Arena | 0,106 m ³ = 159 kg | Hidrófugo | 0,5 kg |
| Agua | 0,0215 m ³ = 21,5 kg o lts. | | | | | | | | | | |
| Cal | 13 kg | | | | | | | | | | |
| Cemento | 23,1 kg | | | | | | | | | | |
| Arena | 0,106 m ³ = 159 kg | | | | | | | | | | |
| Hidrófugo | 0,5 kg | | | | | | | | | | |
| Tipos de residuos | | | | | | | | | | | |
| Evaluación de impacto | | | | | | | | | | | |
| Métodos Informes | | | | | | | | | | | |
| Interpretación | Interpretación | | | | | | | | | | |

TABLA 19a: PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV. ETAPA DE USO O SERVICIO DEL PANEL DE MADERA

| PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV, SEGÚN ISO 14.040. | |
|---|--|
| Objeto y ámbito | Ciclo de vida 1 m ² panel de madera forestal local (Ituzaingó, NE Corrientes) |
| Definición de objetivos y alcance. Definición del sistema. | |
| Inventario | 4 Uso durante la vida útil de la vivienda (40 años) |
| Procesos | Energía eléctrica necesaria para mantener condiciones de confort. Consumo asociado a climatización. Los restantes consumos serán despreciados, pues se quieren analizar las mejores opciones energéticas y ambientales relacionadas a uno de estos consumos. |
| Fases del producto | Coef. transmitancia térmica panel madera K= 0,47 W/m²°C Este valor de K sitúa al panel de madera en un nivel de construcción A (óptimo o ecológico) para verano, y en un nivel B (medio) para invierno. |
| Tipos de residuos | |
| Evaluación de impacto | Si se utiliza madera como material estructural, se produce un efecto de retención del CO ₂ atmosférico en el edificio del cual forma parte, mientras se evitarán las emisiones asociadas al uso de otros materiales estructurales que requieren energía convencional para su fabricación. Estos efectos beneficiosos se obtienen sólo si la madera proviene de bosques sostenibles, ya que la absorción de CO ₂ en los árboles se obtiene durante su crecimiento, mientras que el desboscamiento de forestas naturales sin reposición produce efectos negativos. |
| Métodos Informes | |
| Interpretación | |
| Interpretación | |

TABLA 19b: ETAPA DE USO O SERVICIO DEL MURO DE MAMPOSTERÍA

| PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV, SEGÚN ISO 14.040. | |
|---|---|
| Objeto y ámbito | Ciclo de vida 1 m ² muro mampostería ladrillos comunes artesanales (fabricados en el Bañado Norte, Corrientes, capital) |
| Definición de objetivos y alcance. Definición del sistema. | |
| Inventario | 4 Uso durante la vida útil de la vivienda (40 años) |
| Procesos | Energía eléctrica necesaria para mantener condiciones de confort. Consumo asociado a climatización. Los restantes consumos serán despreciados, pues se quieren analizar las mejores opciones energéticas y ambientales relacionadas a uno de estos consumos. |
| Fases del producto | Coef. transmitancia térmica muro mampostería K= 1,88 W/m²°C K panel madera = 0,0287 W/m²°C Este valor de K sitúa al muro en un nivel de construcción C (mínimo aceptable) para verano, y ni siquiera en un nivel C para invierno. |
| Tipos de residuos | |
| Evaluación de impacto | Según la simulación computacional realizada precedentemente, de la energía eléctrica necesaria para mantener el confort interior, se desprende que la vivienda con envolvente de muros de mampostería de ladrillos comunes necesitan un 21% más de energía que la vivienda con envolvente de panelería de madera. |
| Métodos Informes | |
| Interpretación | |
| Interpretación | |

TABLA 20a: PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV. FIN DE VIDA ÚTIL: ESCENARIO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS DEL PANEL DE MADERA

| PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV, SEGÚN ISO 14.040. | |
|---|---|
| Objeto y ámbito | Ciclo de vida 1 m ² panel de madera forestal local (Ituzaingó, NE Corrientes) |
| Definición de objetivos y alcance. Definición del sistema. | |
| Inventario | 5 Residuos (escenario y tratamientos) Dado que no existe en la actualidad en las Provincias de Corrientes y Chaco una estructura organizada para la recuperación, reciclado y/o reuso de los materiales provenientes de la demolición de edificios, en general esta fase no será tenida en cuenta. |
| Procesos | |
| Fases del producto | |
| Tipos de residuos | |
| Evaluación de impacto | Se puede solamente hacer una apreciación cualitativa, donde también el panel de madera presenta ventajas, dada la mayor facilidad para desmontar, tanto por la tipología constructiva como por el menor peso que presenta. Además, la madera tiene varias opciones de reciclado y re-uso, incluyendo la combustión con fines energéticos. |
| Métodos Informes | |
| Interpretación | |
| Interpretación | |

TABLA 20b: PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV. FIN DE VIDA ÚTIL: ESCENARIO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS DEL MURO DE MAMPOSTERÍA

| PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV, SEGÚN ISO 14.040. | |
|---|--|
| Objeto y ámbito | Ciclo de vida 1 m ² muro mampostería ladrillos comunes artesanales (fabricados en el Bañado Norte, Corrientes, capital) |
| Definición de objetivos y alcance. Definición del sistema. | |
| Inventario | 5 Residuos (escenario y tratamientos) Dado que no existe en la actualidad en las Provincias de Corrientes y Chaco una estructura organizada para la recuperación, reciclado y/o reuso de los materiales provenientes de la demolición de edificios, en general esta fase no será tenida en cuenta. |
| Procesos | |
| Fases del producto | |
| Tipos de residuos | |
| Evaluación de impacto | La mampostería de ladrillos comunes no es re-utilizada, sólo tras su demolición se usan los escombros para rellenos o para contrapisos pobres, al menos localmente, o bien termina siempre en vaciaderos de residuos o en rellenos sanitarios |
| Métodos Informes | |
| Interpretación | |
| Interpretación | |

Evaluación de impactos

Se trata de conocer y evaluar la magnitud y la significación de los impactos ambientales potenciales que podrían originarse por el funcionamiento de los sistemas bajo estudio. La evaluación se realiza tomando como base los datos obtenidos en la fase de análisis del inventario, presentada anteriormente.

En ciertos casos es posible comparar dos componentes, utilizando solamente el resultado del inventario pero esto es fácil de hacer sólo si todos los resultados obtenidos para una de las opciones resultan mejores que los de su alternativa, cosa que en la realidad rara vez ocurre. Por este motivo se utilizan parámetros ambientales que permiten realizar comparaciones sobre una base objetiva. Esto constituye la fase de evaluación de impactos, que caracteriza cuantitativa y/o cualitativamente y estima los efectos de los resultados obtenidos en el inventario.

Los resultados obtenidos en la etapa de Inventario del ACV constituyen una gran cantidad de datos sobre materiales y energía consumida y efluentes producidos, cuya extensión y las unidades distintas que poseen hace difícil su interpretación. Por este motivo los resultados se han agrupado según la categoría de impacto que producen, para lo cual se utilizan factores de impacto que relacionan el efecto que cada sustancia produce sobre la o las categorías de impacto en las que intervienen. De este modo se obtiene un número más reducido de resultados, expresados en una unidad característica para cada impacto (por ejemplo kg de CO₂ en la categoría Calentamiento Global).

La fase de evaluación de impactos consta de los siguientes puntos obligatorios según la ISO 14042:

- definición de categorías, identificación de categorías de impacto, de indicadores y de aspectos del ambiente natural o humano que son afectados;

Se han utilizado aquí dos categorías principales:

- potencial de calentamiento global** (efecto invernadero), expresado en kg equivalentes de CO₂.
- potencial de acidificación**, estimado por equivalentes de SO₂

- clasificación: asignación de los resultados del inventario a las categorías de impacto identificadas;

- caracterización: cálculo de los resultados de los indicadores de categorías;

La evaluación obtuvo los siguientes resultados comparativos estimados:

Un indicador tosco del impacto ambiental de cada tipo de muro analizado está constituido por la *cantidad de materia que tienen incorporada*. Este indicador, como es de prever, favorece ampliamente al panel liviano tipo sandwich de madera (29 kg/m²), ya que su peso es casi 17 veces menor (fig. 76) que el del muro de mampostería de ladrillos comunes (490 kg/m²).

Se trata de un indicador limitado, que no contempla el consumo de energía requerido para la fabricación de esos materiales, ni los impactos ambientales asociados a cada uno de ellos. Por ejemplo, en el caso del muro de mampostería, de los 490 kg/m² de peso que posee, el 73,5% (360 kg/m²) se debe a los ladrillos, en tanto que el 26,5% restante se debe a los revoques y mortero de asiento, en los que el componente más pesado es la arena (1500 kg/m³), material que en la región se encuentra disponible en grandes cantidades y con pequeño impacto asociado, y sólo inciden en pequeña proporción en este peso los materiales de mayor impacto como son el cemento (12 %).

Por este motivo se adopta el Análisis de Ciclo de Vida como instrumento para realizar la evaluación, ya que en lugar de contemplar sólo la cantidad de materiales incluida en el producto analizado, analiza la cantidad, calidad, la energía, y las emisiones producidas para obtener los materiales que lo conforman, fabricarlo, utilizarlo y removerlo al final de su vida útil.

FIG. 76: COMPARACIÓN ENTRE EL PESO DEL MURO DE MAMPOSTERÍA Y DEL MURO DE MADERA Y LA ENERGÍA NECESARIA PARA EL TRANSPORTE DE LOS MATERIALES NECESARIOS PARA MATERIALIZARLOS

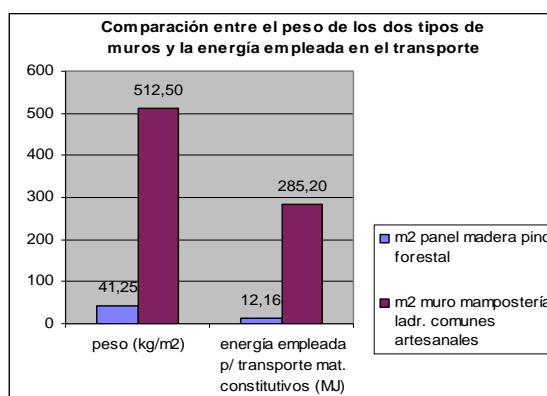
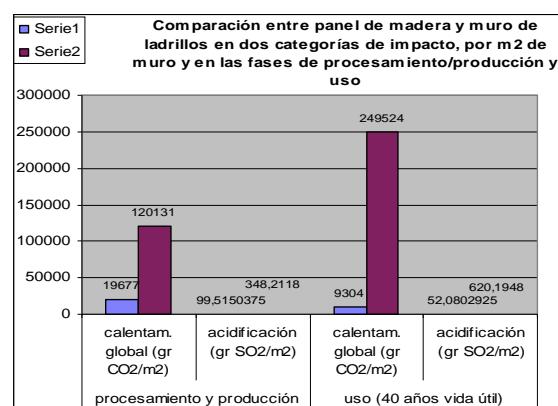


FIG. 77: COMPARACIÓN ENTRE DOS CATEGORÍAS DE IMPACTO DEL MURO DE MAMPOSTERÍA Y DEL MURO DE MADERA EN LAS FASES DE PRODUCCIÓN Y DE USO



Si se tiene en cuenta la *energía consumida por el transporte de los materiales constitutivos* para materializar una y otra alternativa de muro, se obtiene una importante diferencia, a favor del panel de madera, ya que la madera de bosques cultivados es de origen local (depto. Ituzaingó, NE de Corrientes), y además no intervienen otros materiales, excepción hecha de los clavos para el armado del panel y el papel tipo Kraft que se usa como barrera contra el viento en el panel. En cambio, en el muro de ladrillos comunes, si bien éstos son de fabricación artesanal local, tiene muchísima incidencia en el transporte el empleo de cemento y cal (no así de arena).

No representa un efecto negativo el transporte de la madera en camiones desde el Noreste (NE) de Corrientes hasta Corrientes capital.

Para hacer una estimación de la influencia que tiene el transporte de la madera desde el NE de Corrientes (departamento Ituzaingó) hasta su lugar de uso (Corrientes, Capital) sobre el total de los recursos consumidos, se consideró el consumo de combustible necesario para transportar los 26 kg. de pino durante 250 km, estimando un consumo específico de gasoil de 0,816 MJ/tonkm, un valor standard para camiones.

El consumo estimado es de 5,3 MJ, lo que representa el 2% del total de energía consumida en el panel y casi el 17% de la energía requerida para el transporte de los materiales como la cal y el cemento desde sus lugares de producción hasta el pie de obra para la ejecución del muro. Con esto se demuestra que usando madera forestal local se obtendrían mayores ventajas para el panel tipo sandwich de madera en comparación con el muro de mampostería, no sólo con respecto al consumo de recursos, sino también con las emisiones asociadas a su consumo en un camión (tales como CO₂, CO, particulado, VOC, NOx, etc).

En líneas generales, puede decirse que el perfil ambiental del panel sandwich de madera forestal es mejor que el correspondiente al muro de mampostería de ladrillos comunes, siempre y cuando la madera para el panel provenga de bosques con explotación forestal sustentable, y no de bosques depredados y no reforestados.

Analizando por ejemplo los recursos energéticos utilizados, se comprueba que la mampostería de ladrillos comunes requiere más de cuatro veces lo requerido por el panel sandwich de madera, diferencia que, aunque notable, resulta no obstante sensiblemente menor a la primera indicación que se obtuvo a través del consumo de materiales. Entre los recursos que son incluidos en este factor, y que no fueron contemplados en el primero, se cita la energía requerida para fabricar el cemento o la cal.

En cuanto a la energía requerida para procesar la madera en aserraderos, la misma estaría dada por la energía eléctrica que requieren las máquinas de corte, seccionamiento y moldurado (como sierra sinfín, canteadora, despuntadora, machimbradora) que resulta menor, en nuestra zona y con la tecnología disponible en los aserraderos locales, a la energía insumida, por ejemplo, en la fabricación del cemento.

El muro de mampostería de ladrillos comunes impacta más fuertemente en el *Potencial de Calentamiento Global* (por las grandes emisiones de CO₂ durante la cocción de los ladrillos) y el *Potencial de Acidificación* (fig. 77), tanto durante la fase de procesamiento y producción como en la fase de uso (40 años estimados). Los efectos negativos asociados al panel de madera se originan principalmente en el proceso de secado e impregnación de la madera.

La última fase del ciclo de vida de los muros analizados, la fase de desmantelamiento o de fin de vida, es de más difícil cuantificación ya que no existen estrategias oficiales de recuperación, reciclado o re-uso de materiales, ni estadísticas sobre el destino final de los materiales de demolición, los cuales encuentran lugar muchas veces en vaciaderos clandestinos. Se puede solamente hacer una apreciación cualitativa, donde también el panel de madera presenta ventajas, dada la mayor facilidad para desmontar, tanto por la tipología constructiva como por el menor peso que presenta. Además, la madera tiene varias opciones de reciclado y re-uso, incluyendo la combustión con fines energéticos, mientras la mampostería de ladrillos comunes no es re-utilizada, sólo tras su demolición se usan los escombros para rellenos o para contrapisos pobres, al menos localmente, o bien termina siempre en vaciaderos de residuos o en rellenos sanitarios.

Finalizada esta etapa, si bien no se está en condiciones de expresar juicios ambientales de carácter absoluto, sí se pueden comparar los perfiles de las tecnologías en estudio, identificando aquella más benigna del punto de vista energético y ambiental, según los parámetros analizados, que por supuesto no están agotados, sino que son susceptibles de completamiento y actualización permanente en función de nuevos datos que se obtengan.

A continuación se presentan las planillas síntesis (tablas 21 y 22) de la comparación realizada entre los dos tipos de muros, cuantificando el tipo de impacto en todas las etapas del ciclo de vida (extracción materia prima, transporte, procesamiento - puesta en obra, uso y disposición final) en dos categorías principales: el potencial de calentamiento global o efecto invernadero y el potencial de acidificación.

TABLA 21: PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV. PLANILLA SÍNTESIS DE ESTIMACIONES PARA EL MURO DE MAMPOSTERÍA

| PERFIL AMBIENTAL 1 m ² MURO EN LAS FASES DE EXTRACCIÓN, TRANSPORTE, PROCESAMIENTO, PRODUCCIÓN, USO Y DISPOSICIÓN FINAL. CATEGORÍAS DE IMPACTO: POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL Y POTENCIAL DE ACIDIFICACIÓN | | | | | | | | | |
|--|---|-----------------------------|--|--|-----------------------------------|--|--|---|--|
| Elemento | mampostería de una hoja de ladrillos macizos comunes (de fabricación artesanal) revocados exterior e interiormente. | Seción muro | Sup. Total vivienda (m ²) | Sup. Total muros exteriores vivienda (m ²) | 315,70 | Coef. transmisión térmica muro (K) (W/m ² °C) | Nivel de construcción según IRAM 11605/96 | DISPOSICIÓN FINAL | |
| Lugar fabricación componentes | ladrillos y arena: Bañado Norte (ciudad de Corrientes); cemento e hidrófugo: Bs. As.; cal: Córdoba. | | | | | | | Potencial de acidificación por kg de elemento constructivo | No es reciclado, puede ser demolido o reutilizado como secumbres para rellenos o para construcción de rellenos sanitarios. |
| Lugar empleo y puesta en obra | Ciudad de Corrientes, viviendas unifamiliares de interés social | | | | | | | Potencial de acidificación por kg de elemento constructivo | |
| EXTRACCIÓN | | | | | | | | | |
| Materiales | Resistencia térmica (e / R) | Peso específico (ρ) | Peso superficial (m ² muro) | Cart. necesaria para 1 m ² muro | Potencial de calentamiento global | TRANSPORTE | PROCESAMIENTO/TRANSFORMACIÓN Y PRODUCCIÓN | USO (VIDA ÚTIL: 40 AÑOS) | DISPOSICIÓN FINAL |
| por capas constitutivas | Coeficiente conductividad | Coeficiente térmica (e / R) | Resistencia térmica (e / R) | Peso superficial (m ² muro) | Potencial de calentamiento global | potencial de calentamiento global | potencial de acidificación por kg de elemento constructivo | potencial de acidificación por kg de elemento constructivo | potencial de acidificación por kg de elemento constructivo |
| (m) | (W/m°C) | (m ² /m°C) | (m ² /m°C) | (kg/m ²) | (kg/m ³) | (km) | (Mj) | (gr CO ₂ /kg gr SO ₄ /kg gr SO ₂ /kg gr CO ₂ /kg gr SO ₄ /kg gr SO ₂ /kg gr CO ₂ /kg gr SO ₄ /kg gr SO ₂) | |
| Rse (1 / ae) | - | - | 0.04 | - | - | - | - | - | - |
| 1. Revoque grueso exterior MAR 1:1/4:3 | 0.01 | 0.93 | 0.01 | 1.90 | 19.00 | 16.53 | - | - | - |
| 2. Azotado hidrófugo | 0.02 | 1.13 | 0.01 | 2.00 | 30.00 | 30.00 | - | - | - |
| 3. 120 ladrillos comunes macizos | 0.26 | 0.81 | 0.32 | 1.60 | 416.00 | 360.0 | - | - | - |
| 1. Revoque grueso interior MAR 1:1/4:3 | 0.02 | 0.93 | 0.02 | 1.90 | 28.50 | 34.70 | - | - | - |
| Rsi (1 / ai) | - | - | 0.13 | - | - | - | - | - | - |
| Otros no incluidos en el peso | | | | | | | | | |
| montero de asiento | - | 0.93 | - | 1.90 | 19.00 | 114 | - | 1910.00 | 177.70 |
| aguas | - | - | - | - | - | 2150 | - | - | - |
| TOTAL | 0.3 | 0.531 | 512.50 | 577 | - | - | 285.20 | - | 120131 |
| | | | | | | | | 348.2 | 249524 |
| | | | | | | | | | 620.2 |

TABLA 22: PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV. PLANILLA SÍNTESIS DE ESTIMACIONES PARA EL PANEL DE MADERA

| PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV, SEGÚN ISO 14.040. PLANILLA SÍNTESIS PANEL DE MADERA | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|
| PERFIL AMBIENTAL 1 m ² PANEL MADERA EN LAS FASES DE EXTRACCIÓN, TRANSPORTE, PROCESAMIENTO, PRODUCCIÓN, USO Y DISPOSICIÓN FINAL. CATEGORÍAS DE IMPACTO: POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL Y POTENCIAL DE ACIDIFICACIÓN | | | | | | | | | |
| Elemento | EXTRACCIÓN | | | TRANSPORTE | | | PROCESAMIENTO/PRODUCCIÓN | | |
| panel tipo sandwich de madera de pino forestal del NE de Corrientes (Ituzaingó). | Sección panel | | | Sup. Total vivienda (m ²) | | | Sup. Total vivienda (m ²) | | |
| Lugar fabricación componentes | 315,70 | | | 102.4 | | | 315,70 | | |
| madera producida en el NE de Corrientes (depto. Ituzaingó), machimbrado de aserradero también de Ituzaingó y papel Kraft de Gran Bs. As. | Coef. transmitancia térmica muro (K) (W/m ² °C) | | | Coef. transmitancia térmica muro (K) (W/m ² °C) | | | Coef. transmitancia térmica muro (K) (W/m ² °C) | | |
| Lugar empleo y puesta en obra | 0.475475475 | | | 0.475475475 | | | 0.475475475 | | |
| Ciudad de Corrientes, viviendas unifamiliares de interés social | A (óptimo) | | | B (medio) | | | A (óptimo) | | |
| Materials por capas constitutivas | RESISTENCIA TÉRMICA (R _e / R _s) | | | Peso específico (ρ _e) | | | Peso superficial (m _s) = P · e | | |
| Espesor(es) | Coeficiente conductividad térmica (λ) | | | Resistencia térmica (R _e / R _s) | | | Capacidad para t/m ² muro | | |
| (m) | (W/m°C) | | | (kg/m ³) | | | (kg CO ₂ /kg SO ₂ /kg NO _x /kg CH ₄ /kg NH ₃) | | |
| Rse (1 / αe) | 0.04 | | | 0.04 | | | [Mj] | | |
| 1. Siding tipo americano pino espíñola 1" x 4" | 0.03 | | | 0.19 | | | 9024.00 | | |
| 2. Cámara de aire débilmente ventilada dejada por las abaduras | 0.08 | | | 0.17 | | | 564.00 | | |
| 3. Machimbre pino 1/2" x 4" | 0.01 | | | 0.07 | | | 9024.00 | | |
| 4. Vírtua mediana de madera; aislante térmico acústico | 0.08 | | | 1.50 | | | 564.00 | | |
| 5. Machimbre pino 1/2" x 4" | 0.01 | | | 0.07 | | | 9024.00 | | |
| Rsi (1 / αu) | 0.13 | | | - | | | - | | |
| Otros no incluidos en el espesor | - | | | - | | | - | | |
| Madera pino? | 0.19 | | | 0.50 | | | - | | |
| Residuos? | - | | | - | | | - | | |
| Total | 0.2 | | | 2.103 | | | 28.75 | | |
| | 12.16 | | | - | | | - | | |
| | 19733 | | | - | | | 99.52 | | |
| | 52.08 | | | - | | | 9304 | | |

Interpretación

En esta fase los hallazgos realizados en las dos fases precedentes se combinaron para establecer las conclusiones y recomendaciones del estudio, en modo coherente con los objetivos establecidos al inicio. Como la etapa de evaluación de impactos se ha efectuado de modo muy general y estimativo, la interpretación (tabla 23) se basó fundamentalmente en los resultados del inventario.

La aplicación introductoria al ACV en este caso ha permitido:

- Estimar cuantitativamente el impacto energético y ambiental de la fabricación de dos componentes constructivos empleando materiales constructivos alternativos (panel de madera en comparación con muro de ladrillos comunes);
- Evaluar la influencia ambiental de estos dos materiales durante la fase de uso de la vivienda en la que son aplicados;
- Rastrear de modo muy general los procesos responsables de los efectos observados.

A través de este trabajo de aproximación al procedimiento de ACV, se demuestra la potencialidad del método del análisis del ciclo de vida para la evaluación energética y ambiental de alternativas proyectuales en el sector edilicio, en este caso de viviendas de interés social. Es posible poner en evidencia los impactos ambientales generales que cada elección determina e incluso rastrear de manera aproximada los materiales o procesos que los causan, lo que constituye el primer paso para mitigarlos.

La primera impresión acerca del impacto ambiental asociado a los muros de madera frente a los muros de mampostería de ladrillos es que el segundo, unas diecisiete (17) veces más pesado que el primero, es notablemente más impactante ambientalmente. Cuando se analiza esto desde un punto de vista más amplio, como el brindado por el concepto del Análisis del Ciclo de Vida, se observa que los impactos si bien son notablemente superiores en algunos casos, no lo son tanto como lo indicado por la cantidad de masa. Se observa de todos modos en general un impacto mayor en el muro de mampostería, lo cual es aún más evidente debido a que la madera utilizada proviene de plantaciones locales (NE de Corrientes, 250 km. de la capital), y no de lugares distantes, lo que redunda en un 15 a 20% menos de recursos energéticos que para el caso (hipotético) en que la madera proviniera de plantaciones foráneas.

Cuando se incluye en el análisis la fase de uso del edificio las diferencias porcentuales se hacen aún mayores, debido al peso que tiene el impacto ambiental asociado a la energía necesaria para mantener el confort estival e invernal durante los cuarenta (40) ciclos invernales considerados en la vida útil de la vivienda, en lo que el material constitutivo de los muros envolventes tiene gran influencia, habiéndose demostrado que se necesita menos energía eléctrica (un 20% de ahorro de energía a lo largo de 40 años) para mantener las citadas condiciones cuando la envoltura se materializa a través de la panelería de madera propuesta en el análisis. A partir de ello, si se tiene en cuenta el número de viviendas que sería necesario fabricar cada año para cubrir la demanda habitacional insatisfecha, esta diferencia de 20% representaría cantidades absolutas muy relevantes para el ambiente.

La última etapa del ciclo de vida de los muros, constituida por su desmantelamiento y eventual re-uso, reciclado o recuperación de materiales, no ha sido cuantificada en términos ambientales. Sin embargo, dadas las características y las cantidades de los componentes que constituyen cada uno de los muros analizados, resulta evidente que el panel liviano de madera forestal de la región presenta ventajas importantes con respecto al muro pesado de mampostería de ladrillos comunes fabricados artesanalmente en la zona.

En este análisis no se han realizado consideraciones acerca de la durabilidad de las maderas usadas, y se ha supuesto que han sido empleadas de acuerdo a reglas de buena práctica que aseguran el mantenimiento de sus propiedades durante el período de vida útil considerado. En el caso que las citadas consideraciones no se cumplieran, es la madera y no la mampostería el material más susceptible de perder sus propiedades higrotérmicas, físicas y mecánicas, lo que exigiría una o más sustituciones durante los 40 años de vida útil de la vivienda, y la balanza se inclinaría a favor del muro de mampostería.

TABLA 23: PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV. ETAPA DE INTERPRETACIÓN

| PLANTEOS INTRODUCTORIOS DE ACV, SEGÚN ISO 14.040. | |
|--|--|
| Objeto y ámbito | Interpretación |
| Definición de objetivos y alcance. Definición del sistema. | En general, la razón de un ACV es aportar conclusiones que puedan respaldar decisiones o proveer una base o puntos de vista acerca de la cuestión ambiental de productos. Esto significa que el proceso de obtención de conclusiones es tal vez el paso más importante en todo ACV. Los puntos siguientes describen algunas de las salidas relevantes que se mencionan en la norma ISO 14.043, que constituyen el soporte del modelo del ciclo de vida. |
| Inventario Procesos Fases del producto Tipos de residuos | Comentarios referentes a la discrepancia entre el inventario y la evaluación de impacto |
| Evaluación de impacto Métodos Informes | Como una gran cantidad de metodologías se integran en esta aproximación al análisis, debemos remitirnos, para no perder consistencia, al método de los Eco – indicadores 99 H/A (se incluyen en anexos, punto III.5.3.2. a III.5.3.5. Cada cálculo genera a su vez una lista de nuevos inventarios que no están cubiertos en el método de análisis de impacto seleccionado, pero esto no es inusual. Se debe tener cuidado al inspeccionar la lista de resultados del inventario del ciclo de vida que no están incluidos en el análisis de impacto. |
| Interpretación Interpretación | Resumen de resultados Dos tipologías de muros de cerramiento han sido analizadas usando los datos disponibles en nuestro medio y algunos extrapolados y correspondientes a factores de normalización de otros países. Los resultados constituyen un cierto número de gráficos y esquemas, en base a los cuales se han hecho una serie de recomendaciones de diseño y se han extraído las conclusiones expuestas. Observaciones acerca de las inseguridades principales en los datos y modelo Es importante distinguir cierto número de diferentes tipos de inseguridades o incógnitas: Inseguridades de los datos en sí mismos: por instancias de mediciones difíciles o impracticables o no disponibles ni accesibles, o debido a cambios de las condiciones climáticas y de los procesos de manejo y administración y gestión. Estas inseguridades podrían expresarse a través de una desviación estándar. Inseguridades por falta de datos: con lo que el inventario contiene algunas partes incompletas, como puede apreciarse, y otras que han sido realizadas recurriendo a factores de normalización de situaciones correspondientes a otros países, como los europeos. Inseguridades en la interpretación: especialmente cuando se trata de comparar productos, es difícil cuantificar y sopesar las categorías de impacto individuales. |

VI. DETERMINANTES DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y EL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE VIVIENDAS

En este capítulo se establecen los principales factores determinantes del consumo energético y la eficiencia ambiental de la construcción de viviendas, según lo detectado a través de los análisis realizados, tanto en la etapa de uso y operacionalización como a lo largo de todas las fases del ciclo de vida de dicha construcción.

Esta primera aproximación introductoria pretende constituirse en el inicio de la propuesta de indicadores de la eficiencia energética – ambiental de la construcción de viviendas en nuestra zona, que será retomada en el capítulo VII, aunque aplicada a la situación específica de los componentes de viviendas.

Eficiencia energético - ambiental en el “ciclo de vida” de la edificación. Energía contenida en los materiales constitutivos

Para poder estimar esta eficiencia ambiental a lo largo del ciclo de vida edilicio, se deben determinar las consecuencias ambientales asociadas a la distinta composición de los distintos tipos de materiales constitutivos del edificio, que son requeridos para construirlo, incluyendo eventuales diferencias de sus propiedades térmicas que influyan sobre el balance térmico de la vivienda que envuelven, diferencias que repercuten sobre el consumo energético requerido para obtener condiciones de confort térmico durante la etapa de uso.

Deben incluirse el consumo de recursos naturales y las emisiones producidas durante la extracción de la materia prima y la fabricación de los materiales empleados en los componentes edilicios analizados (en el caso del presente estudio, los muros envolventes de la vivienda) así como su transporte desde el lugar de origen hasta la ubicación de la vivienda.

Un análisis de este tipo, según lo ya expuesto (y aplicado en forma muy general) en el capítulo V, es lo que la norma ISO 14.040 denomina Análisis de Ciclo de Vida.

De los tres momentos principales que caracterizan el ACV (análisis de ciclo de vida) de un edificio (Extracción materia prima, Procesamiento - producción y Uso), aquel correspondiente al USO es preponderante en cuanto a consumos y emisiones se refiere, debido fundamentalmente a la gran duración que tienen los edificios (se consideró la vida útil de las viviendas en 40 años). Durante esta fase el consumo de energía y de agua potable y la cantidad de residuos generados son muy importantes.

Esto determina que las estrategias adoptadas para reducir el impacto del sector deban introducir consideraciones en la fase de diseño orientadas a reducir los consumos de operación de los edificios.

Resulta evidente la importancia de estudiar todas las fases del ciclo de vida en las evaluaciones ambientales comparativas de productos, como la pretendida en este estudio preliminar, ya que muchas veces los resultados obtenidos considerando una sola fase, pueden ser completamente diferentes a los obtenidos considerando el ciclo de vida completo.

En el presente trabajo se utilizó el método del ACV para la identificación de materiales constitutivos de muros envolventes de viviendas con menor impacto ambiental. Se buscó determinar cuáles son las ventajas y desventajas ambientales y energéticas del uso de panelería de madera forestal de la región NEA en lugar de ladrillos comunes de fabricación artesanal en los obrajes zonales, para la construcción de muros en prototipos de vivienda ubicadas en las localidades de Corrientes y Resistencia.

Para ello se estudió el ciclo de vida de los materiales usados en la materialización de 1m² de muro de madera y de 1m² de muro de mampostería de ladrillos comunes, así como el impacto de cada etapa de dicho ciclo, analizando sólo los principales desde el punto de vista de los problemas ambientales que provocan en cada fase.

Según los resultados de la aplicación introductoria del ACV resumido, pueden definirse los factores principales que influyen de manera decisiva en el perfil ambiental de los materiales empleados para materializar la envolvente lateral de las viviendas de la región, según lo detectado en el caso analizado:

a. Cantidad de materia/recursos incorporada

Un indicador tosco del impacto ambiental de cada tipo de muro analizado está constituido por la cantidad de materia que tienen incorporada. Se trata de un indicador limitado, que no contempla el consumo de energía requerido para la fabricación de esos materiales, ni los impactos ambientales asociados a cada uno de ellos.

Este factor favorece ampliamente al panel liviano tipo sandwich de madera (29 kg/m^2), ya que su peso es casi 17 veces menor que el del muro de mampostería de ladrillo comunes (490 kg/m^2). Por otra parte, la madera utilizada procede de bosques con explotación forestal sustentable (recursos naturales renovables) y no de bosques depredados y no reforestados.

También es importante considerar si los recursos y materia incorporada son renovables o no renovables.

b. Energía y emisiones asociadas al transporte

Si se tiene en cuenta la **energía consumida por el transporte de los materiales constitutivos** para materializar una y otra alternativa de componente analizado, en el caso de este estudio, los muros.

Para cuantificar este factor es necesario contar con datos acerca de:

- Tipo de energía consumida por unidad de distancia (MJ/km)
- Tipo de energía consumida por unidad de rendimiento de transporte ($\text{MJ/ton}^*\text{km}$)
- Emisiones ambientales por unidad de distancia
- Emisiones ambientales por unidad de rendimiento de transporte
- Emisiones ambientales por porcentajes promedio de carga.

Considerando este factor se obtiene una importante diferencia a favor del panel de madera, ya que la madera forestal es de origen local (depto. Ituzaingó, NE de Corrientes), y además no intervienen otros materiales, excepción hecha de los clavos para el armado del panel y el papel tipo Kraft que se usa como barrera contra el viento en el panel. En cambio, en el muro de ladrillos comunes, si bien éstos son de fabricación artesanal local, tiene muchísima incidencia en el transporte el empleo de cemento y cal.

c. Energía y emisiones asociadas al procesamiento - producción

Se deberían tener en cuenta las etapas de producción del o de los componente/s de que se trate:

- Extracción materia prima
- Procesamiento y transformación
- Producción de materiales y componentes
- Puesta en obra

Analizando los recursos energéticos utilizados, la mampostería de ladrillos comunes requiere más de cuatro veces lo requerido por el panel sandwich de madera. Entre los recursos que son incluidos en este factor, y que no son contemplados en el primero (cantidad de materia incorporada), se cita la energía requerida para fabricar el cemento o la cal, es decir, los materiales auxiliares necesarios para la fabricación del muro.

En cuanto a la energía requerida para procesar la madera en aserraderos, la misma estaría dada por la energía eléctrica que requieren las máquinas de corte, seccionamiento y moldurado (como sierra sinfín, canteadora, despuntadora, machimbradora) que resulta menor, en nuestra zona y con la tecnología disponible en los aserraderos locales, a la energía insumida, por ejemplo, en la fabricación del cemento y la cal para ejecutar el muro de ladrillos.

d. Energía y emisiones asociadas al uso

En este punto se debería considerar muy especialmente y tratar de cuantificar la energía eléctrica necesaria para mantener condiciones de confort interiores del edificio.

Las variables determinantes de la energía consumida para mantener las condiciones de confort interior de edificios de vivienda se desagregan a continuación.

La última fase del ciclo de vida de los muros analizados, la fase de desmantelamiento o de fin de vida, es de más difícil cuantificación ya que no existen estrategias oficiales de recuperación, reciclado o re-uso de materiales, ni estadísticas sobre el destino final de los materiales de demolición, los cuales encuentran lugar muchas veces en vaciaderos clandestinos. Se puede solamente hacer una apreciación cualitativa, donde también el panel de madera presenta ventajas, dada la mayor facilidad para desmontar, tanto por la tipología constructiva como por el menor peso que presenta. Además, la madera tiene varias opciones de reciclado y re-uso, incluyendo la combustión con fines energéticos, mientras la mampostería de ladrillos comunes no es re-utilizada, sólo tras su demolición se usan los escombros para rellenos o para contrapisos pobres, al menos localmente, o bien termina siempre en vaciaderos de residuos o en rellenos sanitarios.

TABLA 24: ENERGÍA CONTENIDA EN LOS MATERIALES QUE COMPONEN LA ENVOLVENTE DE LA VIVIENDA

| Energía contenida en los materiales constitutivos de la envolvente en su "ciclo de vida". Factores | |
|---|---|
| Cantidad de materia (recursos o materias primas) | Materiales de construcción p/ el o los componentes bajo estudio Combustibles Carbón Gas natural Aceites (diesel, fuel oil, kerosén, nafta, petróleo) |
| Energía y emisiones asociadas al Transporte | Aéreo Ferrocarril Ruta – carretero Fluvial – marítimo <i>Para cada tipo de transporte habrá que considerar:</i> Tipo de energía consumida por unidad de distancia (MJ/km) Tipo de energía consumida por unidad de rendimiento de transporte (MJ/ton*km) Emisiones ambientales por unidad de distancia Emisiones ambientales por unidad de rendimiento de transporte Emisiones ambientales por porcentajes promedio de carga. |
| Energía y emisiones asociadas al Procesamiento | Etapas producción del o los componentes bajo estudio Extracción materia prima Procesamiento y transformación Producción de materiales y componentes Puesta en obra |
| Energía y emisiones asociadas al Uso | Energía eléctrica necesaria para mantener condiciones de confort |
| Residuos (escenario y tratamientos) | Incineración Relleno sanitario Reciclaje |

Eficiencia energética y ambiental en la etapa de uso de la edificación. Factores.

Según Arena y de Rosa (1999), “el sector edilicio es un gran consumidor de energía, materia prima y productos además de liberar grandes cantidades de desechos y emisiones. Estos consumos y emisiones se producen en todas las etapas del ciclo de vida de los edificios (construcción, uso, reacondicionamiento y desmantelamiento final). Sin embargo, la mayor parte de los consumos energéticos (y de las emisiones asociadas) se producen durante la fase de uso de los mismos, que normalmente dura decenas de años”.

A su vez, para que la fase de USO de una vivienda (y en general de cualquier edificio) esté energéticamente optimizada (que ahorre energía para su funcionamiento) se combinan, según Verstraete y Vilapriñó (2001), dos estrategias:

- adicionar aislante térmico en los elementos de la envolvente;
- aumentar el uso de estrategias bioclimáticas, como optimización de orientaciones, emplazamientos, uso de vegetación, avenatanamientos, forma edilicia y distribución interna, adecuación higrotérmica, etc.

Implementar estas estrategias implica una inversión inicial adicional, que deberá confrontarse con el ahorro de energía, analizando así la conveniencia económica de su adopción.

En base a los resultados de la aplicación de los procedimientos de las instancias anteriores, pueden definirse los factores que influyen de manera decisiva en el consumo energético de viviendas empleado para climatización artificial, durante la fase de uso de las mismas (40 años). Dichos factores son los que se enumeran a continuación:

1. Material constitutivo de muros y cubiertas

Al realizar la simulación para las viviendas de envolvente tradicional de mampostería (Laguna Seca, Las Tejas, 250 Viviendas y Los Troncos) y reemplazando dicha mampostería tradicional por un panel de madera (el mismo para todos los casos), se pudo comparar prototipos en idéntica situación, tan sólo variando la resolución constructiva de la envolvente lateral vertical. Así se observó que para la situación de enfriamiento, el sistema constructivo que parece más adecuado (el que requiere menor cantidad de energía para enfriamiento en verano) es el de madera, que requiere un 15 % menos de energía que el de mampostería.

Sería interesante determinar la rentabilidad económica que produce el ahorro de energía obtenido usando medidas de conservación de energía (y uso de materiales de menor impacto ambiental a lo largo de todo su ciclo de vida, como la madera), frente al costo que estas técnicas demandan.

2. Orientación

Contar con una correcta orientación es sumamente importante, porque permite que el propietario tenga acceso al acondicionamiento bioclimático con toda su potencialidad (Esteves et al, 2001), ahorrando energía desde el principio, aún cuando no se halla implementando las estrategias de conservación de energía.

Para los casos analizados, en las situaciones de enfriamiento (en verano), especialmente desfavorable pareciera ser la orientación de grandes superficies de pared exterior al norte, debido a que en esta orientación el plano recibe la mayor proporción de radiación solar justamente en una franja horaria en que las temperaturas exteriores experimentan su pico máximo.

Para plantas de viviendas de proporciones cuadradas, además de la orientación norte, también resulta desfavorable en verano la orientación oeste. Sin embargo, si la vivienda posee frentes o fachadas al Este y Oeste y son estas fachadas los lados mayores del perímetro en planta, son ellas las que ocasionan los consumos para mantener el confort en verano más altos.

Para la situación de calefacción (en invierno), la orientación más favorable es la de frente norte y la más desfavorable es la de los frentes sur y este.

Por lo tanto, no es que deba privilegiarse a priori y para todos los casos una orientación por sobre las otras, sino que la elección de orientación deberá tener en cuenta primeramente cuáles sean los lados mayores o de mayores superficies, y recién allí aplicar el patrón observado respecto a evitar las grandes superficies al norte y al oeste, para verano.

3. Morfología

El Factor de Forma (FF) relaciona la superficie expuesta total (muros y techos) / volumen total construido. Este factor contempla al índice de colindancia (IC), ya que a mayor colindancia disminuye el FF. Los Códigos de Edificación nunca han considerado aspectos de eficiencia energética en el control de la morfología urbana (Basso, et al, 2001).

El factor de forma es el parámetro morfológico que refleja mejor el comportamiento energético de edificios aislados construidos con tecnologías tradicionales.

Las variables morfológicas incidentes en el comportamiento termo – energético de las viviendas analizadas fueron las características geométricas (relación ancho – largo) y la orientación del eje principal de las viviendas.

Los resultados obtenidos corroboran la relación entre el factor de forma y el comportamiento térmico edilicio. Las tipologías compactas presentan bajos valores de factor de forma y un mejor comportamiento térmico, por sobre las tipologías abiertas, tanto para verano como para invierno, si bien favorecen menos la ventilación cruzada, con respecto a las tipologías de plantas más abiertas.

Parecería existir correlación entre las temperaturas interiores y el factor de forma y la constitución de la envolvente, en el sentido de que al aumentar el factor de forma (vivienda más abierta, de mucha extensión de la superficie envolvente con respecto al volumen interior delimitado) y el coeficiente de absorción de radiación del material exterior de la envolvente, aumentan también las temperaturas radiantes medias interiores y por lo tanto es mayor la energía necesaria para mantener el confort en verano, aunque también son menores las pérdidas de calor en invierno.

Primeras conclusiones y perspectivas

Se verificó que es posible modificar la energía consumida, tanto durante el uso de una vivienda como a lo largo de todo el ciclo de vida de los materiales que la componen, modificando la energía incorporada en dicha vivienda (por ejemplo, cambiando el material constitutivo de sus muros o de cualquier otro componente) y la cantidad de energía consumida para su construcción.

Si bien también es posible modificar la energía de operación o uso sin cambiar la energía incorporada en el edificio a través de sus materiales constitutivos (por ejemplo, tan sólo cambiando su orientación o su forma, como ya se demostró a través de la simulación mediante software específico), estas posibilidades y factores

son menos relevantes que el representado por la energía incorporada en el edificio a través de sus materiales constitutivos.

La etapa de uso y operacionalización de las viviendas se presenta como la de mayor consumo energético a lo largo de todo el ciclo de vida de las mismas.

Los análisis efectuados permiten afirmar que los factores de mayor incidencia en la eficiencia energética y ambiental de edificios de vivienda son:

- A lo largo del ciclo de vida de la vivienda: el consumo energético y emisiones asociados a sus materiales constitutivos.
- Durante la etapa de uso (vida útil) de la vivienda: el material constitutivo de su envolvente, la orientación y la compacidad (factor de forma).

Ciclo de vida de los materiales constitutivos de los muros de la vivienda

El perfil ambiental de la mampostería de ladrillos comunes es más negativo ambientalmente que el de los muros de madera en casi todos los impactos analizados. El proceso de fabricación de ladrillos, que en casi todas las zonas de Corrientes y Resistencia se realiza en forma artesanal, en condiciones laborales muy precarias y utilizando leña para su cocción, libera grandes cantidades de monóxido de carbono y favorece la formación de ozono fotoquímico. En cambio, cuando se utiliza madera como material estructural, se produce un efecto de retención del CO₂ atmosférico en el edificio del cual forma parte, mientras se evitan las emisiones asociadas al uso de otros materiales estructurales que requieren energía convencional para su fabricación. Estos efectos beneficiosos se obtienen sólo si la madera proviene de bosques con manejo sostenible, ya que la absorción de CO₂ en los árboles se obtiene durante su crecimiento, mientras que el desboscamiento de forestas naturales sin reposición produce efectos negativos.

El muro de mampostería de ladrillos comunes impacta más fuertemente en el *Potencial de Calentamiento Global* (por las grandes emisiones de CO₂ durante la cocción de los ladrillos) y el *Potencial de Acidificación*, tanto durante la fase de procesamiento y producción como en la fase de uso (40 años estimados). Los efectos negativos asociados al panel de madera se originan principalmente en el proceso de secado e impregnación de la madera.

Uso y operacionalización de la vivienda

El consumo de electricidad, tanto el real (registrado por la empresa facturadora del consumo eléctrico) como el simulado para lograr el confort interior, aumenta en verano principalmente por el uso de ventiladores y equipos de aire acondicionado. La mayor necesidad de acondicionamiento térmico se produce en verano. El consumo energético de invierno es aproximadamente un 65% menor que el de verano.

Los resultados obtenidos determinan el grado de déficit de las tipologías de viviendas analizadas en cuanto a consumos reales de energía (mucho menores a los necesarios para el confort, por lo que se presupone que se ha aceptado por parte de la población el desconfort térmico dentro de las viviendas como hecho habitual), y en cuanto a la comparación de los consumos con estándares internacionales. Todas las tipologías de viviendas acusan consumos de energía anual para el confort por unidad de superficie iguales a ocho o nueve veces más que el más alto de los estándares de referencia. De ello se desprende la necesidad de encarar serios estudios que contribuyan a hacer un uso más eficiente de la energía, no sólo a través de la elección acertada de los materiales constitutivos de la envolvente, sino a través del estudio de posibilidades de lograr potenciales ahorros en los otros rubros de la estructura del consumo eléctrico residencial.

Al reemplazar los muros de mampostería tradicional por la panelería de madera propuesta, el índice anual de consumo energético para mantener el confort por unidad de superficie se redujo casi un 21% con respecto a la situación original. Si este índice anual de ahorro de energía para climatización se multiplica por el período de vida útil para el que las viviendas son proyectadas (40 años), se tiene un ahorro del 840%.

Además, si a este porcentaje de ahorro en energía eléctrica para acondicionamiento del aire (simplemente mediante el uso de materiales de mejor rendimiento térmico – energético, como se ha verificado la madera de bosques cultivados locales y con manejo sostenible), se le agrega el potencial de ahorro que se obtendría aprovechando más la iluminación natural mediante el adecuado diseño y orientación de aberturas y mejorando y optimizando la influencia del factor de forma, entre otras medidas, seguramente el porcentaje de ahorro sería aún más impactante, especialmente si se tiene en cuenta lo que este porcentaje de ahorro en energía eléctrica significa en términos de reducción de emisiones contaminantes al ambiente.

Es cierto también que todas estas implementaciones de medidas de URE son de costo de mercado cero, salvo algunas de ellas como la implementación de tecnologías no siempre bien difundidas, aprovechadas y explotadas, como la del uso de la madera, que debería ser una de las tecnologías dominantes en nuestro medio, por su alta disponibilidad y por el potencial ahorro energético y eficacia ambiental que conlleva.

VI.1. Propuesta de indicadores de eficiencia ambiental de componentes constructivos

La construcción regional, según se desprende de los análisis efectuados, no toma la dimensión ambiental como factor importante a tener en cuenta. Es necesario buscar indicadores de sustentabilidad y de eficiencia ambiental, para minimizar el consumo de materia y energía y los residuos y emisiones que ello conlleva y en función de esto maximizar la producción y contribuir al sostenimiento del hábitat.

En esta búsqueda de proponer criterios e indicadores de la eficiencia ambiental del diseño y construcción de viviendas de interés social en nuestras ciudades de Corrientes y Resistencia, se ha centrado la atención en este estudio en uno de los componentes de dichas viviendas: los muros de cerramiento que constituyen su envolvente.

Es a partir de esta delimitación que se ha trabajado, según los resultados obtenidos, en esta primera elaboración tentativa de criterios e indicadores²¹, para "medir" aspectos de la eficiencia ambiental referida a la construcción de viviendas a lo largo de su ciclo de vida, según se expone en tabla 25.

²¹ Los indicadores son elementos que sirven para la medición de procesos.

Un Indicador Ambiental se define como un valor con respecto a un parámetro o parámetro que proporciona información cuantitativa acerca de un fenómeno, permitiendo explicar cómo cambian las cosas a lo largo del tiempo y/o el espacio, haciendo comparables situaciones distintas, y ayudando, de esta forma, a la prevención y corrección de determinadas situaciones ambientales.

Los criterios para elaborar indicadores son:

- Validez
- Disponibilidad y oportunidad
- Fiabilidad y estabilidad
- Sensibilidad
- Comprensibilidad
- Representación

Los objetivos de los indicadores son:

- Medir aspectos ambientales.
- Permitir hacer comparaciones y reflejar cambios.
- Perseguir metas de mejora.
- Ofrecer una visión equilibrada de los puntos o temas más problemáticos.
- Ser claros y comprensibles.

TABLA 25: INDICADORES DE EFICIENCIA AMBIENTAL DE COMPONENTES CONSTRUCTIVOS

| Indicadores propuestos para "medir" aspectos de la eficiencia ambiental de componentes de viviendas en su ciclo de vida | |
|--|--|
| CANTIDAD DE MATERIA (RECURSOS O MATERIAS PRIMAS) | |
| Materiales de construcción p/ el o los componentes bajo estudio <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> kg de material / m² componente constructivo (muro, techo, etc.) <input type="checkbox"/> kg de material renovable/ total kg de material utilizado por m² componente <input type="checkbox"/> kg de material potencialmente peligroso/ total kg material utilizado por m² componente <input type="checkbox"/> kg de material reciclable/ total kg de material utilizado por m² componente | |
| Combustibles <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> kg de carbón necesarios p/extracción de 1kg de materia prima o recurso <input type="checkbox"/> lts. de gas natural necesarios p/extracción de 1kg de materia prima o recurso <input type="checkbox"/> lts. de gas oil necesarios p/extracción de 1kg de materia prima o recurso <input type="checkbox"/> lts. de nafta necesarios p/extracción de 1kg de materia prima o recurso <input type="checkbox"/> lts. de petróleo necesarios p/extracción de 1kg de materia prima o recurso | |
| Uso de la tierra <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> m² de tierra afectados para extracción de 1 kg de materia prima o recurso | |
| ENERGÍA Y EMISIONES ASOCIADAS AL TRANSPORTE, EN TODAS LAS ETAPAS | |
| <i>Para cada tipo de transporte habrá que considerar:</i> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Tipo de energía consumida por unidad de distancia (MJ/km) <input type="checkbox"/> Tipo de energía consumida por unidad de rendimiento de transporte (MJ/ton*km) <input type="checkbox"/> Emisiones ambientales por unidad de distancia (gr de CO₂ y gr. de SO₂ / km) <input type="checkbox"/> Emisiones ambientales por unidad de rendimiento de transporte (gr de CO₂ y gr. de SO₂ / ton*km) <input type="checkbox"/> Emisiones ambientales por porcentajes promedio de carga (gr de CO₂ y gr. de SO₂ / kg. material transportado) | |
| ENERGÍA Y EMISIONES ASOCIADAS AL PROCESAMIENTO Y PRODUCCIÓN DE COMPONENTES | |
| Extracción materia prima <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Energía eléctrica para la extracción de materia prima (KWh / kg de material extraído) <input type="checkbox"/> Agua consumida para la extracción de materia prima (lts. / kg de material extraído) <input type="checkbox"/> Emisiones ambientales por unidad de consumo de energía eléctrica diaria (gr de CO₂ y gr. de SO₂ / KWh/m² / día) | |
| Procesamiento y transformación – producción de materiales y componentes <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Energía eléctrica para transformación de la mat. prima (KWh / kg de material producido) <input type="checkbox"/> Agua consumida para la producción y transformación (lts. / kg de material producido) <input type="checkbox"/> Lts. de combustible p/ producción 1m² de producto <input type="checkbox"/> Emisiones ambientales por unidad de consumo de energía eléctrica (gr de CO₂ y gr. de SO₂ / KWh/m² procesado y transformado) | |
| Puesta en obra <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Energía eléctrica para puesta en obra de componentes (KWh / m² puesto en obra) <input type="checkbox"/> Agua consumida para la puesta en obra (lts. / m² puesto en obra) <input type="checkbox"/> Lts. de combustible p/ puesta en obra 1m² de componente <input type="checkbox"/> Emisiones ambientales por unidad de consumo de energía eléctrica (gr de CO₂ y gr. de SO₂ / KWh/m² puesto en obra) | |
| ENERGÍA Y EMISIONES ASOCIADAS AL USO | |
| <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Consumo diario de energía eléctrica por unidad de sup. (KWh / m² de edificio / día) <input type="checkbox"/> Consumo anual de energía eléctrica por unidad de sup. (KWh / m² de edificio / año) <input type="checkbox"/> Consumo anual de energía eléctrica por unidad de vol. (KWh / m³ de edificio / año) <input type="checkbox"/> Emisiones ambientales por unidad de consumo de energía eléctrica anual (gr de CO₂ y gr. de SO₂ / KWh/m² / año) | |
| RESIDUOS | |
| <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Kg de residuos sólidos por extracción de 1 kg de materia prima utilizada <input type="checkbox"/> Kg de residuos sólidos por producción m² componente <input type="checkbox"/> Kg de residuos sólidos por puesta en obra m² componente <input type="checkbox"/> Kg de residuos sólidos por mantenimiento m² componente / año <input type="checkbox"/> Kg materia orgánica / total kg de residuos sólidos generados <input type="checkbox"/> Kg material reciclable / total kg de residuos sólidos generados <input type="checkbox"/> Kg material incinerado / total kg de residuos sólidos generados <input type="checkbox"/> Kg material vertido / total kg de residuos sólidos generados <input type="checkbox"/> Aguas residuales vertidas / total de agua utilizada. | |

VII. DISEÑO DE VIVIENDAS AMBIENTALMENTE MEJORADO

Hasta aquí se analizaron los requerimientos de energía para el confort (consumo de electricidad para climatización artificial de los ambientes interiores de las viviendas analizadas), a través de la aplicación de un programa de simulación específico. Obtenido el diagnóstico general basado en los desarrollos de los capítulos III a VI, se plantean a continuación estrategias y pautas implementables, tanto en la etapa de diseño como en la de construcción y uso de viviendas (tabla 26), tendientes a la optimización de su desempeño ambiental global.

TABLA 26: ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICO AMBIENTAL DE VIVIENDAS: en etapas de diseño, construcción y uso

| PAUTAS DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICO - AMBIENTAL DE VIVIENDAS | |
|--|---|
| IMPLEMENTABLES EN ETAPA DE DISEÑO | |
| 1. SITUACIONALES | 1.1. Implantación 1.2. Orientaciones |
| 2. RELACIONALES ESPACIALES | 2.1. Forma 2.2. Distribución interior / Flexibilidad de usos 2.3. Conectividad entre áreas y espacios 2.4. Alturas mínimas de locales 2.5. Color de paños opacos |
| 3. GEOMÉTRICO TECNOLÓGICO CONSTRUCTIVAS | 3.1. Modulación básica 3.2. Selección de materiales constitutivos de acuerdo a su perfil ambiental 3.3. Tecnología de paños opacos de la envolvente perimetral 3.4. Tecnología de avenantamientos y paños transparentes y/o translúcidos exteriores 3.5. Tecnología de la instalación de agua y desagües 3.6. Tecnología de la instalación eléctrica 3.7. Tecnología de otras instalaciones (climatización, gas, alarmas, telefonía, etc) |
| IMPLEMENTABLES EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN | 4. MATERIALIZACIÓN DE MUROS EXTERIORES - ENTREPISOS - CUBIERTAS - TABQUES INTERIORES - COLOCACIÓN CARPINTERÍAS - TENDIDO INSTALACIONES |
| IMPLEMENTABLES EN ETAPA DE USO | 5. MANUAL DE FUNCIONAMIENTO 6. LIBRO DEL USUARIO 7. AUDITORÍAS IMPLEMENTACIÓN MEJORAS |

VII.1. Estrategias aplicables en etapa de diseño

En la etapa de diseño de viviendas (tabla 27), las pautas planteadas apuntan a la disminución del consumo de energía eléctrica, y con ello una disminución de los impactos negativos al ambiente (emisiones tóxicas asociadas a la generación de energía eléctrica), a través de la optimización tecnológica de la envolvente: se intenta reducir el consumo de energía a partir de la reducción de la transmitancia térmica (aumento de la resistencia térmica de muros y techos), el uso de materiales alternativos a los tradicionalmente usados y la mejora en las variables situacionales/relacionales y tecnológicas).

TABLA 27: ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICO AMBIENTAL DE VIVIENDAS EN ETAPA DE DISEÑO

| PAUTAS APLICABLES EN ETAPA DE DISEÑO | | |
|--|---|--|
| OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICO - AMBIENTAL DE VIVIENDAS | 1. SITUACIONALES | 1.1. Implantación |
| | | a. Entorno b. Emplazamiento c. Accesibilidad física d. Uso de la vegetación |
| | 1.2. Orientaciones | a. Del eje principal del edificio b. De avenantamientos c. De paños opacos d. De áreas según su función e. De espacios semicubiertos |
| | | |
| | 2. RELACIONALES - ESPACIALES | 2.1. Forma 2.2. Distribución interior / Flexibilidad de usos 2.3. Conectividad entre áreas y espacios 2.4. Alturas mínimas de locales 2.5. Color de paños opacos |
| | | |
| | | 3.1. Modulación básica 3.2. Selección de materiales constitutivos de acuerdo a su perfil ambiental |
| | | a. Uso eficiente b. Ciclo de Vida de componentes |
| | | |
| | 3. GEOMÉTRICO - TECNOLÓGICO - CONSTRUCTIVAS | 3.3. Tecnología de paños opacos de la envolvente perimetral |
| | | a. Muros exteriores |
| | | Constitución Espesor Transmitancia térmica Absorción de la radiación solar Barrera de vapor Riesgo de condensaciones Aislación acústica |
| | | b. Cubiertas |
| | | Constitución Transmitancia térmica Absorción de la radiación solar Riesgo de condensaciones |
| | | c. Entrepisos |
| | | Espesor Aislación acústica |
| | 3.4. Tecnología de avenantamientos y paños transparentes y/o translúcidos exteriores | a. Dimensiones y ubicación b. Dispositivos de protección c. Transmitancia térmica |
| | | |
| | | 3.5. Tecnología de la instalación de agua y desagües |
| | | 3.6. Tecnología de la instalación eléctrica |
| | 3.7. Tecnología de otras instalaciones (climatización, gas, protección contra incendios, alarmas, telefonía, etc) | a. Acondicionamiento del aire |
| | | b. Instalación de gas |
| | | c. Protección contra incendios |

Sólo algunas de estas estrategias implican un leve aumento en el costo inicial (las tecnológicas, relacionadas al diseño de muros, cubiertas, etc.), permitiendo todas ellas en conjunto obtener un menor costo operativo durante la vida útil del edificio y una mejora en la calidad térmica de los ambientes, además de una disminución en la inversión inicial en equipos de climatización, por la posibilidad de que éstos sean de menor potencia.

Como además de la vida útil se ha planteado una introducción a la realización general de un análisis de ciclo de vida, también se propone una materialización de los muros de la envolvente con el material que ha demostrado menor impacto ambiental negativo a lo largo de su ciclo de vida: la madera de bosques cultivados (y con manejo sustentable certificado) del Nordeste de Argentina.

A modo de introducción a las estrategias y recomendaciones de diseño energética y ambientalmente optimizado, surgidas de la aplicación de los procedimientos detallados en los capítulos III a V, pueden sintetizarse los criterios de optimización del modo siguiente:

"Los climas cálido – húmedos se caracterizan por sus reducidas variaciones de temperatura diaria y anual, elevada humedad relativa e intensas precipitaciones. Las pautas de diseño son: captación de brisas leves y ventilación cruzada en espacios habitables, protección solar en aberturas y espacios exteriores, el uso de zonas verdes y espejos de agua como elementos de acondicionamiento del aire exterior, mejorando el movimiento de aire y reduciendo el efecto de la isla de calor producida por la ciudad; el desarrollo de distintas tipologías edilicias que optimicen el aprovechamiento de las brisas naturales y favorezcan las orientaciones con mínima intensidad de la radiación solar. Revitalizar las formas de vida tradicionales que aprovechan las ventajas ambientales de la región, como la vida al aire libre en estancias semicubiertas, nos induce a considerar como fundamentalmente necesario el planteo de galerías" (de Schiller y Evans, 1992).

"Las estrategias utilizadas para el acondicionamiento energético se pueden resumir en dos tipos: conservación de energía (aislación térmica) y uso de sistemas pasivos de acondicionamiento térmico. Se pueden adoptar una serie de medidas asentadas sobre la capacidad de aislación térmica de la envolvente edilicia, entendida como la interfase entre las condiciones ambientales interior y exterior. Así se minimizan las ganancias de calor, implementando acciones mínimas, como adecuar el control solar, minimizar puentes térmicos y aumentar ventilación. Por otro lado, las superficies opacas de piso, muro y techo, admiten mejoras sustanciales, adicionando aislante térmico (poliestireno expandido o lana de vidrio)" (Di Bernardo et al, 1992).

La Norma IRAM 11603/96 establece seis zonas principales del país donde se pueden aplicar distintos recursos y estrategias de diseño bioambiental para optimizar el confort y lograr el uso racional de energía en edificios. Según ya se explicitó en el capítulo I, las ciudades del NEA consideradas a efectos de este trabajo (Corrientes y Resistencia) se hallan incluidas en la zona bioambiental "Ib"²². Dicha Norma IRAM 11603/96 establece recomendaciones generales de diseño, teniendo en cuenta que las altas temperaturas de verano presentan el problema más crítico de diseño bioambiental "I" en general. Entre dichas recomendaciones pueden citarse:

- Uso de colores claros en paredes exteriores y techos; gran aislación térmica en techos y en las paredes orientadas al este y oeste;
- Protección de todas las superficies contra la radiación solar, evitando orientar las ventanas al este o al oeste, minimizando su superficie en caso de que no fuera posible evitarlas en estas orientaciones;
- Lograr la ventilación cruzada en la vivienda y aprovechar los vientos dominantes, creando zonas de alta y baja presión que aumenten la circulación de aire;
- Orientar las aberturas principales al norte y sur;
- Proyectar aleros para proteger superficies verticales y aberturas, especialmente eficaces en orientaciones NO, N y NE;
- Incorporar postigos o cortinas de enrollar en todas las aberturas para controlar la radiación directa y difusa, entre las más sobresalientes.

Sin embargo, según Evans y de Schiller (op. cit., 1994), *"la situación crítica es tan rigurosa que resulta poco probable que se obtenga sensación de confort en el interior de edificios, aún teniendo en cuenta estos principios. Los espacios semicubiertos como galerías, balcones, terrazas y patios protegidos de la radiación solar ofrecen alternativas de mayor confort durante determinadas horas del día"*.

En función de esto, otras estrategias para optimizar las condiciones de confort en edificios, cuando las condiciones de temperatura promedio y amplitud térmica se encuentran dentro de la zona de confort correspondiente a una determinada actividad, consisten en evitar el impacto de otras variables meteorológicas que puedan producir variaciones indeseables en la sensación térmica. Si las variables no se

²² La Norma IRAM 11603/96 establece, para la zona bioclimática "Ib" (muy cálida), con amplitudes térmicas menores de 14°C, una TE (temperatura efectiva) en días típicamente cálidos de verano superior a 26,3°C, con temperaturas máximas de bulbo seco que superan los 34°C y medias que superan los 26°C. Caracteriza a los inviernos como poco significativos (ya que presentan menos de 400 grados días anuales), y establece recomendaciones generales de diseño, teniendo en cuenta que las altas temperaturas de verano presentan el problema más crítico de diseño bioambiental.

hallan dentro de los límites de confort deseables, la elección acertada de recursos de diseño bioambiental podrá modificar las condiciones optimizando la temperatura del aire interior.

A continuación se indican algunas estrategias para modificar favorablemente las condiciones internas en climas cálidos, tales como ventilación cruzada, ventilación selectiva o nocturna, etc.:

- **Ventilación cruzada:** con altas temperaturas promedio y elevada humedad, la amplitud térmica es normalmente reducida (entre 6° a 9°C). en estas condiciones, la ventilación cruzada es deseable para aumentar la evaporación de la humedad de la piel.

La sensación de refrescamiento lograda equivale a disminuir aproximadamente 2°C de temperatura. Sin embargo, en horas con temperaturas exteriores máximas, la ventilación cruzada puede producir un aumento de la temperatura interior, desaprovechando la ventaja del refrescamiento evaporativo.

- **Ventilación selectiva o nocturna:** con altas temperaturas y grandes amplitudes, se puede aprovechar la variación entre los extremos de temperatura. Cuando la temperatura exterior es mínima, se ventila el interior del edificio, reduciendo así la temperatura de las superficies interiores de elementos constructivos. Por el contrario, cuando las temperaturas son más elevadas, se disminuye la ventilación para reducir el calentamiento de las superficies interiores. De esta manera, practicando la ventilación selectiva o nocturna, el promedio de las temperaturas interiores puede resultar menor que el de las exteriores.

La ubicación de la entrada y salida de aire a distintas alturas ayuda a lograr intercambio de aire por convección: el aire caliente, de menor densidad, asciende y sale por la abertura superior, mientras el aire más fresco entra por la abertura inferior. Las aberturas únicas, con proporciones verticales, pueden servir para promover la ventilación selectiva por convección.

La ventilación selectiva también permite aumentar la temperatura promedio interior cuando el promedio exterior es levemente menor a 18°C.

El tiempo de local cerrado para el día tipo de verano comprende desde las 6 hasta las 22, hora solar. (...) Cuando la temperatura exterior vuelve a ser aceptable para el confort, comienza el tiempo de local abierto. Esto sucede a las 22 hs. y representa también el punto límite superior que alcanza la temperatura interior. Es preciso ventilar convenientemente para eliminar los efectos de desconfort que producirían las temperaturas excesivas y comenzar el día siguiente en las condiciones de equilibrio térmico propuestas.

La ventilación es, por lo tanto, fundamental para completar el ciclo de regulación de las condiciones interiores para obtener confort. El calor total desprendido durante el tiempo de local abierto debe ser igual al acumulado en el tiempo de local cerrado para que no se alteren las condiciones óptimas de confort (Bocanegra, 1972: 81).

Estrategias de optimización de variables situacionales y relacionales (tablas 28a, 28b y 28c).

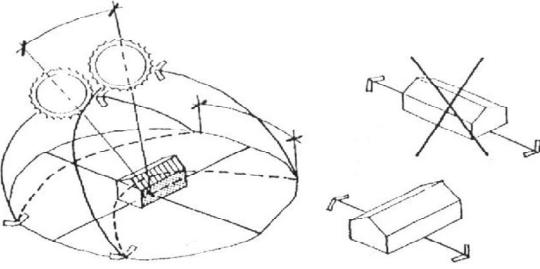
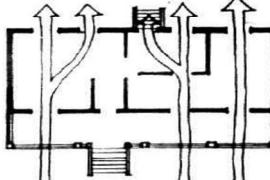
TABLA 28a: ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACIÓN DE VARIABLES SITUACIONALES (LOCALIZACIÓN, IMPLANTACIÓN)

| ESTRATEGIAS DE DISEÑO DE VIVIENDAS ENERGÉTICA Y AMBIENTALMENTE OPTIMIZADO | |
|---|--|
| Emplazamiento. Condiciones de vínculo con viviendas contiguas o vecinas | |
| PAUTAS | <p>La vegetación, los espejos de agua, tienden a moderar las temperaturas extremas; mientras que sectores muy edificados comprometen las condiciones de confort, debido a la influencia recíproca de las construcciones, desprotegidas de la incidencia directa de los agentes climáticos. Si el agrupamiento de viviendas es libre, las unidades no deben perturbar la acción de las brisas frescas, por lo que no convienen separaciones menores de dos veces la altura.</p> <p>En invierno, al menos entre las 9 y las 15 horas, se necesita de sol directo, para lo que hay que evitar obstáculos como edificios o árboles altos que intercepten el sol durante esas horas.</p> <p>El tamaño del terreno adecuado para la inserción del edificio de vivienda debe responder al plan de necesidades y permitir disponer además de espacios libres para parquización y planteo de sectores de estar al aire libre. Debe existir una adecuada relación entre la superficie ocupada y la superficie libre (siempre respetando el F.O.S. de la zona) y posibilitarse el cumplimiento del Código de Edificación respectivo para edificios de vivienda.</p> |
| | <p>Separando la vivienda del terreno se posibilita la circulación de aire por debajo de ella, reduciendo así tanto el calor como la humedad.</p>  |

TABLA 28b: ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACIÓN DE VARIABLES SITUACIONALES (ORIENTACIÓN)

| ESTRATEGIAS DE DISEÑO DE VIVIENDAS ENERGÉTICA Y AMBIENTALMENTE OPTIMIZADO | |
|---|---|
| | Orientación |
| | <p>Normalmente se condiciona la orientación de una vivienda por varios factores, pero pocas veces se incluye el de la optimización del funcionamiento energético del edificio. Los aspectos principales a considerar en la orientación de las fachadas son: LA RADIACIÓN SOLAR Y LOS VIENTOS. La cantidad de calor que se transmite a través de la envolvente varía notablemente según la orientación, influyendo ésto en gran medida en el balance energético final de la vivienda.</p> |
| | <p>Entre los 32° y 56° de latitud Sur, la fachada que mayor radiación recibe durante el invierno es la norte (casi 3 veces más que la oeste y este). En verano la situación se invierte y la fachada norte recibe una radiación escasa, aumentando notablemente la radiación en las fachadas este y oeste.</p> |
| | <p>Los cerramientos orientados al norte deben ser el "frente de la vivienda abierto al clima". Ellos permitirán el máximo aprovechamiento de la radiación solar en invierno, aunque deben protegerse convenientemente de la radiación del verano. Los cerramientos orientados al sur deben abrirse sólo lo indispensable por razones de ventilación. Es necesario proteger las aberturas contra las lluvias y contra la radiación del amanecer y atardecer del período cálido. Las fachadas este y oeste pueden abrirse para aprovechar los aportes solares en invierno, sólo si se extreman sus defensas en verano, ya que estas orientaciones son, entre los cerramientos verticales, las más expuestas a la radiación solar.</p> |
| PAUTAS | <p>Sombra de los muros en verano: los dispositivos de sombra sobre los muros en verano son útiles para reducir las ganancias de calor solar por esos planos. Los aleros de cubierta son los medios más comunes para arrojar sombra en muros y aberturas. Disminución de la superficie de aberturas en fachadas este y oeste: la fachada norte es la mejor para practicar las aberturas y aprovechar el sol de invierno.</p> |
| | <p>Los parasoles sobre fachadas al norte deben ser horizontales y verticales móviles sobre las fachadas al este y al oeste. Las fachadas al sur deben protegerse con parasoles verticales. En todos los casos conviene separarlos de la estructura.</p> |
| | <p>Los parasoles macizos (de estructura de hormigón, por ejemplo) no son aconsejables. Ellos irradiarán al interior el calor acumulado, en las horas en que la ventilación beneficia a los locales. En cambio son ventajosos los parasoles de materiales livianos aislantes de aluminio o retráctiles de lona.</p> |
| | <p>Es condición indispensable cuidar el color de las pantallas: el lado expuesto al sol debe ser reflectante; el lado dirigido hacia el local no debe ser emisor de la radiación difusa. En ambos casos el aluminio es ventajoso, sobre todo si es pulido en la cara interior. También son recomendables los colores claros o blancos hacia el exterior e interior respectivamente. La eficacia de los parasoles, fijos o móviles, depende además de la fluidez con que circulen las brisas entre ellos y la superficie que protegen; por lo tanto deberán delimitar un hueco de aire ventilado para no crear una cámara de aire caliente junto al vidrio.</p> |

TABLA 28c: ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACIÓN DE VARIABLES RELACIONALES (TIPOLOGÍA MORFOLÓGICA: FORMA)

| ESTRATEGIAS DE DISEÑO DE VIVIENDAS ENERGÉTICA Y AMBIENTALMENTE OPTIMIZADO | |
|---|---|
| | Forma |
| PAUTAS | <p>Las pérdidas o ganancias de calor de un edificio están relacionadas directamente con su superficie de envolvente externa. Para un mismo volumen interior, cuanto mayor sea su envolvente externa, mayores serán las pérdidas de calor en invierno y mayores las ganancias de calor en verano. Desde el punto de vista de la conservación de energía, la forma óptima es aquélla en que se pierde un mínimo de calor en invierno y se gana un mínimo de calor en verano.</p> |
| | <p>La relación entre la superficie de la envolvente exterior del edificio (S_e) y el volumen contenido (V_c) es el FACTOR DE FORMA (F). El factor de forma considera sólo el aspecto referido a la conservación de la energía; la forma final resultante de una vivienda deberá estar también relacionada con aspectos como la exposición a la radiación de invierno, protección de vientos, etc. La construcción alargada según el eje este - oeste expone la superficie mayor hacia el norte, y por lo tanto captará mayor cantidad de radiación en invierno y mínima en verano. Con respecto a la fachada sur, el edificio debe tratar de conformarse de modo que su cara sur disminuya en tamaño, bien por la inclinación del techo, por la disminución de su altura, etc., para reducir las pérdidas de calor en invierno.</p>  |
| | <p>Las plantas estrechas y alargadas (o con una dirección predominante) se benefician de la máxima ventilación cruzada.</p>  |

Estrategias de optimización de variables constructivas (tablas 29, a-b-c y d)

El diseño de los cerramientos de la envolvente de las viviendas deberá cumplir las exigencias de habitabilidad recomendadas por la normativa IRAM de acondicionamiento térmico de edificios, que no son obligatorias para el sector privado (sí para el sector oficial, según la Secretaría de Vivienda y Ordenamiento Ambiental –SVOA-) pero cuya implementación y aplicación reporta beneficios en cuanto al ahorro energético y el confort de los usuarios. Así, los muros y cubiertas deberán verificar las siguientes normas:

- 11605/96: Acondicionamiento Térmico de Edificios. Condiciones de Habitabilidad en Edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.
- 11625/00: Acondicionamiento Térmico de Edificios. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.
- 11630/00: Acondicionamiento Térmico de Edificios. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.

Básicamente, cuando en el diseño de las partes componentes se utilice la madera en cualquiera de sus formas de elaboración y/o producción, las mismas, en lo posible:

- Deberán ser regionales y no depender de la importación de productos transformados industrialmente en otras regiones;
- Se privilegiará el uso de maderas regionales de bosques cultivados (las principales son el pino elliotti y el eucalipto saligna) siempre que estén impregnadas con productos no tóxicos para la salud humana o bien secadas a porcentajes inferiores al 15%. En cuanto al tipo de corte de la sección dimensionada, será apropiado seleccionar los cortes que más se aproximen al radial.
- Se deberá implementar, a través del diseño, el concepto de "Proteger – Separando", que implica delimitar correcta y eficazmente materiales de diferentes características y funciones, asegurando así el tenor de humedad adecuado para que no actúen los microorganismos agresores.

- Los componentes prefabricados e industrializados en madera, si es que se plantea su uso, deben poder ser manufacturados en las provincias de Corrientes y Chaco con instalaciones muy simples y pocos aportes de mano de obra especializada. Serán de fácil armado y transportables. Preferentemente deberán ofrecer la posibilidad de incorporarse al mercado abierto, pero como producto típico de las características madereras de las provincias del NEA.

TABLA 29a: ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACIÓN DE VARIABLES CONSTRUCTIVAS EN MUROS

| ESTRATEGIAS DE DISEÑO DE VIVIENDAS ENERGÉTICA Y AMBIENTALMENTE OPTIMIZADO | |
|---|---|
| Muros | |
| PAUTAS | <p>Con respecto a las placas aislantes que se coloquen, deberán mantenerse siempre secas. El material aislante que se coloque deberá ubicarse teniendo en cuenta lo siguiente: el riesgo de condensaciones invernales no se elimina totalmente en los casos en que el aislante se ubica del lado interior del cerramiento. En las soluciones de aislamiento por el exterior, sí. En cuanto a los costos, los sistemas más caros son los de aislamiento por el exterior, aunque presentan ventajas con respecto al aislamiento interior o en cámara en lo referente al confort higrotérmico. Los sistemas de aislamiento en cámara son los más económicos. Sin embargo, el problema reside en que se elimina la "cámara", que resuelve en parte los problemas higrotérmicos.</p> |
| PAUTAS | <p>Es conveniente utilizar materiales exteriores con valores de coeficientes de transmisión y amortiguamiento lo más pequeños posible. Los tabiques interiores deben tener capacidad de acumular calor. En general, es más ventajosa la mampostería de ladrillo común que la de ladrillo hueco. Los tabiques livianos aislantes de madera no son convenientes pues no contribuyen a la regulación de la temperatura interior.</p> |
| PAUTAS | <p>Los cerramientos concebidos integralmente con materiales aislantes no son aconsejables si de ellos depende la acumulación de calor, para el logro del acondicionamiento natural. En la práctica, su comportamiento es excelente para amortiguar las condiciones climáticas extremas, pero no absorben calor del aire interior y puede llegar a la temperatura del aire exterior, simplemente por razones de uso de los locales.</p> |
| Propuestas referidas a envolventes edilicias de madera | |
| PAUTAS | <p>En caso de plantearse un sistema de entramado o "plataforma", se deberá diferenciar la necesidad de las dos capas que deben tener los cerramientos al exterior (una estructural directamente fijada a los parantes y soleras, de placas de multilaminado u OSB, que cumple la función muy importante de arriostramiento, y la otra por encima de la anterior, expuesta a la intemperie), para cohesionar la estructura interna resistiendo los esfuerzos horizontales mediante una y ser la cara visible degradable mediante la otra. Cuando la capa exterior es una sola, su deterioro acarrea una disminución de la resistencia del conjunto. Su reemplazo es muchas veces imposible sin comprometer la habitabilidad. Correctamente dispuesta, esta segunda capa no estructural, genera sin costo adicional una cámara ventilada que mejora aún más la aislación térmica.</p> |
| PAUTAS | <p>En caso de plantearse un sistema de columna-viga o estructura independiente, tal diferenciación de la doble capa no será imprescindible, pero su planteo redundará en beneficio de las tareas de mantenimiento y reemplazo del revestimiento exterior sin comprometer las condiciones de habitabilidad interiores.</p> |
| PAUTAS | <p>Los revestimientos exteriores de madera protegen contra la intemperie, brindando también mayores niveles de aislación térmica y/o acústica. Sería beneficioso plantear una separación entre el revestimiento exterior y el material de arriostramiento del bastidor del panel, espacio o cámara de aire que permitirá que la humedad incorporada a la pared tenga posibilidad de salir. Detrás del revestimiento exterior de los paneles se deberá colocar una capa impermeable al agua, pero suficientemente porosa como para que el vapor procedente del interior pueda atravesarla.</p> |
| PAUTAS | |
| PAUTAS | <p>Mantener en las juntas la continuidad de la aislación térmica para evitar los "puentes térmicos". En cuanto a la posición de la junta, interesa preservarla lo más posible de la intemperie, de los choques y de las deformaciones. Siempre que sea factible, la unión se realizará protegida de la intemperie, del sol y de las variaciones importantes de temperatura.</p> |
| PAUTAS | <p>Para la utilización de la madera en cerramientos exteriores, las caras al aire o a la intemperie se desecan naturalmente y se pueden proteger con soluciones siliconadas o lasures, pero nunca con productos que formen capas, como barnices.</p> |

TABLA 29b: ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACIÓN DE VARIABLES CONSTRUCTIVAS EN TECHOS

| ESTRATEGIAS DE DISEÑO DE VIVIENDAS ENERGÉTICA Y AMBIENTALMENTE OPTIMIZADO | |
|--|--|
| PAUTAS | Cubiertas 1 |
| | La cubierta, en nuestro clima, puede tener gran libertad de forma; si bien recibe varias veces más radiación (seis o siete) que un muro al norte en verano y está expuesta a todos los agentes climáticos con más rigor, las formas habituales son válidas con mayor o menor preferencia. |
| | El plano más expuesto a las variaciones climáticas es la cubierta. La propiedad de acumular calor es común a las cubiertas cuyo peso superficial oscila entre 200 kg/m ² y 500 kg/m ² , denominadas cubiertas pesadas. En contraposición a estas, las cubiertas livianas, cuyo peso aproximado es de 50 kg/m ² , no tienen capacidad de acumular calor, y su espesor, peso específico y calor específico son despreciables. En estos casos no corresponde determinar valores de j (retardo) y m (amortiguamiento); en estos casos el retardo es despreciable. |
| | ELEMENTO SUPERFICIAL EXTERIOR |
| | Las recomendaciones respecto de la importancia del color superficial en muros y aberturas expuestos a la radiación, son también válidas para la cubierta. Sin embargo, son de destacar las ventajas de algunas buenas superficies reflectantes. |
| | La lechada de cal absorbe sólo un 15% de la radiación solar directa cuando se mantiene adecuadamente, si se la descuida puede llegar al 50%. En cambio, absorbe la radiación secundaria en un 85% a 95%, que es también la cantidad de calor emitida hacia el interior. Siendo la radiación del cielo o secundaria o difusa menos importante con respecto a la radiación directa, las superficies blancas son la mejor solución para disminuir la temperatura superficial exterior de una cubierta. |
| | El aluminio pulido nuevo absorbe la radiación solar en un 30% y cuando envejece en un 50%. En cambio absorbe sólo el 5% de la radiación difusa, que transmite por conducción a los materiales adyacentes, por lo que no es conveniente ponerlo en contacto con ellos, sino crear una pequeña cámara de aire. Tiene la ventaja sobre las superficies blancas, de que su mantenimiento no es de tanto cuidado. La chapa de hierro galvanizada nueva tiene relativamente las mismas características que el aluminio, pero su absorción aumenta al 80% luego de seis meses de exposición. |
| | ELEMENTOS INTERMEDIOS |
| | Cubiertas pesadas |
| | En cubiertas pesadas, los elementos intermedios son la estructura y las aislaciones térmica e hidrófuga. |
| | La capa aislante térmica debe colocarse sobre los componentes con inercia. De este modo, la distribución de temperaturas en el interior de la cubierta permite llegar a valores menores en la superficie interna, cuando el flujo de calor es hacia el interior. Además, la estructura no se expone a dilataciones y contracciones por enfriamientos o calentamientos bruscos en su masa. |
| | Cubiertas livianas |
| | En cubiertas livianas, el control del flujo de calor depende de la aislación térmica o de la cámara de aire y la aislación térmica, según sea la constitución. |
| | Las cubiertas livianas con cámara de aire necesitan cuidados especiales de diseño y ejecución. Su comportamiento térmico difiere según la cámara de aire sea o no ventilada, y según la estación. |
| | En invierno, la cámara de aire debe ser hermética y su espesor no debe exceder los 10cm. ni ser menor de 2cm. En estas condiciones el aire se comportará como un aislante casi perfecto. |
| | Durante el verano la cámara de aire debe ser perfectamente ventilada. La circulación de las brisas debe realizarse libremente a ras de las superficies, para neutralizar el intercambio de calor por radiación entre ambas caras y conseguir, en el hueco de aire, una temperatura sensiblemente igual a la del aire exterior y así eliminar los efectos de radiación. |
| | Para que la ventilación de la cámara de aire sea efectiva: |
| La separación entre la superficie exterior reflectante y la placa interior aislante, debe ser igual o mayor a 0,50m. | |
| Los orificios de entrada y salida de brisas deben estar colocados a distintas alturas de la cámara de aire. | |

TABLA 29c: ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACIÓN DE VARIABLES CONSTRUCTIVAS EN TECHOS (continuación 1)

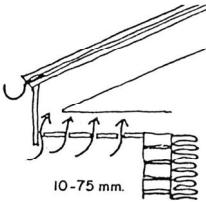
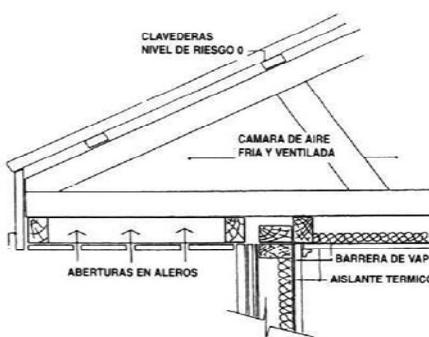
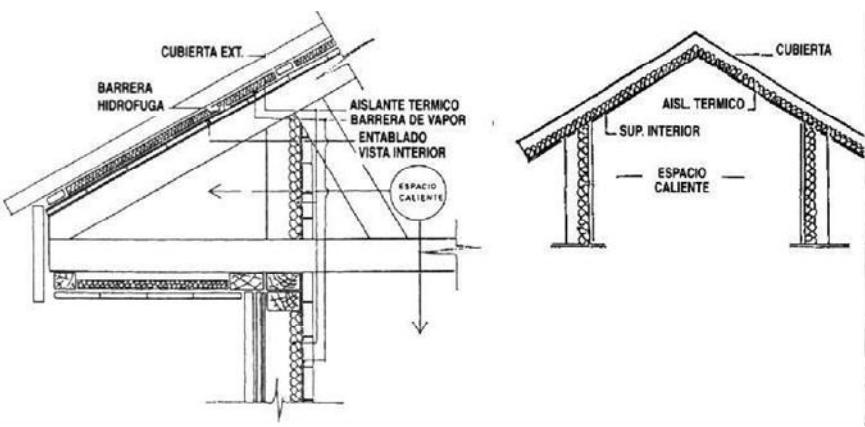
| Cubiertas 2 | |
|--|---|
| PAUTAS | ELEMENTO SUPERFICIAL INTERIOR |
| | Cubiertas pesadas |
| | En cubiertas pesadas, el cielorraso puede no existir desde el punto de vista térmico, pues generalmente es la terminación interior de la estructura y su resistencia térmica despreciable. Pero sus características térmicas superficiales influyen notablemente en la eficacia de la ventilación. Deberán colocarse aberturas de ventilación a la altura del cielorraso: el desprendimiento de calor acumulado por la cubierta será total si la circulación de las brisas en el interior, favorece la convección en el aire a ras del cielorraso. De lo contrario se formará una cámara de aire caliente perjudicando las condiciones de confort. |
| | Cubiertas livianas |
| | Generalmente, el cielorraso de las cubiertas livianas es un revestimiento aislante y en cubiertas de madera es la misma estructura. En ningún caso las capas inferiores tienen capacidad de acumular calor, por lo tanto no necesitan condiciones de ventilación particulares. |
| | Recomendaciones con respecto a las Cubiertas ventiladas |
| | Se tratará de lograr cubiertas ventiladas. La cámara ventilada se debería situar entre el aislante térmico y la cubierta en sí. En verano, el aire existente en el entretecho se calienta por efecto de la radiación solar, y por diferencia de temperatura crea una corriente convectiva ascendente que tiende a salir por los orificios o ventilaciones que podrían ubicarse en la línea de cumbre, al mismo tiempo entra aire fresco por las aberturas o rendijas del alero, eliminándose de forma natural el calor acumulado en la capa de cobertura, evitando su transmisión hacia el interior del edificio. En invierno, la circulación del aire dentro del entretecho posibilitará que el aislante se mantenga ventilado y seco, evitando las condensaciones, lo que mantendría al 100% el poder de aislación y evitaría la posible acumulación de vapor de agua procedente del interior habitado, cuando el material de cobertura no permita o dificulte mucho su paso a través de él. Así, en la mayoría de los casos, no se requiere instalación de barrera de vapor. |
| | Para que en la cubierta ventilada se produzca la circulación natural del aire deben cumplirse ciertas condiciones: |
| |  <p>Que la cubierta tenga pendiente; que en su interior esté disponible una masa de aire que pueda salir por aberturas y ser sustituida por aire procedente del exterior; que exista una diferencia de temperatura entre el aire exterior y el que está disponible en la estructura del techo. Debe preverse la colocación de aberturas sobre cada timpano, como también aberturas especiales formadas en los aleros y casquitos de ventilación en la cumbre.</p> |
| | Techos fríos y calientes |
| Existen dos posibilidades en cuanto al diseño higrotérmico de techos: | |
| Techos fríos: son aquéllos techos en los que entre la cubierta y el aislante térmico se genera una cámara de aire ventilada. | |
|   | |

TABLA 29d: ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACIÓN DE VARIABLES CONSTRUCTIVAS EN TECHOS (continuación 2)

| ESTRATEGIAS DE DISEÑO DE VIVIENDAS ENERGÉTICA Y AMBIENTALMENTE OPTIMIZADO | |
|--|--|
| Cubiertas 3 | |
| PROPYESTAS DE DISEÑO | <p>Techos calientes: el aislante térmico se coloca entre la cubierta y la superficie interior. Se genera de esta manera un flujo térmico hacia el exterior, independiente del correcto tratamiento de la capa aislante.</p> <p>Como en este caso la aislación térmica está más expuesta a la humedad, hay que poner especial atención en la disposición de las aislaciones hidrófugas y en las canaletas de desagüe. Hay dos variantes para la colocación de la aislación térmica en techos calientes:</p> <p>Una variante es colocando la aislación sobre el entablado, dejando la estructura del techo a la vista. Generalmente, en este caso, se coloca la aislación entre las clavadoras o listones, donde luego se fijará la cubierta. El riesgo de filtraciones de agua puede alterar la capacidad aislante del material térmico.</p> <p>Otra variante es realizar un revestimiento interior fijado a la estructura del techo y colocar sobre él el aislante. Luego, hacia el exterior, el entablado o las placas de cerramiento fijadas a la estructura que darán sostén a las aislaciones hidrófugas, fijadas al entablado por listones de madera. En esta variante, la aislación es superior, ya que se aprovecha el espacio entre las clavadoras de la cubierta como aislante térmico y además se evita el riesgo de filtraciones de agua a través de la cubierta.</p>  |
| Criterios de diseño relacionados con el comportamiento higrotérmico de la cubierta | |
| <p>Evitar temperaturas bajas en el interior del cerramiento y en su cara caliente, lo que puede conseguirse a través de:</p> <ul style="list-style-type: none"> El aumento de resistencia térmica del conjunto del cerramiento. La colocación de los materiales de menor coeficiente de conductividad térmica lo más cerca posible de la cara fría del cerramiento. <p>Evitar los descensos rápidos de temperatura en el ambiente caliente (en invierno), ya que si no hay tiempo para que disminuya la presión de vapor interior, aumentará la humedad relativa para esa menor temperatura, pudiendo producirse condensaciones superficiales en las zonas más frías del cerramiento de cubierta.</p> <p>Evitar presiones de vapor elevadas en el ambiente caliente, mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> La ventilación de los locales. Evitando calefacciones húmedas. Temperaturas altas. <p>Ordenar adecuadamente las capas de materiales que forman el cerramiento de cubierta, según su resistividad al vapor, de manera que la gráfica de presiones previsibles se adapte lo más posible a la gráfica de presiones de saturación. De ser posible, el diseño óptimo se acercaría a lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Los materiales con muy alta resistividad al vapor se colocarán cerca de la cara caliente del cerramiento. Los de muy baja resistividad al vapor (fibras), cerca de la cara fría del cerramiento, sobre todo si tienen gran resistencia térmica. Es aconsejable disponer cámaras de aire ventiladas en aquéllos puntos donde puede haber riesgo de condensaciones intersticiales. | |

VII.2. Estrategias aplicables en etapa de construcción

TABLA 30: ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICO AMBIENTAL DE VIVIENDAS EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

| PAUTAS APLICABLES EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN | |
|--|---|
| OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICO - AMBIENTAL DE VIVIENDAS | 4. MATERIALIZACIÓN DE MUROS EXTERIORES - ENTREPISOS - CUBIERTAS - TABIQUES INTERIORES - COLOCACIÓN CARPINTERÍAS - TENDIDO INSTALACIONES |
| | <p>- a. kg de material / m² componente</p> <p>- b. kg de material renovable/ total kg de material utilizado por m² componente</p> <p>- c. kg de material potencialmente peligroso/ total kg material utilizado por m² componente</p> <p>- d. kg de material reciclabl/ total kg de material utilizado por m² componente</p> <p>- e. m² de tierra afectados para extracción de 1 kg de materia prima o recurso</p> |
| | <p>- a. Distancia desde el lugar de fabricación/venta al lugar de construcción</p> <p>- b. Energía consumida por unidad de rendimiento de transporte</p> <p>- c. Tipo de energía consumida por unidad de distancia</p> <p>- d. Emisiones ambientales por unidad de distancia</p> |
| | <p>- a. Energía eléctrica para transformación de la mat. prima</p> <p>- b. Agua consumida para la producción y transformación</p> <p>- c. Lts. de combustible p/ producción 1m² de componente</p> <p>- d. Emisiones ambientales por unidad de consumo de energía eléctrica</p> <p>- e. Energía eléctrica para puesta en obra de partes del componente</p> <p>- f. Agua consumida para la puesta en obra</p> <p>- g. Emisiones ambientales por unidad de consumo de energía eléctrica</p> |
| | <p>- a. Posibilidades de recuperación, reciclado o re-uso</p> <p>- b. Destino final de los materiales de demolición. Control de la generación de residuos</p> |

En la fase de materialización de muros exteriores, entrepisos, cubiertas, tabiques interiores, colocación de carpinterías, tendido de instalaciones, habrá que optimizar los siguientes indicadores (tabla 30):

Cantidad de materia/recursos incorporada:

- **kg de material / m² componente (kg/m²)**: Este valor debería tender a ser lo menor posible.
- **kg de material renovable/ total kg de material utilizado por m² componente**: Aumentar al máximo.
- **kg de material potencialmente peligroso/ total kg material utilizado por m² componente**: Disminuir al máximo.
- **kg de material recicitable/ total kg de material utilizado por m² componente**: Aumentar al máximo.
- **m² de tierra afectados para extracción de 1 kg de materia prima o recurso**: Disminuir al máximo.

Energía y emisiones asociadas al transporte:

Para cada tipo de transporte a utilizar para trasladar los materiales necesarios para materializar 1 m² del componente o instalación de que se trate habrá que considerar:

- **Distancia desde el lugar de fabricación/venta al lugar de construcción (km)**: Disminuir al máximo.
- **Energía consumida por unidad de rendimiento de transporte** (consumo específico de gasoil standard para camiones = 0,816 MJ/ton^{*}km): Disminuir al máximo.
- **Tipo de energía consumida por unidad de distancia (MJ/km)**: Disminuir al máximo.
- **Emisiones ambientales por unidad de distancia (gr de CO₂ y gr. de SO₂ / km)**: Disminuir al máximo.

Energía y emisiones asociadas al procesamiento – producción (ejecución):

Se deberán tener en cuenta las etapas de producción del componente de que se trate: Extracción-compra materia prima / Procesamiento y transformación / Producción

- **Energía eléctrica para transformación de la mat. prima (KWh / kg de material producido)**: Disminuir al máximo.
- **Agua consumida para la producción y transformación (lts. / kg de material producido)**: Disminuir al máximo.
- **Lts. de combustible p/ producción 1m² de componente**: Disminuir al máximo.
- **Emisiones ambientales por unidad de consumo de energía eléctrica (gr de CO₂ y gr. de SO₂ / KWh/m² procesado y transformado)**: Disminuir al máximo.
- **Energía eléctrica para puesta en obra de partes del componente de que se trate (KWh / m² puesto en obra)**: Disminuir al máximo.
- **Agua consumida para la puesta en obra (lts. / m² puesto en obra)**: Disminuir al máximo.
- **Emisiones ambientales por unidad de consumo de energía eléctrica (gr de CO₂ y gr. de SO₂ / KWh/m² puesto en obra)**: Disminuir al máximo.

VII.3. Estrategias aplicables en etapa de uso

Manual de funcionamiento (o de mantenimiento)

Características constructivas, especificaciones técnicas y de materiales, etc., para facilitar el mantenimiento y gestión por parte del usuario (tabla 31):

- **Mantenimiento de instalaciones de provisión de agua**: Controlar periódicamente que no existan pérdidas de agua en el tendido de la instalación. En lo posible, utilizar inodoros de doble descarga (para regular el volumen de agua) y limitadores en griferías. Verificar el correcto funcionamiento de temporizadores y limitadores en grifería de lavatorios de baños, así como de la doble descarga de inodoros en los baños, para evitar el desperdicio de agua.
- **Mantenimiento de instalaciones de desagües**: Controlar periódicamente que no existan fugas ni obstrucciones en el tendido de la instalación de desagües, utilizando para ello las cámaras de inspección, caños cámara, bocas de desagüe, bocas de inspección, bocas de lluvia y rejillas de piso correspondientes.
- **Mantenimiento de instalación eléctrica**: Controlar el adecuado funcionamiento de interruptores, disyuntores diferenciales y llaves termomagnéticas de los tableros correspondientes a cada zona en que se haya realizado el planteo de electricidad de la vivienda. En lo posible, plantear iluminación artificial de bajo consumo y LED's en la mayor cantidad de sectores posibles, así como iluminación exterior de LED's autosuficientes. Controlar periódicamente el correcto funcionamiento de los sensores de encendido de luz en aquellas zonas generales que no tengan un uso continuo. Controlar periódicamente el correcto funcionamiento de los temporizadores de luz en espacios de uso discontinuo, tales como sanitarios, etc., para evitar el gasto innecesario de electricidad.
 - **Mantenimiento de luminarias**: llevar un registro de horas de encendido de las luminarias con sus lámparas correspondientes, para detectar a tiempo posibles fallas en los artefactos de iluminación y/o en la instalación eléctrica y prevenir cortocircuitos y otros problemas más graves.
 - **Mantenimiento de equipos de climatización**: limpiar periódicamente los filtros de equipos de aire acondicionado.
- **Gestión de residuos**: Generación - Tratamiento/disposición final / Recuperación

- **Limpieza y mantenimiento de pisos y paredes de locales:** En este punto habrá que tener en cuenta las recomendaciones técnicas de los fabricantes de los materiales que se utilicen como terminaciones superficiales de pisos, paredes y cielorrasos de la vivienda, pues cada tipo de terminación y/o revestimiento soporta o no determinadas acciones y productos de limpieza para la conservación de sus propiedades físicas, mecánicas y estéticas.

Libro del usuario

Instrucciones concretas de los mejores usos de la vivienda y de las instalaciones por parte del **usuario no especializado**:

- **Uso del agua y los sanitarios**
- **Mantenimiento del Aire**
 - **Instrucciones de implementación de ventilación selectiva:** el tiempo de local cerrado para el día tipo de verano comprende desde las 6 hasta las 22, hora solar. Cuando la temperatura exterior vuelve a ser aceptable para el confort, comienza el tiempo de local abierto. Esto sucede a las 22 hs. y representa también el punto límite superior que alcanza la temperatura interior. En este horario es preciso ventilar convenientemente para eliminar los efectos de desconfort que producirían las temperaturas excesivas y comenzar el día siguiente en las condiciones de equilibrio térmico propuestas.

El calor total desprendido durante el tiempo de local abierto debe ser igual al acumulado en el tiempo de local cerrado para que no se alteren las condiciones óptimas de confort (Bocanegra, A. et al., 1972).
- **Uso de la iluminación artificial**
 - **Recomendaciones para encendidos y apagados, tiempos de espera:** se limitan, en general, a instar a los usuarios a verificar el apagado de luces al salir y/o dejar de usar un local determinado.
- **Uso de los equipos de climatización**
 - **Recomendaciones para encendidos y apagados, tiempos de espera:** se limitan, en general, a instar a los usuarios a verificar el apagado de equipos al dejar de usar un local determinado.
- **Residuos:** Concienciar a los usuarios acerca de la necesidad de generar menor cantidad de residuos y de las mejores maneras de lograrlo: reutilizar materiales e insumos en la mayor medida posible, así como de la necesidad de disponer adecuadamente los residuos según su clase.

Auditorías - diagnósticos ambientales periódicos – implementación de mejoras

- **Verificaciones y medidas correctoras**
 - **Realización de estadísticas de consumos energéticos en el edificio:** para crear cuadros comparativos y poder realizar un consumo equilibrado.
 - Verificar la demanda total anual de electricidad del edificio Legislativo por unidad de superficie (KWh/m²/año).
 - Comparar la demanda total anual de electricidad del edificio por unidad de superficie (KWh/m²/año) con estándares internacionales:
 - El consumo de energía por unidad de superficie del edificio proyectado debería compararse con estándares internacionales, a los efectos de obtener una valoración relativa del mismo. Los estándares de referencia (Blasco Lucas, I. et al, 2000) son:
 - *Edificio moderno (MB): con 150 kWh/m² año*
 - *Edificio de bajo consumo (LEB): con 50 kWh/m² año*
 - *Edificio de consumo super bajo (SLEB): 25 kWh/m² año.*
 - **Revisiones periódicas de las carpinterías exteriores del edificio** para evitar infiltraciones excesivas.
 - **Revisiones periódicas de instalaciones** para evitar pérdidas y despilfarro energético.
- **Implantación paulatina de energías renovables** (por ejemplo energía solar para el calentamiento de agua) con un triple cometido: ahorro energético, generación de energía limpia y concienciación al usuario y a la sociedad.

TABLA 31: ESTRATEGIAS DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICO AMBIENTAL DE VIVIENDAS EN ETAPA DE USO

| PAUTAS APLICABLES EN ETAPA DE USO | |
|---|--|
| OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICO - AMBIENTAL DE VIVIENDAS | 5. MANUAL DE FUNCIONAMIENTO |
| | 5.1. Mantenimiento de instalaciones de provisión de agua |
| | 5.2. Mantenimiento de instalaciones de desagües |
| | 5.3. Mantenimiento de instalación eléctrica |
| | 5.4. Gestión de Residuos |
| | 5.5. Limpieza y Mantenimiento de pisos y paredes de locales |
| | 6. LIBRO DEL USUARIO |
| | 6.1. Uso del agua y los sanitarios |
| | 6.2. Mantenimiento del Aire |
| | 6.3. Uso de la iluminación artificial |
| | 6.4. Uso de los equipos de climatización |
| | 6.5. Residuos |
| 7. AUDITORIAS - IMPLEMENTACIÓN - MEJORAS | 7.1. Verificaciones y medidas correctoras |
| | 7.2. Implantación paulatina de energías renovables |
| | a. Mantenimiento de luminarias |
| | b. Mantenimiento de equipos de climatización |
| | a. Instrucciones de implementación de ventilación selectiva |
| | a. Recomendaciones para encendidos y apagados, tiempos de espera |
| | a. Estadísticas de consumos energéticos en el edificio Demanda total de electricidad del edificio por unidad de superficie (KWh/m ² /año). |
| | b. Revisiones periódicas de carpinterías exteriores |
| | c. Revisiones periódicas de instalaciones |

VIII. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Se ha dado cumplimiento al objetivo propuesto al encarar el trabajo, referido a aportar herramientas de análisis que contribuyan al desarrollo de conocimientos relacionados con la "eficiencia energética – ambiental" del sector edilicio residencial en la región noreste de Argentina, a través de la comparación de dos tecnologías, por un lado la de empleo de la madera de bosques cultivados locales mediante técnicas de construcción "en seco" y por otro la construcción tradicional mediante técnicas convencionales (de mampuestos- o "húmedas"-), en base al estudio del rendimiento energético en etapa de servicio y al Análisis de Ciclo de Vida (en toda la cadena productiva del sistema – producto, entre las que la etapa de uso es altamente significativa).

La disminución del consumo energético, con la consiguiente disminución de emisiones ambientales perjudiciales al ambiente, en viviendas de interés social en el NEA, sería posible sin perder de vista la calidad de vida de los usuarios, apuntando a lograr las condiciones de confort establecidas mediante la adecuación bioclimática de la construcción, el uso racional de la energía y el uso de ciertos materiales disponibles y de explotación ambientalmente sustentable -y de muy buen comportamiento higrotérmico-, como la madera de bosques cultivados de origen local.

Se consideró en este trabajo al ambiente como parte de los recursos naturales y viceversa, ya que todos los "medios" contienen recursos de una u otra manera útiles para la supervivencia del hombre. Todos esos elementos forman parte del patrimonio natural.

Así, los aspectos de sustentabilidad energética con respecto a recursos naturales y el medio ambiente son tratados de manera conjunta (las fuentes energéticas constituyen una parte muy importante dentro de los recursos naturales, sean éstos renovables o agotables, y el impacto de las actividades del sector energético sobre el medio ambiente es múltiple).

El ahorro y el mejor uso de la energía implican una disminución del impacto sobre el ambiente local y global y de la presión sobre los recursos energéticos agotables.

En este contexto, la aplicación de criterios de diseño energética y ambientalmente eficientes para los componentes edilicios del sector residencial de interés social, especialmente los constitutivos de la envolvente arquitectónica, conlleva a un ahorro en los gastos materia, energía, emisiones, residuos, etc. La producción del hábitat humano puede así, mediante un adecuado diseño, ser más sustentable y generar menos impacto en el medio natural.

Los parámetros de habitabilidad de muros y techos de las viviendas analizadas. La situación de los cerramientos de madera

Se advierte en general un bajo nivel de habitabilidad higrotérmica, sobre todo en lo referente a valores de transmitancias térmicas, siendo los valores obtenidos muy altos, lo que sitúa a los componentes analizados en un nivel C (mínimo aceptable según la categorización propuesta por Norma IRAM 11605/96) cuando no fuera de toda categoría por ser demasiado altos. Sólo en casos aislados se presentan niveles medios (B).

La categorización de la construcción según la Norma IRAM 11605/96 está basada en función de los valores de transmitancia térmica de muros y techos (a menores valores de transmitancia corresponde mayor categoría constructiva).

La normativa de habitabilidad higrotérmica a la luz de la cual fueron analizados los componentes de las viviendas no es de aplicación obligatoria para el sector privado, al cual corresponden varias de las viviendas analizadas, pero teóricamente sí lo es para el sector oficial, aunque, por los resultados obtenidos, parece no haber sido verificada al momento de presentar los legajos de obra ante los organismos correspondientes.

En líneas generales, la situación higrotérmica de los componentes de la envolvente analizados (muros y techos) resulta preocupante, ya que situaciones de mal desempeño higrotérmico acarrean patologías no solamente constructivas, sino que generan ambientes interiores fuera de las condiciones de confort, lo que a su vez repercute en el bienestar de los ocupantes cuando éstos no cuentan con medios para acondicionar artificialmente (y por medios mecánicos) los interiores de sus viviendas, o bien repercute en su economía, ya que de contar con medios de acondicionamiento de ambientes, los gastos de energía lógicamente son muy superiores respecto a si pudiera darse la situación de prescindencia de tales medios, o al menos de un uso menos intenso.

Las soluciones de muros de madera analizadas resultan de un diseño tecnológico muy precario y el criterio dominante parece haber sido utilizar la menor cantidad posible de material. Aún así, se vislumbra que la madera posee, comparativamente con otros materiales, como los mampuestos, valores mucho más bajos de transmitancia térmica, lo que la hace más aislante y más eficiente desde el punto de vista del consumo energético para acondicionamiento interior de los ambientes.

Se detecta que la panelería de madera, a espesores mucho menores, en soluciones de muro tipo sandwich, presenta menores o iguales valores de transmitancia térmica que soluciones de mampostería de 20 y hasta 30cm. de espesor.

En panelería de madera, los valores más bajos de transmitancia térmica (mayor resistencia térmica) se presentan en panelería tipo sandwich, de dos hojas, exterior e interior, que delimitan entre ambas un espacio ocupado por un bastidor o esqueleto que alberga además un material aislante térmico.

Valores dos y hasta tres veces superiores de coeficientes de transmitancia térmica (menor resistencia al paso del calor) se obtienen cuando la panelería está compuesta de una sola hoja de madera, aumentando la transmitancia térmica en proporción inversa al espesor de la hoja.

Como la categorización de la construcción según la Norma IRAM 11605/96 está referida a los valores de transmitancia térmica, los resultados obtenidos reflejan que, desde el punto de vista higrotérmico, las construcciones regionales con envolvente perimetral de madera se resuelven con criterios de mínima calidad (el 60% de los casos considerados ni siquiera se encuadra en el nivel mínimo aceptable según la normativa y sólo un caso se incluye en el nivel medio). Las peores situaciones, fuera de normativa, corresponden a los paneles de una sola hoja y tipo sándwich, pero sin aislante térmico.

También resulta notorio que los casos detectados de ocurrencia de condensaciones superficiales o intersticiales en muros corresponden a viviendas con panelería de madera. Posiblemente tal circunstancia reconozca entre sus causas a una falencia en el diseño de la ubicación de los materiales, capa por capa, en las soluciones tipo sandwich (en ellas la condensación se produce, del interior al exterior, entre el aislante térmico y la hoja exterior de madera), en que parece no haberse estudiado con cuidado el descenso de temperaturas y de presiones de vapor de agua.

El desempeño energético de las viviendas en etapa de uso. Grado de adecuación bioclimática

Del análisis de las viviendas definidas en sus aspectos situacionales / relacionales y tecnológicos en forma conjunta, y luego de la realización de simulaciones de desempeño higrotérmico y energético mediante software específico, se desprende que:

Los factores de mayor incidencia en el consumo de energía eléctrica necesaria para climatizar y mantener condiciones de confort en las viviendas son: el material constitutivo de la envolvente de la vivienda, la orientación y la compacidad (factor de forma).

Los consumos eléctricos reales por superficie (calculados a partir de dividir el consumo mensual de meses típicos de verano promedio por 30 días, y a su vez este resultado dividirlo por la superficie de cada vivienda analizada) según la empresa facturadora son mucho menores a los consumos eléctricos necesarios para climatizar y mantener el confort interior según la simulación dinámica realizada, lo que puede deberse a la insuficiente disponibilidad económica por parte de los usuarios para proveerse de artefactos para el acondicionamiento artificial de los ambientes y, por ende, al acostumbramiento a la continua habitabilidad en ambientes con altos índices de discomfort.

El consumo de electricidad, tanto el real (registrado por la empresa facturadora del consumo eléctrico) como el simulado para lograr el confort interior, aumenta en verano principalmente por el uso de ventiladores y equipos de aire acondicionado. La mayor necesidad de energía para acondicionamiento térmico se produce en verano, ya que el consumo energético de invierno es aproximadamente un 65% menor que el de verano.

En el período estival existe mayor necesidad de energía para climatización artificial, ya que los ambientes interiores de las viviendas se encuentran durante un mayor porcentaje de tiempo fuera de las condiciones mínimas de habitabilidad definidas²³.

Los resultados obtenidos determinan el grado de déficit de las tipologías de viviendas analizadas en cuanto a consumos reales de energía (mucho menores a los necesarios para el confort, por lo que se presupone

²³ La franja de confort se define, para esta región, entre los 18°C –mínima confortable de invierno- y los 28°C –máxima confortable de verano.

que se ha aceptado por parte de la población el confort térmico dentro de las viviendas como hecho habitual), y en cuanto a la comparación de los consumos con estándares internacionales. Todas las tipologías analizadas acusan consumos de energía anual para el confort por unidad de superficie iguales a ocho o nueve veces más que el más alto de los estándares de referencia.

De lo expuesto se desprende la necesidad de encarar serios estudios que contribuyan a hacer un uso más eficiente de la energía, no sólo a través de la elección acertada de los materiales constitutivos de la envolvente, sino también a través del estudio de posibilidades de lograr potenciales ahorros en los otros rubros de la estructura del consumo eléctrico residencial (iluminación, por ejemplo).

Al reemplazar los muros de mampostería tradicional por la panelería de madera propuesta, el índice anual de consumo energético para mantener el confort por unidad de superficie de las viviendas se redujo casi un 21% con respecto a la situación original.

A partir de ello, si se tiene en cuenta el número de viviendas que sería necesario fabricar cada año para cubrir la demanda habitacional insatisfecha, esta diferencia de 21%, solamente en etapa de uso, a favor del empleo de madera de bosques cultivados locales (y con manejo sustentable) en la materialización de la envolvente, representaría cantidades absolutas muy relevantes para el ambiente.

Por los resultados obtenidos, la implementación de la tecnología maderera en la construcción regional (no siempre bien difundida, aprovechada y explotada), debería ser una de las tecnologías dominantes en nuestro medio, por su alta disponibilidad y por el potencial ahorro energético y eficacia ambiental que conlleva.

Si a este porcentaje de ahorro en energía eléctrica para acondicionamiento del aire a niveles de confort, simplemente mediante el uso de materiales de mejor rendimiento termo - energético, como se ha verificado la madera de bosques cultivados locales con manejo sustentable, se le agrega el potencial de ahorro que se obtendría aprovechando más la iluminación natural mediante el diseño de aberturas, mejorando y optimizando la influencia del factor de forma, seguramente el porcentaje de ahorro sería aún más impactante, especialmente si se tiene en cuenta lo que este porcentaje de ahorro en energía eléctrica significa en términos de reducción de emisiones contaminantes al ambiente.

Los resultados hasta aquí comentados solamente indican algunos parámetros que demuestran las ventajas del uso de la panelería de madera en la materialización de la envolvente de las viviendas, por el ahorro de energía eléctrica demandada para acondicionar los ambientes interiores en ETAPA DE USO.

Aplicación introductoria del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) a muros exteriores de las viviendas para estimación de su eficiencia ambiental

Se utilizó el método del ACV (Análisis de Ciclo de Vida) para la identificación de materiales constitutivos de muros envolventes de viviendas con menor impacto ambiental o con menores efectos ambientales negativos.

Se buscó determinar cuáles son las ventajas y desventajas ambientales y energéticas del uso de panelería de madera de bosques cultivados locales de la región NEA en lugar de ladrillos comunes de fabricación artesanal en los obrajes zonales, para la construcción de muros en prototipos de vivienda ubicadas en las localidades de Corrientes y Resistencia. Para ello se estudió el ciclo de vida de los materiales usados en la materialización de 1m² de muro de madera y de 1m² de muro de mampostería de ladrillos comunes, así como el impacto de cada etapa de dicho ciclo, analizando sólo los principales desde el punto de vista de los problemas ambientales que provocan en cada fase.

Según los resultados de la aplicación introductoria del ACV resumido, pueden definirse los factores principales que influyen de manera decisiva en el perfil ambiental de los materiales empleados para materializar la envolvente muraria de las viviendas de la región, según lo detectado en el caso analizado:

- **CANTIDAD DE MATERIA/RECURSOS INCORPORADA:**

Un indicador tosco del impacto ambiental de cada tipo de muro analizado está constituido por la cantidad de materia que tienen incorporada. Se trata de un indicador limitado, que no contempla el consumo de energía requerido para la fabricación de esos materiales, ni los impactos ambientales asociados a cada uno de ellos.

Este factor favorece al panel liviano tipo sandwich de madera (29 kg/m²), ya que su peso es casi 17 veces menor que el del muro de mampostería de ladrillo comunes (490 kg/m²). Por otra parte, la madera utilizada procede de bosques con explotación forestal sustentable (recursos naturales renovables) y no de bosques degradados y no reforestados.

- **ENERGÍA Y EMISIONES ASOCIADAS AL TRANSPORTE:**

Considerando este factor se obtiene una importante diferencia a favor del panel de madera, ya que la madera forestal es de origen local (depto. Ituzaingó, NE de Corrientes), y además no intervienen otros materiales, excepción hecha de los clavos para el armado del panel y el papel tipo Kraft que se usa como barrera contra el viento en el panel. En cambio, en el muro de ladrillos comunes, si bien éstos son de fabricación artesanal local, tiene muchísima incidencia en el transporte el empleo de cemento y cal.

• **ENERGÍA Y EMISIONES ASOCIADAS AL PROCESAMIENTO – PRODUCCIÓN:**

Se deberían tener en cuenta las etapas de producción del o de los componente/s de que se trate:

Extracción materia prima: no se cuenta con datos del sector que permitan cuantificar la superficie necesaria de tierra para obtener 1m² de madera aserrada. Comparativamente, para la construcción de 1m² de mampostería son necesarios 120 ladrillos, lo que significa una extracción de tierra equivalente a 0,225 m³ para fabricar un poco más de 120 ladrillos (puesto que se deben considerar los desperdicios). Ante la comparación con la situación europea, la madera de pino tiene una leve superioridad de impacto con respecto a los cerámicos en la categoría de *uso de la tierra*, pero esto podría explicarse por el alto grado de industrialización en la elaboración de los cerámicos en la situación europea y por el intensivo uso de la tierra, que hace que las superficies destinadas a forestaciones sean de importancia significativa. En nuestra región la situación podría ser exactamente a la inversa, pues existe un agudo proceso de empobrecimiento y deterioro de la tierra en la zona de los pisaderos y aledañas tras los sucesivos usos para pisaderos de barro, oreado, cocción de ladrillos, etc.

Procesamiento y transformación: el proceso de cocción de los ladrillos comunes supone un gasto energético considerable, que puede traducirse numéricamente (si dicho proceso fuera realizado con energía eléctrica, por ejemplo en el caso de una fábrica industrial de cerámicos, considerando que esta funciona con energía eléctrica mixta de red urbana) y según valores internacionales²⁴, como equivalente a 2,98 kWh en la relación de "energía primaria / energía final consumida", que implica una emisión tóxica de "gas de efecto de invernadero" equivalente a 683 g/kWh de CO₂.

Producción de materiales y componentes: analizando los recursos energéticos utilizados, la mampostería de ladrillos comunes requiere más de cuatro veces lo requerido por el panel sandwich de madera. Entre los recursos que son incluidos en este factor, y que no son contemplados en el primero (*cantidad de materia incorporada*), se cita la energía requerida para fabricar el cemento o la cal, es decir, los materiales auxiliares necesarios para la fabricación del muro. En cuanto a la energía requerida para procesar la madera en aserraderos, la misma estaría dada por la energía eléctrica que requieren las máquinas de corte, seccionamiento y moldurado (como sierra sínfin, canteadora, despuntadora, machimbradora) que resulta menor, en nuestra zona y con la tecnología disponible en los aserraderos locales, a la energía insumida, por ejemplo, en la fabricación del cemento y la cal para ejecutar el muro de ladrillos.

Puesta en obra

• **ENERGÍA Y EMISIONES ASOCIADAS AL USO:**

En este punto se debería considerar muy especialmente y tratar de cuantificar la energía eléctrica necesaria para mantener condiciones de confort interiores del edificio. Las variables determinantes de la energía consumida para mantener las condiciones de confort interior edificio ya fueron discutidas precedentemente.

La última fase del ciclo de vida de los muros analizados, la fase de desmantelamiento o de fin de vida, es de más difícil cuantificación ya que no existen estrategias oficiales de recuperación, reciclado o re-uso de materiales, ni estadísticas sobre el destino final de los materiales de demolición, los cuales encuentran lugar muchas veces en vaciaderos clandestinos. Se puede solamente hacer una apreciación cualitativa, donde también el panel de madera presenta ventajas, dada la mayor facilidad para desmontar, tanto por la tipología constructiva como por el menor peso que presenta. Además, la madera tiene varias opciones de reciclado y re-uso, incluyendo la combustión con fines energéticos, mientras la mampostería de ladrillos comunes no es re-utilizada, sólo tras su demolición se usan los escombros para rellenos o para contrapisos pobres, al menos localmente, o bien termina siempre en vaciaderos de residuos o en rellenos sanitarios.

Considerando estos factores, el perfil ambiental de la mampostería de ladrillos comunes se demostró más negativo ambientalmente que el de los muros de madera en casi todos los impactos analizados. El proceso de fabricación de ladrillos, que en casi todas las zonas de Corrientes y Resistencia se realiza en forma artesanal, en condiciones laborales muy precarias y utilizando leña para su cocción, libera grandes cantidades de monóxido de carbono. En cambio, cuando se utiliza madera como material estructural, se produce un efecto de retención del CO₂ atmosférico en el edificio del cual forma parte, mientras se evitan las emisiones asociadas al uso de otros materiales estructurales que requieren energía convencional para su fabricación.

Los factores de mayor influencia en la eficiencia energética y ambiental de las viviendas analizadas

De los tres momentos principales que caracterizan las etapas del ciclo de vida de un edificio (Extracción materia prima, Procesamiento/Producción y Uso), aquel correspondiente al uso es preponderante en cuanto a consumos y emisiones se refiere, debido fundamentalmente a la gran duración que tienen los edificios (se consideró la vida útil de las viviendas en 40 años). Durante esta fase el consumo de energía y de agua potable y la cantidad de residuos generados son muy importantes. Esto determina que las estrategias adoptadas para reducir el impacto del sector deban introducir consideraciones en la fase de diseño orientadas a reducir los consumos de operación de los edificios.

Se verificó que es posible modificar la energía consumida, tanto durante el uso de un edificio como a lo largo de todo el ciclo de vida de los materiales que lo componen, modificando la energía incorporada en dicho edificio (por ejemplo, cambiando el material constitutivo de sus muros o de cualquier otro componente) y la cantidad de energía consumida para la construcción.

Es fundamental remarcar que el enfoque de la eficiencia energética en el sector edilicio, a pesar de su evidente importancia, no es el único criterio de diseño, ya que la calidad del hábitat no solo depende de los recursos energéticos disponibles, sino también del costo de insumos en relación con los recursos

²⁴ Institut Wohnen und Umwelt (Instituto de Vivienda y Medioambiente) - IWU, Darmstadt, Alemania 20/06/2002.

económicos disponibles y, sobre todo, de las condiciones ambientales que se logran, y a esto apunta la eficiencia ambiental. Por ello se consideró en este trabajo a la eficiencia energética como parte de la eficiencia ambiental.

En base a esto, el objetivo del uso racional de la energía no reside únicamente en el ahorro, ni en la sustitución de recursos no renovables, sino principalmente en la optimización de las condiciones de habitabilidad con el menor consumo de todos los recursos, ya sean energéticos o económicos. Obtener mayor confort con el menor costo disminuirá el consumo de combustibles convencionales y también mejorará la calidad de vida de los habitantes.

En otras palabras, lograr en el sector edilicio residencial un perfil ambiental satisfactorio es posible sin sacrificar calidad del ambiente habitable, sino mediante la instrumentación de medidas de adecuación, entre las que la selección de materiales constitutivos de dicha construcción tiene una incidencia preponderante, junto a factores de diseño bioclimático, implementando pautas de orientación, morfología y diseño tecnológico de los componentes de la envolvente que surgen de estos estudios.

Por otra parte, la instrumentación de estas medidas no supondría mayores costos, sino más bien un mayor porcentaje de tiempo dedicado a la fase de diseño y proyecto, y la plena vigencia de una normativa de observancia obligatoria, tanto para el sector público como para el privado.

Con respecto a los costos que implica el logro de soluciones habitacionales energética y ambientalmente optimizadas, el principio a seguir debería ser que todo nuevo gasto destinado a mejorar el rendimiento energético edilicio debe confrontarse con lo que es capaz de aportar en el plan energético. Debe haber un umbral en los valores de relación "costo de una mejora / energía de explotación ahorrada".

Para ello también sería deseable la implementación de medidas a nivel normativo destinadas a fomentar el URE a través de incentivos fiscales a construcciones con criterios de diseño ambientalmente optimizados (proponer un sistema de facturación con beneficios para aquellos proyectos que presenten rangos de desempeño energético mejorados).

También debería gestionarse la inclusión en el Código de Edificación de un capítulo sobre Uso Racional de la Energía (URE), con recomendaciones técnicas sobre las medidas a implementar para mejorar el desempeño energético de las construcciones, así como desarrollar un método integral simplificado de evaluación energética - ambiental y verificación de la habitabilidad higrotérmica de las obras nuevas, ampliaciones y remodelaciones, que se considere como documentación técnica imprescindible y obligatoria en el legajo, tanto de los Consejos Profesionales como de las Municipalidades respectivas.

Estas constituirían las primeras medidas tendientes a consolidar las bases de una futura propuesta de Certificación Energética - Ambiental de Edificios en nuestra región.

Ninguna de las normas vigentes actualmente en la región ni en el país incorpora la necesidad de un análisis integral de los flujos energéticos y los perfiles ambientales en la edificación, lo que implica que la actual normativa no contempla el *factor eficiencia energética - ambiental en la edificación*, el cual se reconoce en la actualidad como un factor fundamental desde el punto de vista ambiental a nivel internacional.

Es notable que todos los países que han avanzado en el camino a la reestructuración sientan la necesidad de proveer fuerte apoyo para la promoción del uso eficiente de la energía eléctrica. En la República Argentina, actualmente, no existe este tipo de apoyo ni de programas, sino tan sólo algunos esfuerzos aislados tales como el Programa de Cooperación en URE de la Comisión Europea, pero no incluidos dentro de una política o marco de promoción general de esta actividad.

Los análisis efectuados y los resultados obtenidos permiten afirmar que los factores de mayor incidencia en la eficiencia energética y ambiental edilicia son:

- A lo largo del ciclo de vida de la edificación: el consumo energético y emisiones asociados a los materiales constitutivos del edificio.
- Durante la etapa de uso (vida útil) de la edificación: el material constitutivo de la envolvente de la vivienda, la orientación y la compacidad (factor de forma).

La hipótesis de trabajo según la cual la construcción en y con madera de bosques cultivados locales con manejo sustentable representa una alternativa constructiva más eficiente, económica y benigna desde el punto de vista ambiental con respecto a la construcción tradicional (mediante la técnica del mampuesto de fabricación local artesanal) de viviendas de interés social en el NEA, ha sido corroborada en alto grado, en base a los resultados obtenidos a través de los procedimientos aplicados.

Pese a ello, parece una contradicción que la tecnología constructiva maderera no esté suficientemente difundida en nuestra región, ni aprovechada o explotada, cuando debería ser una de las tecnologías dominantes, por la alta disponibilidad de materia prima forestal y por el potencial ahorro energético y eficacia ambiental que conlleva.

El muro de mampostería de ladrillos comunes, a lo largo de su ciclo de vida, impacta más fuertemente en el *Potencial de Calentamiento Global* (por las grandes emisiones de CO₂ durante la cocción de los ladrillos, ya que requiere alcanzar temperaturas del orden de los 1000° C) y en el *potencial de Acidificación*, tanto durante la fase de procesamiento y producción como en la fase de uso (40 años estimados). Por otra parte se obtiene de recursos no renovables y demanda *mayor cantidad de energía asociada al transporte*, ya que en él intervienen materiales como el cemento y la cal, a diferencia del muro de madera, en que el 95% del material constitutivo básico lo representa la madera local de origen forestal. Sus ventajas ambientales radican en su durabilidad y en sus bajos costos de mantenimiento.

Analizando los *recursos energéticos utilizados*, la mampostería de ladrillos comunes requiere más de cuatro veces lo requerido por el panel sandwich de madera. Entre los recursos que son incluidos en este factor se cita la energía requerida para fabricar el cemento o la cal, es decir, los materiales auxiliares necesarios para la fabricación del muro. En cuanto a la *energía requerida para procesar la madera* en aserraderos, la misma estaría dada por la energía eléctrica que requieren las máquinas de corte, seccionamiento y moldurado (como sierra sinfín, canteadora, despuntadora, machimbradora) que resulta menor, en nuestra zona y con la tecnología disponible en los aserraderos locales, a la energía insumida, por ejemplo, en la fabricación del cemento y la cal para ejecutar el muro de ladrillos.

Los efectos negativos asociados al panel de madera se originan principalmente en el proceso de secado si se utilizará energía eléctrica para dicho proceso, y de impregnación química de la madera. Entre los fungicidas e insecticidas, las sales hidrosolubles y compuestos químicos que deben aplicarse con disolventes pueden resultar tóxicos. Entre las sales, las de boro no desprenden ningún tipo de elemento tóxico, aunque necesitan un tratamiento hidrófugo para protegerlas del agua. Entre las aplicadas con disolventes, el dieldrín, el endrín, el DDT o el pentaclorofenol se han prohibido o tienen usos muy restringidos. Sus sustitutos, como la permetrina, presentan una toxicidad muy baja. Las investigaciones apuntan ahora a productos que queden fijados a la madera y que no desprendan COV ni metales pesados. En la actualidad, los protectores deben estar registrados en los ministerios de sanidad y de agricultura, donde se realiza el control de su toxicidad.

En lo referente al *uso de la tierra*, no se cuenta con datos del sector que permitan cuantificar la superficie necesaria de tierra para obtener 1m² de madera aserrada. Comparativamente, para la construcción de 1m² de mampostería son necesarios 120 ladrillos, lo que significa una extracción de tierra equivalente a 0,225 m³ para fabricar un poco más de 120 ladrillos (considerando los desperdicios). Ante la comparación con la situación europea, la madera de pino tiene una leve superioridad de impacto negativo con respecto a los cerámicos en la categoría de *uso de la tierra*, pero esto podría explicarse por el alto grado de industrialización en la elaboración de los cerámicos en la situación europea y por el intensivo uso de la tierra, que hace que las superficies destinadas a forestaciones sean de importancia significativa. En nuestra región la situación podría ser exactamente a la inversa, pues existe un agudo proceso de empobrecimiento y deterioro de la tierra en la zona de los pisaderos y aledañas tras los sucesivos usos para pisaderos de barro, oreando, cocción de ladrillos, etc.

Es necesario planificar y proyectar un hábitat que nos permita lograr mejor calidad de vida con menor consumo de energía (o manteniendo el consumo pero a base de recursos de bajo nivel de contaminación) y sin aumentar significativamente el uso de otros recursos económicos y materiales. Los arquitectos tenemos gran responsabilidad en el logro de esa meta, produciendo edificios ambiental y energéticamente eficientes que brinden mejores condiciones ambientales con menor esfuerzo, a través de:

- La selección de materiales con menor contenido energético, comprendiéndose en ello la energía necesaria para su fabricación y puesta en obra, para lo cual la herramienta y metodología del Análisis de Ciclo de Vida se demuestra con alta potencialidad para la evaluación energética y ambiental de alternativas proyectuales en el sector edilicio, ya que posibilita estimar los impactos ambientales generales que cada elección determina e incluso identificar de manera aproximada los procesos o los materiales que los causan, lo que constituye el primer paso para mitigarlos.
- El diseño de formas, tipologías edilicias y elementos constructivos que requieran menos energía para su construcción y acondicionamiento, ya que las decisiones respecto a la forma de agrupamiento y a las tipologías empleadas tiene gran importancia, pues determina el contenido energético de la construcción y además influye en el consumo de energía requerida para el mantenimiento y uso del edificio.
- La concientización a los usuarios de las viviendas, que desempeñan un importante papel en la estrategia de operación para el control climático del edificio, que en última instancia, redonda en el potencial de ahorro energético y consecuente Uso Racional de la Energía y eficiencia ambiental.

Cuando no se incorporan desde el diseño tecnologías cuyo perfil ambiental - energético resulte eficiente, el propietario y la comunidad pierden una importante oportunidad de disminuir los consumos de energía para toda la vida útil del edificio, en tanto que un proyectista consciente puede lograr, con los conocimientos e instrumentos pertinentes, una reducción significativa de los impactos ambientales del sector edilicio.

Este trabajo pretendió justamente aportar algunas herramientas o instrumentos de análisis del desempeño energético y ambiental de la construcción tendientes a poner a disposición de los actores involucrados, algunos instrumentos conceptuales que permitan incorporar de modo sistemático la dimensión ambiental en el proceso de diseño, constituyéndose en una base para la toma de decisiones de un diseño que permita efectivizar los potenciales de ahorro de energía estimados, para mitigar los impactos ambientales negativos del sector residencial en lo referente a elección de materiales a emplear en la materialización de la envolvente del objeto arquitectónico y a su implantación en zonas de clima cálido y húmedo, como Resistencia y Corrientes, dos de las ciudades - cabecera del Nordeste Argentino.

IX. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Abruzzini, M. P. (2000). *Análisis y propuesta para el proyecto de ley de uso eficiente de la energía en Argentina*. Santiago de Chile. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Proyecto CEPAL/Comisión Europea "Promoción del uso eficiente de la energía en América Latina". Publicación de las Naciones Unidas. Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Aeberhard, R. et al. (2002). *Determinación del coeficiente de conductibilidad térmica de la madera de Algarrobo (prosopis)*. Grupo de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables (GIDER). Dpto. de Termodinámica - Facultad de Ingeniería - UNNE- Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2002. Universidad Nacional del Nordeste. <http://arq.unne.edu.ar/cyt/2002/cyt.htm>
- Alavedra, P. et al (2001). *La construcción sostenible. El estado de la cuestión*. Departamento de Ingeniería de la Construcción de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC); Área de Ingeniería de la Construcción del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Zaragoza (UZ); Departamento de Ingeniería de la Construcción de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC); Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo del Ministerio de Fomento, España. <http://www.habitat.aq.upm.es/boletin/n4/apala.html>
- Alías, H. M. (1998). *Diseño sistema constructivo en madera. Aplicación en equipamiento de interés social: Salud*. Trabajo de investigación aplicada desarrollado en la Cátedra Arquitectura V – U.P."C" de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE., bajo la dirección general de la Arq. Inés J. PRESMAN y la asesoría técnica del Arq. Guillermo J. JACOBO.
- Alías, H. M. (1999). *Corrientes y el Problema Habitacional. ¿Participación Popular en la Construcción del Hábitat?* Monografía correspondiente al Módulo 5 de la Maestría en Gestión Ambiental: "Gestión, Organización y Participación Social", dictada en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- Alías, H. M. (2000). *Ideas acerca de la Relación Eficiencia Energética - Impacto Ambiental Aplicadas a la Construcción en Madera en el NEA*. Monografía correspondiente al Módulo 8 de la Maestría en Gestión Ambiental: "Evaluación y Gestión Ambiental de Proyectos", dictada en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- Alías, H. M. (2000). *Los Bosques y la Madera, Recurso Natural Renovable: ¿Explotación Ambientalmente Sustentable? Caso Corrientes*. Monografía correspondiente al Módulo 3 de la Maestría en Gestión Ambiental: "El Desarrollo Económico y la Sustentabilidad Regional y Urbana", dictada en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- Alías, H. M. (2001). *Ecosistemas y Zonas Forestales en Corrientes. La explotación maderera desde la óptica de algunos actores involucrados. Implicancias en la Biodiversidad*. Monografía correspondiente al Módulo 2 de la Maestría en Gestión Ambiental: "Uso Sostenible de los Ecosistemas Naturales y Productivos", dictada en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- Alías, H. M. (2001). *Algunos puntos de la problemática ambiental de la ciudad de Corrientes. El rol del municipio en la gestión del desarrollo*. Monografía correspondiente al Módulo 1 de la Maestría en Gestión Ambiental: "Teoría y Metodología de la Gestión Ambiental", dictada en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- Alías, H. M. y Jacobo, G. J. (1997). Comportamiento de los Materiales de Construcción en Muros de Cerramiento. Condiciones Ambientales y su Adecuación al NEA. (I.T.D.A.Hu. - Facultad de Arquitectura y Urbanismo). Informe Final Beca Secretaría General de Ciencia y Técnica. Universidad Nacional del Nordeste.
- Alías, H. M. y Jacobo, G. J. (1998). Adecuación de Muros de Cerramiento a Nueva Normativa de Transmitancia. Tipologías de Mejor Performance según Categorías de Construcción en el NEA. (I.T.D.A.Hu. - Facultad de Arquitectura y Urbanismo). Informe Final Beca Secretaría General de Ciencia y Técnica. Universidad Nacional del Nordeste.
- Alías, H. M. y Jacobo, G. J. (2000). Construcción en Madera en la Región Nordeste de Argentina (NEA). Patologías Constructivas a Diagnosticar, Prevenir y Corregir. Hacia una Tecnología Eficiente, presentado y publicado en las Actas de la XXIII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES) y IX Encuentro de la Asociación Internacional para la Educación en Energía Solar (IASEE), en Comunicaciones, pág., 5.03.
- Alías, H. M. y Jacobo, G. J. (2001). Construcción en Madera en el Nordeste Argentino. Diagnóstico, Prevención y Corrección de Patologías Constructivas para una Tecnología Eficiente, presentado y publicado en las Actas de la XXIV Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES) y X Encuentro de la Asociación Internacional para la Educación en Energía Solar (IASEE), en Comunicaciones, pág., 5.01.
- Alías, H. M. y Jacobo, G. J. (2001). Estudio y Desarrollo de Criterios de Eficiencia Energética en Construcciones en Madera en el NEA, Aplicando Parámetros de Confort Higrotérmico, presentado y publicado en las Actas de la XXIV Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES) y X Encuentro de la Asociación Internacional para la Educación en Energía Solar (IASEE), en Comunicaciones, pág., 5.05.
- Alías, H. M. y Jacobo, G. J. (2001). Maderas y Sistemas Constructivos en Madera en el NEA. Sus Patologías. Acciones Preventivas y Correctivas en el Diseño, Ejecución y Uso. (I.T.D.A.Hu. - Facultad de Arquitectura y Urbanismo). Informe Final Beca Secretaría General de Ciencia y Técnica. Universidad Nacional del Nordeste.
- Alías, H. M. y Jacobo, G. J. (2002). Desarrollo y aplicación de criterios de eficiencia energética en construcciones en madera en el NEA, aplicando parámetros de habitabilidad y rendimiento higrotérmico. I.T.D.A.Hu. - Facultad de Arquitectura y Urbanismo - UNNE - Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2002. Universidad Nacional del Nordeste. <http://arq.unne.edu.ar/cyt/2002/cyt.htm>

- Amarilla, B. C. et al (1996). Metodologías para evaluar el costo de la calidad habitacional. Aplicación a viviendas bonaerenses. Laboratorio de Investigaciones del Territorio y el Ambiente. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. Ministerio de la Producción y el Empleo.
- Arena, A. P. (1999). Un instrumento para el análisis y evaluación ambiental de productos y tecnologías. El Análisis de Ciclo de Vida. I- Consideraciones metodológicas, usos y limitaciones. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 3 Nº2 y presentado al XXII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). San Miguel de Tucumán. Tucumán, Argentina.
- Arena, A. P. (1999). Un instrumento para el análisis y evaluación ambiental de productos y tecnologías. El Análisis de Ciclo de Vida. II-Adecuación para el sector edilicio. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 3 Nº2 y presentado al XXII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). San Miguel de Tucumán. Tucumán, Argentina.
- Arena, A. P. y de Rosa, C. (1999). Un instrumento para el análisis y evaluación ambiental de productos y tecnologías. El Análisis de Ciclo de Vida. III-Aplicación: aislantes térmicos en muros de escuelas rurales en regiones áridas andinas. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 3 Nº2 y presentado al XXII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). San Miguel de Tucumán. Tucumán, Argentina.
- Arena, A. P. et al (2001). Análisis del ciclo de vida de cubiertas alternativas utilizadas en viviendas residenciales en Mendoza (Argentina). Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Nº5 y presentado al XXIV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Mendoza, Argentina.
- Arena, A. P. et al. (2002). Perfil ambiental del cemento pórtland producido en la región oeste Argentina, según la metodología del IPCC. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 6 y presentado al XXV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Buenos Aires, Argentina.
- ASORA. Asociación de Fabricantes y Representantes de Máquinas, Equipos y Herramientas para la Industria Maderera. (1999). Inversiones en bosques cultivados, a un paso de convertirse en ley. Edición Nº18.
- Avila, R. E. Et al. (1999). Diseño de Paneles de Madera Maciza para Viviendas Industrializadas. Estimación del Tiempo de Secado para Especies de Uso Alternativo. Tipificación en Grados de Calidad de la Madera Aserrada del Parque Chaqueño. Facultad de Recursos Naturales. Universidad Nacional de Formosa. Departamento de Manejo, Industria y Tecnología de la Madera. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 1999. Universidad Nacional del Nordeste. <http://www.unne.edu.ar>
- Barreto, M. A. (2002). Expansión urbana y producción del hábitat en las capitales provinciales del Nordeste Argentino durante la década del '90. Grupo de Investigación FORURBANO - Instituto de Planeamiento Urbano y Regional (IPUR). Facultad de Arquitectura y Urbanismo - UNNE - Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2002. Universidad Nacional del Nordeste. <http://arq.unne.edu.ar/cyt/2002/cyt.htm>
- Barreto, M. A. (2002). El proceso de urbanización del Nordeste Argentino a finales del siglo XX. Grupo de Investigación FORURBANO - Instituto de Planeamiento Urbano y Regional (IPUR). Facultad de Arquitectura y Urbanismo - UNNE - Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2002. Universidad Nacional del Nordeste. <http://arq.unne.edu.ar/cyt/2002/cyt.htm>
- Basso, M. et al (2001). Morfología para la eficiencia energética del sector edilicio urbano en el área metropolitana de Mendoza. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Nº5 y presentado al XXIV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Mendoza, Argentina.
- Blanco, O. (2001). Influencias culturales en el uso de la madera. <http://www.construir.com/Econsult/Construir/Nro48/document/madera.htm>
- Blasco Lucas, I. y otros (2000). Procedimiento de Evaluación Bioclimática de Viviendas. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Nº1 y presentado al XXIII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Resistencia, Chaco.
- Blasco Lucas, I. y otros (2000). Consumos Energéticos de Viviendas Suburbanas y su Relación con Parámetros Urbano – Arquitectónicos. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Nº1 y presentado al XXIII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Resistencia, Chaco.
- Blasco Lucas, I. y otros (2000). Comportamiento Energético de Tipologías Barriales en San Juan – Argentina. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Nº1 y presentado al XXIII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Resistencia, Chaco.
- Blasco Lucas, I. y otros (2000). Factores del Comportamiento de Habitantes del Sector Residencial y su Incidencia en el Consumo Energético. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Nº1 y presentado al XXIII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Resistencia, Chaco.
- Bocanegra, A. et al (1972). La cubierta y el control térmico de la vivienda. Instituto de Arquitectura y Urbanismo de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Mendoza.
- Bouille, D. (1999). Lineamientos para la regulación del uso eficiente de la energía en Argentina. Proyecto CEPAL/Comisión Europea "Promoción del uso eficiente de la energía en América Latina". Naciones Unidas. Comisión Económica Para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. SERIE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO 16.
- Bruniard, E. D. (1966). Bases Fisiogeográficas para una División Regional de la Provincia de Corrientes. De la Revista Nordeste Nº8. Facultad de Humanidades - Universidad Nacional del Nordeste - Chaco.

- Bruniard, E. D. (1981). El Clima de las Planicies del Norte Argentino. Facultad de Humanidades - Universidad Nacional del Nordeste – Chaco.
- Bruniard, E. D. (1987). Geografía del Nordeste Argentino. SENOC - Asociación para la Promoción de Sistemas Educativos no Convencionales. Buenos Aires.
- Burkart, R. (2000). Nuestros Bosques Norteños. Desvalorización y Deterioro. Maestría en Gestión Ambiental: Documento 3 del Módulo 2: Uso Sostenible de los Ecosistemas Naturales y Productivos. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste.
- Cadiergues, R. (1959). Aislamiento y Protección de las Construcciones. Edit. Gustavo Gili, S.A. Barcelona.
- Camous, R. y Watson, D. (1986). El Hábitat Bioclimático. Gustavo Gili. México. Colección Alternativas.
- Carballo, M. R. et al. (2001). Desarrollo de sistemas constructivos prefabricados en maderas del NEA para su aplicación en viviendas de interés social en el Chaco. I.T.D.A.Hu. - Facultad de Arquitectura y Urbanismo - UNNE - Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2001. Universidad Nacional del Nordeste. <http://www.unne.edu.ar>
- Casas Rápidas (1996). Revista de Construcciones Industrializadas de Viviendas. Volumen I. Editor White Green S. R. L. Buenos Aires. Argentina.
- Celano, J. A. y Jacobo, G. J. (1997). Maderas de la Región NEA. Aplicaciones Tecnológicas en Viviendas. (I.T.D.A.Hu. - Facultad de Arquitectura y Urbanismo). Informe Final Beca Pregrado. Secretaría General de Ciencia y Técnica. Universidad Nacional del Nordeste.
- Celano, J. A. y Jacobo, G. J. (1999). Maderas Forestales de la Región NEA. Desarrollo de Sistemas Constructivos Industrializados y Prefabricados con Aplicaciones en Equipamientos Habitacionales de Interés Social. (I.T.D.A.Hu. - Facultad de Arquitectura y Urbanismo). Informe Final Beca Pregrado. Secretaría General de Ciencia y Técnica. Universidad Nacional del Nordeste.
- Chandías, M. E. (1985). Introducción a la Construcción de Edificios. Librería y Editorial Alsina.
- Chiani, R. (1998). La madera en la construcción. VIVIENDA, La revista de la Construcción. Ediciones Nº 429 y 431.
- Chiani, R. (2000). El recurso madera para construcción. VIVIENDA, La revista de la Construcción. Edición Nº 451.
- Chiani, R. (2000). El agua en la madera. VIVIENDA, La revista de la Construcción. Edición Nº 454.
- Chiani, R. (2000). El agua en la madera: equilibrio higroscópico y gradiente de humedad. VIVIENDA, La revista de la Construcción. Edición Nº 456.
- Chiani, R. (2000). Fenómenos físicos producidos durante el secado. VIVIENDA, La revista de la Construcción. Edición Nº 457.
- Chiani, R. (2000). Determinación del contenido de humedad de la madera. VIVIENDA, La revista de la Construcción. Edición Nº 458.
- Chiani, R. (2000). Conservación de la madera para construcción: hay tres formas para proteger la madera de las agresiones procedentes del medio. VIVIENDA, La revista de la Construcción. Edición Nº 460.
- Collet, L. E. y Maristany, A. R. (1995). Diseño Bioclimático de Viviendas. Ediciones EUDECOR.
- Colombo, C. O. (1993). La necesidad de aislación térmica en los edificios. VIVIENDA, La revista de la Construcción. Edición Nº 377.
- Compagnoni, A. M. (2001). Análisis de eficiencia energética e impacto ambiental de tecnologías constructivas en vivienda de interés social. Zona Bioambiental III. Comunicación al XXIV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Mendoza, Argentina.
- Croiset, M. (1970). Humedad y Temperatura en los Edificios. Condensaciones y Confort Térmico de Verano y de Invierno. Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona.
- Czajkowski, D. y Gómez, A. (1994). Producción de Obras 2. Introducción al Diseño Bioclimático y la Economía Energética Edilicia. Editorial de la U.N.L.P.
- Czajkowski, J. Et. Al. (1999). Hacia un modelo de confort integral. Auditorías ambientales en viviendas. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 3 Nº2 y presentado al XXII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.
- Czajkowski, D. (2000). Desarrollo de un Modelo de Ahorro de Energía en Edificios de Vivienda y Determinación de Valores Límite de Calidad Térmica para la República Argentina. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Nº1 y presentado al XXIII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Resistencia, Chaco.
- Demkoff, M. (2000). Construir con madera. Las dificultades de las cosas simples. VIVIENDA, La revista de la Construcción. Edición Nº 451.
- Demkoff, M. (2000). Construir con madera. La unión hace la fuerza. VIVIENDA, La revista de la Construcción. Edición Nº 454.
- Demkoff, M. (2000). Construir con madera. La construcción de viviendas. VIVIENDA, La revista de la Construcción. Edición Nº 456.
- Demkoff, M. (2000). Construir con madera. Entrando en detalle. VIVIENDA, La revista de la Construcción. Edición Nº 457.
- Demkoff, M. (2000). Construir con madera. Viviendas especiales. VIVIENDA, La revista de la Construcción. Edición Nº 458.
- Demkoff, M. (2000). Construir con madera. Casi todo es posible. VIVIENDA, La revista de la Construcción. Edición Nº 460.
- de Giacomi, A. et al. Balance térmico. Sistemas de calefacción. Aire acondicionado. Ediciones Librería Técnica CP67. Buenos Aires.
- de Rosa,C. y Fernandez Llano, J. C. (1994). Normas de Conservación de Energía para Edificios Residenciales en la Provincia de Mendoza. Propuesta Preliminar. Actas de la XVII reunión de trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES). Tomo I.

- de Schiller, S. y Evans, J. M. (1992). Desarrollo y Presentación de pautas de diseño. Ejemplos para climas cálido húmedos. Actas de la XVI reunión de trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES). Tomo I. 1993.
- Di Bernardo, E. Et. Al. (1992). Optimización energética y climatización no convencional en viviendas de interés social edificadas por autoconstrucción y ayuda mutua. Actas de la XV reunión de trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES). Tomo I.
- Di Marco, L. y Leiva, M. E. (1995). Descentralización y renovación urbana. Plan de Mejoramiento de Conjuntos Habitacionales Deteriorados. Estudio y Propuesta. Trabajo realizado para el Gobierno de la Provincia del Chaco. Financiado por el Consejo Federal de Inversiones.
- Dutt, G. S. et al (2001). El uso racional de la electricidad en la República Argentina. Grupo Energía y Ambiente (GEA), Depto. de Electrotecnia, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. http://www.feu99.org/eli/info_util.htm
- Echechuri, H. A., Ferraro, R. y Bengoa, G. (2002). Evaluación de Impacto Ambiental. Entre el saber y la práctica. Espacio Editorial. Buenos Aires. CIAM (Centro de Investigaciones Ambientales).
- Esteves, A. et al (2001). Metodología de evaluación económica de conservación de energía y estrategias de diseño bioclimático. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Nº5 y presentado al XXIV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Mendoza, Argentina.
- Etchechury, D. (1993). Uso de materiales regionales para la construcción de viviendas. Sistema constructivo SU-MA. CASA NUEVA. Revista Mensual de Proyecto, Diseño y Construcción. Edición Nº 63.
- Evans, J. M. y otros (1993). Confort y Comportamiento Térmico de Edificios. Aplicación de un Método de Evaluación.. Actas de la XVI reunión de trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES). Tomo I.
- Evans, J. M. y de Schiller, S. (1994). Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar. Centro de Investigación Hábitat y Energía. Serie Ediciones Previas. Secretaría de Extensión Universitaria y Bienestar Estudiantil. FADU-UBA.
- Evans, J. M. (1996). Transmitancia Térmica de Paredes y Techos. Actualización de la Norma IRAM 11.605. Actas de la XIX reunión de trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES). Tomo I.
- Evans, J. M. y Eguía, S. (2000). Evaluación del Comportamiento Térmico de Elementos Constructivos en Hormigón. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Nº1 y presentado al XXIII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Resistencia, Chaco.
- Evans, J. M. y de Schiller, S. (2001). Evaluador energético: método de verificación del comportamiento energético y ambiental de viviendas. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Nº5 y presentado al XXIV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Mendoza, Argentina.
- Evans, J. M. et al (2001). Arquitectura energéticamente eficiente: evaluación de nuevas tecnologías de acondicionamiento para las condiciones de Buenos Aires. Comunicación al XXIV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Mendoza, Argentina.
- Evans, J. M. (2002). Energía en edificios: identificación de alternativas de diseño de bajo impacto. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 6 y presentado al XXV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Buenos Aires, Argentina.
- Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Buenos Aires (1984). Publicación Introducción a la Construcción. Eudeba.
- Fernández, A. (2001). Confort térmico y calidad de aire interior. Una opción saludable. <http://www.construir.com/Econsult/Construir/Nro57/document/confort.htm>
- Fernández, R. J. (2000). El Paradigma Ambiental. Nuevos instrumentos de la Gestión Urbana. Maestría en Gestión Ambiental. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste. Módulo 1 "Teoría y Metodología de la Gestión Ambiental".
- Fernández Ordoñez, J. A. (1974). Prefabricación. Teoría y Práctica. Tomo I. Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona.
- Filippín, C. et al (2001). Comportamiento higrotérmico y energético de la escuela bioclimática de Catriló en la Provincia de La Pampa. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Nº5 y presentado al XXIV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Mendoza, Argentina.
- Flores Larsen, S. y Lesino, G. (2000). SIMEDIF 2000: Nueva Versión del Programa de Diseño y Cálculo de Edificios. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Nº1 y presentado al XXIII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Resistencia, Chaco.
- Flores Larsen, S. et al (2001). Simulación mediante SIMEDIF y ENERGY-10 de un edificio liviano. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Nº5 y presentado al XXIV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Mendoza, Argentina.
- Gentile, C. M. y Rosenfeld, E. (1996). Conservación de Energía en los Edificios: los encuentros característicos de cerramientos opacos. Actas de la XIX reunión de trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES). Tomo I.
- Gerardi, A. R. (1997). Patología de la Construcción. Conferencia en la Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE).

- Girini, H. et. al. (2002). Aplicación para simulación del comportamiento higrotérmico de viviendas metodología de diagnóstico. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 6 y presentado al XXV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Buenos Aires, Argentina.
- Gobiernos de las provincias de Buenos Aires, Chaco, Corrientes, Formosa, Misiones, Santa Fe. Secretaría de Asistencia Financiera a las Provincias (1997). Subprograma de Viviendas por autoconstrucción. PREI AR 3521 BIRF. Editora Investigación + Documentación S.A.
- González, Alberto (1996). Construcción Industrializada Liviana. La nueva forma de construir. Casas Rápidas. Revista de Construcciones Industrializadas de Viviendas. Volumen I. Editor White Green S. R. L. Buenos Aires. Argentina.
- Gonzalo, G. E. (1990). Uso Racional de la Energía y Energías no Convencionales en la Edificación. S.E., DNCNF – FAU – UNT. Tucumán.
- Gonzalo, G. E. (1998). Manual de Arquitectura Bioclimática. Imprenta Arte Color Chamaco. Tucumán.
- Gonzalo, G. E. Et al. (1999). Evaluación de las condiciones físicas, ambientales y de consumo energético de viviendas unifamiliares. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 3 Nº2 y presentado al XXII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.
- Gonzalo, G. E. y Nota, V. M. (1999). Determinación de índices de consumos de energía para distintas funciones edilicias en el área de San Miguel de Tucumán. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 3 Nº2 y presentado al XXII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.
- Gonzalo, G. E. et al (2000). Determinación y Análisis de los Requerimientos Energéticos para el Acondicionamiento Térmico de un Prototipo de Vivienda ubicada en San Miguel de Tucumán. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Nº4 y presentado al XXIII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Resistencia, Chaco.
- Guimaraes, Roberto (2000). Desarrollo Sustentable, Políticas Públicas y Medio Ambiente. Maestría en Gestión Ambiental. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste. Módulo 3 El desarrollo económico y la sustentabilidad regional y urbana.
- Gutierrez, R. y Sanchez Negrete, A. (1988). Evolución urbana y arquitectónica de Corrientes. Tomo II. Editorial del Instituto Argentino de Investigaciones de Historia de la Arquitectura y del Urbanismo. Buenos Aires.
- Hernández, A. y Lesino, G. (2000). Simulación mediante SIMEDIF del Comportamiento Térmico de un Prototipo de Vivienda Liviana construido en la Universidad Nacional de Salta. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Nº1 y presentado al XXIII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Resistencia, Chaco.
- Hernández, A. L. (2002). Análisis de estrategias para el diseño de envolventes de construcciones bioclimáticas en la ciudad de Salta. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 6 y presentado al XXV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Buenos Aires, Argentina.
- Hernández, A. L. (2002). "PREDISE" – Un novedoso y práctico programa de evaluación térmica de edificios. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 6 y presentado al XXV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Buenos Aires, Argentina.
- Hreník, N. I. y Jacobo, G. J. (1999). Patologías de la Construcción debido a Causas de Origen Higrotérmico en Viviendas de la Región NEA. Estudios y Recomendaciones para Equipamientos Habitacionales de Interés Social. (I.T.D.A.Hu. - Facultad de Arquitectura y Urbanismo). Informe Final Beca Pregrado. Secretaría General de Ciencia y Técnica. Universidad Nacional del Nordeste.
- Huntington, E. (1927). The human habitat. Serie: Library of modern sciences. Norton library. New York: D. Van Nostrand.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). (1991). Censo Nacional de Población y Vivienda 1991. Resultados Definitivos - Características Seleccionadas. TOTAL DEL PAÍS. Serie B Nº 25. Características Generales. TOTAL DEL PAÍS. Serie C. República Argentina. Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos. Secretaría de Programación Económica.
- Instituto de Arquitectura y Urbanismo de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Mendoza (1972). La Cubierta y el Control Térmico de la Vivienda.
- Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano (I.T.D.A.Hu.), FAU, UNNE (2000). P.I.C.T. "Usos Integrales de las Maderas de Origen Forestal del NEA para el Desarrollo de Sistemas Constructivos Industrializados y Prefabricados para su Aplicación en Equipamientos de Interés Social", acreditado ante la SGCyT – UNNE.
- Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano (I.T.D.A.Hu – FAU – UNNE), Resistencia, Chaco, Argentina, e Institut für Tropentechnologie, Fachhochschule Köln (ITT FH-Köln), Bundesrepublik Deutschland (1997). Proyecto para el desarrollo de métodos industriales de construcción en madera para países del Mercosur: estudio de factibilidad para su ejecución. Desarrollo de técnicas de explotación, producción y fabricación para el aprovechamiento integral de las maderas forestales de la región Nordeste de Argentina (NEA) y su aplicación en sistemas constructivos prefabricados e industrializados para la ejecución de equipamientos de interés social.
- Instituto de Vivienda de Corrientes (IN.VI.CO.). Gerencia de Planeamiento y Proyecto. Departamento de Planeamiento (1999). Consultas efectuadas por la autora. Recopilación de información estadística y documentación cartográfica. Corrientes.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). (1991). Censo Nacional de Población y Vivienda 1991. Resultados Definitivos - Características Seleccionadas. TOTAL DEL PAÍS. Serie B Nº 25. República Argentina. Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos. Secretaría de Programación Económica.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). (1991). Censo Nacional de Población y Vivienda 1991. Resultados Definitivos - Características Generales. TOTAL DEL PAÍS. Serie C. República Argentina. Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos. Secretaría de Programación Económica.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) e Instituto Provincial de Estadísticas y Censos de Corrientes (1997). Situación y Evolución Social Provincial. Corrientes. Síntesis Nº1. República Argentina. Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos. Secretaría de Programación Económica.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) - Centro de Investigación de la Construcción Industrializada en el Hábitat del Sistema del INTI (CICIIHA). (1981). Curso Construcción Industrializada. Apuntes Primer Ciclo Diseño. Buenos Aires.

Instituto de Racionalización Argentino de Materiales (IRAM). Normas:

1031/59: Pintado de superficies de madera con productos cubrientes.

1074/50: Preparación de superficies de madera para pintar.

1051/55: Aplicación de películas transparentes sobre superficies de madera.

45054-1/99: Adhesivos para estructuras de madera bajo carga. Parte 1: Determinación de la resistencia de la unión a la cizalladura por tracción longitudinal.

45054-2/99: Adhesivos para estructuras de madera bajo carga. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la resistencia a la delaminación.

45054-3/99: Adhesivos para estructuras de madera bajo carga. Métodos de ensayo. Parte 3: Determinación de la influencia de los tratamientos cíclicos de temperatura y humedad sobre la resistencia a la tracción transversal.

45054-4/99: Adhesivos para estructuras de madera bajo carga. Métodos de ensayo. Parte 4: Determinación de la influencia de la contracción sobre la resistencia a la cizalladura.

5151/67: Tornillos para madera. De cabeza redonda.

5152/67: Tornillos para madera. De cabeza perdida.

5153/67: Tornillos para madera. De cabeza gota de sebo.

5322/87: Máquinas para trabajar madera. Fresadora de mesa monohusillo. Nomenclatura y verificación geométrica.

5323/87: Máquinas para trabajar madera. Sierra sinfín de mesa. Nomenclatura y verificación geométrica.

5335/87: Máquinas para trabajar madera. Sierra circular simple con mesa móvil o sin ella. Nomenclatura y verificación geométrica.

5388/88: Máquinas para trabajar madera. Torno paralelo. Nomenclatura y verificación geométrica.

5389/88: Máquinas para trabajar madera. Cepilladora de una cara con herramienta. Nomenclatura y verificación geométrica.

5390/88: Máquinas para trabajar madera. Garlopa de una cara con portaherramienta cilíndrica de cuchilla. Nomenclatura y verificación geométrica.

9501/77: Maderas de uso frecuente. Nomenclatura de comercialización.

9502/77: Maderas. Definiciones.

9503/69: Madera en bruto y aserrada. Medición y cubicación.

9505/86: Preservadores de maderas. Aplicaciones y retenciones aconsejables.

9506/68: Compensados de madera para usos generales. Características y muestreo.

9512/82: Creosota para preservación de maderas.

9514/77: Maderas: Acondicionamiento de las maderas destinadas a ensayos físicos y mecánicos.

9515/91: Maderas. Preservadores solubles en agua.

9518/62: Toxicidad, permanencia y eficacia de preservadores de madera. Método de laboratorio.

9520/62: Naftenato de cobre para preservación de maderas.

9523/77: Maderas. Selección y colección de muestras.

9524/88: Piezas de madera de pino resinoso (*pinus ellioti* y *pinus taeda*) machiembra para revestimientos.

9526/92: Preservación de maderas. Determinación de Cromo, Cobre, Arsénico, y Boro, en soluciones preservantes o en maderas preservadas. Método espectrométrico de absorción.

9532/63: Maderas. Método de determinación del contenido de humedad.

9541/65: Maderas. Método de ensayo de compresión axil de maderas de densidad aparente mayor de 0,5 g/cm³.

- 9542/65: Maderas. Método de ensayo de flexión estática de maderas de densidad aparente mayor de 0,5 g/cm³.
- 9543/66: Maderas. Método de determinación de las contracciones totales, axil, radial, y tangencial y el punto de saturación de las fibras.
- 9544/73: Maderas. Método de determinación de la densidad aparente.
- 9545/85: Maderas. Método de ensayo de flexión estática.
- 9546/65: Maderas. Método de ensayo de flexión dinámica para maderas, con densidad aparente mayor de 0,5 g/cm³.
- 9547/77: Maderas. Método de determinación de la compresión perpendicular al grano.
- 9551/85: Maderas. Método de determinación de la compresión axil o paralela al grano.
- 9552/71: Tablillas de madera machiembrada para parquet.
- 9558/67: Maderas. Método de determinación de dureza.
- 9559/68: Madera. Clasificación y definición de piezas.
- 9560/81: Piezas de madera. Criterios de evaluación de defectos.
- 9561/68: Compensados de madera (denominados comúnmente terciados o maderas terciadas). Definiciones.
- 9562/68: Compensados de madera (denominados comúnmente terciados o maderas terciadas). Métodos de ensayo.
- 9563/70: Preservadores de madera. Procedimiento para el ensayo a campo.
- 9580/74: Maderas. Método de determinación de preservadores oleosos y humedad en madera impregnada.
- 9592/90: Maderas. Método para la determinación de la resistencia al arrancamiento de clavos y tornillos.
- 9594/91: Maderas tratadas y soluciones preservadoras. Método de determinación del pentaclorofenol.
- 9596/90: Maderas. Método para la determinación de la resistencia a esfuerzos de corte paralelo a las fibras.
- 9600/98: Preservación de maderas. Maderas preservadas mediante procesos con presión en autoclave.
- 9601-1/91: Madera para construcción preservada contra los agentes biológicos. Criterios para su compra.
- 9601-2/91: Madera para construcción preservada contra los agentes biológicos. Requisitos, muestreo y métodos de ensayo.
- 9701/98: Tableros derivados de la madera. Determinación del espesor, del ancho y del largo.
- 9702/99: Tableros derivados de la madera. Determinación de la escuadria y rectitud de canto.
- 9704/99: Tableros derivados de la madera. Determinación del contenido de humedad.
- 1739/96: Materiales aislantes térmicos. Espesores de uso. Vocabulario y criterios de aplicación.
- 11553/69: Durabilidad de los Edificios.
- 11547/76: Durabilidad de los Edificios: deterioros producidos por el agua en edificios no industriales. Condiciones Generales.
- 11558/80: Durabilidad de Edificios: protección de edificios no industriales contra el agua proveniente del suelo.
- 11601/96: Acondicionamiento Térmico de Edificios. Métodos de Cálculo. Propiedades Térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.
- 11603/96: Acondicionamiento Térmico de Edificios. Clasificación Bioambiental de la Rca. Argentina.
- 11605/96: Acondicionamiento Térmico de Edificios. Condiciones de Habitabilidad en Edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.
- 11625/91: Acondicionamiento Térmico de Edificios. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua, superficial e intersticial, en muros, techos y otros elementos exteriores de edificios.
- Esquema 3 de Norma IRAM 11625/99 -Documento en Estudio-: Acondicionamiento Térmico de Edificios. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.
- Esquema 1 de Norma IRAM 11630/99 -Documento en Estudio- (Corresponde a la revisión de la edición de 1991): Acondicionamiento Térmico de Edificios. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.

International Organization for Standardization (ISO). Normas:

- ISO 14.040/1997: Environmental Management. Life Cycle Assessment. Principles and framework.

- ISO 14.041/1998: Environmental Management. Life Cycle Assessment. Goal and scope definition and inventory analysis.
- ISO / CD 14.042/1999: Environmental Management. Life Cycle Assessment. Life Cycle. Impact assessment.
- ISO / DIS 14.043/1999: Environmental Management. Life Cycle Assessment. Life Cycle interpretation.
- ISO / TR 14.048/1999: Environmental Management. Life Cycle Assessment. Life Cycle assessment data documentation format.
- ISO / TR 14.049/1999: Environmental Management. Life Cycle Assessment. Examples for the application of ISO 14041.

- Izard, J. L. y Guyot, A. (1980). Arquitectura Bioclimática. Tecnología y Arquitectura. Editorial Gustavo Gili, S. A. Barcelona.
- Jacobo, G. J. (2000). Criterios Teóricos para la Determinación de los Parámetros de Confort en los Espacios Arquitectónicos y su Aplicación en el Diseño Tecnológico de los Elementos Constructivos. Publicación Didáctica de la Cátedra Construcciones II, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional del Nordeste. Unidad Didáctica N°2: El diseño de los componentes constructivos industrializados. Coordinación general del Arq. Daniel E. Vedoya.
- Jacobo, G. J., Alías, H. M. y Pilar, C. A. (2000). Publicación Didáctica Cátedra Construcciones II: "CALIDAD TÉRMICA EDILICIA: Algunos Factores Constitutivos, Condicionantes y Determinantes del Problema Higrotérmico en las Construcciones". Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste.
- Jacobo, G. J. y Vedoya, D. E. (2001). Situación poblacional – habitacional del NEA. I.T.D.A.Hu. - Facultad de Arquitectura y Urbanismo - UNNE - Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2001. Universidad Nacional del Nordeste. <http://www.unne.edu.ar>
- Jacobo, G. J. y Vedoya, D. E. (2001). Situación Habitacional - Necesidades de financiación para encarar soluciones integrales al déficit de viviendas en el NEA. I.T.D.A.Hu. - Facultad de Arquitectura y Urbanismo - UNNE - Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2001. Universidad Nacional del Nordeste. <http://www.unne.edu.ar>
- Jacobo, G. J. y Vedoya, D. E. (2001). Análisis ecológico-tecnológico de ítems constructivos para una Base de Datos sobre las cualidades habitacionales de la construcción. I.T.D.A.Hu. - Facultad de Arquitectura y Urbanismo - UNNE - Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2001. Universidad Nacional del Nordeste. <http://www.unne.edu.ar>
- Jacobo, G. J. y Vedoya, D. E. (2002). Optimización energética de la edificación arquitectónica: situación energética. I.T.D.A.Hu. - Facultad de Arquitectura y Urbanismo - UNNE - Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2002. Universidad Nacional del Nordeste. <http://arq.unne.edu.ar/cyt/2002/cyt.htm>
- Jacobo, G. J. y Vedoya, D. E. (2002). Optimización energética de la edificación arquitectónica: situación tecnológica. I.T.D.A.Hu. - Facultad de Arquitectura y Urbanismo - UNNE - Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2002. Universidad Nacional del Nordeste. <http://arq.unne.edu.ar/cyt/2002/cyt.htm>
- Lacomba, R. (compiladora) (1991). Manual de Arquitectura Solar. México. Editorial Trillas.
- Mac Donnell, H. y Mac Donnell, P. (1998). Manual de construcción de viviendas industrializadas. VIVIENDA, La revista de la Construcción. Ediciones N° 429 y 431.
- Mac Donnell, H. y Mac Donnell, P. (2000). Normas de calidad en viviendas. VIVIENDA, La revista de la Construcción. Edición N° 457.
- Martin, A. y Stolkiner, M. (1986). Viviendas de madera. Instituto Forestal Nacional (IFONA). Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- Martini, J. et al (2001). Aplicación del análisis de módulos edilicios energéticos productivos para la optimización del consumo energético en una tipología edilicia educacional. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) N°5 y presentado al XXIV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Mendoza, Argentina.
- Marusic, J. A. (1999). Ensayos y Optimización de aspectos bioclimáticos para el diseño de edificios en altura. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 3 N°1 y presentado al XXII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES).
- Mascaró, L. R. de (1983). Luz, Clima y Arquitectura. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Argentina.
- Mesa, N. A. y de Rosa, C. (2001). La incidencia de los parámetros morfológicos sobre la eficiencia energética de la edilicia urbana en el área metropolitana de Mendoza. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) N°5 y presentado al XXIV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Mendoza, Argentina.
- Meyer - Bohe, W. (1969). Prefabricación. Manual de la Construcción con piezas prefabricadas. Editorial Blume. Barcelona.
- Meyer - Bohe, W. (1969). Prefabricación II. Análisis de los sistemas. Editorial Blume. Barcelona. 1969.
- Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA), (1996). Boletín de Precios, Tendencias, Rentabilidad y Comercio Forestal. N° 9. Plan Nacional de Extensión Forestal.
- Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación. Secretaría de Vivienda y Ordenamiento Ambiental (1989). Manual Técnico del Uso de Madera en la Construcción de Viviendas. Gráfica San Lorenzo, Quilmes, Buenos Aires.

- Mitchell, J. y Arena, A. P. (2000). Evaluación Ambiental Comparativa de Materiales Mampuestos Aplicados en Muros de Viviendas en Regiones Áridas Andinas. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Nº4. Resistencia, Chaco.
- Monge Barrio, A. (1997). Análisis Comparativo entre Sistemas Prefabricados en España y en Argentina. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste. Programa de Cooperación Interuniversitario INTERCAMPUS AL.E.
- Municipalidad de la Ciudad de Corrientes. Boletín Municipal Nº 208 (1986). Ordenanza 1623/85: Código de Edificación de la Ciudad de Corrientes.
- Natalini, M. B. et al. (2000). Reciclaje y reutilización de materiales residuales de construcción y demolición. Departamento de Estabilidad - Facultad de Ingeniería - UNNE. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2000. Universidad Nacional del Nordeste. <http://www.unne.edu.ar>
- Neiff, J. J. et al (2002). ¿Forestaciones o... Biodiversidad en el futuro de Corrientes?. Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL) - CONICET. Instituto Nacional de Limnología (INAL) - CONICET. Facultad de Cs. Exactas y Naturales y Agrimensura - UNNE.- Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2002. Universidad Nacional del Nordeste. <http://arq.unne.edu.ar/cyt/2002/cyt.htm>
- Olgay, V. (1963). Design with Climate. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. U.S.A.
- Olgay, V. (1998). Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 1998. Princeton University Press, 1993.
- Pacheco, O. et al (2001). Estudio de ciclo de vida de los productos de la región. Enfoque sistémico. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Nº5 y presentado al XXIV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Mendoza, Argentina.
- Payá, M. (1976). Aislamiento Térmico y Acústico. Ediciones CEAC. Barcelona. España.
- Pelli, V. S. (1999). "Vivienda popular. El planteo del problema en la realidad Latinoamericana". Maestría en Gestión Ambiental - FAU - UNNE. Documento 1. Módulo 5: Gestión, Organización y Participación Social. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste.
- Pelli, V. S. (1999). "Premisas Teórico Operativas para el Diseño y la Ejecución de Procedimientos de Resolución Progresiva y Participativa de Necesidades Habitacionales Básicas". Maestría en Gestión Ambiental - FAU - UNNE. Documento 1. Módulo 5: Gestión, Organización y Participación Social. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste.
- Pilar, C. A. y Jacobo, G. J. (1998). Condicionantes Técnicas para el diseño de la barrera de vapor en viviendas de interés social de la Región NEA. Informe Final Beca Pregrado. Secretaría General de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste.
- Pilar, C. A. y Jacobo, G. J. (1999). Estudio Tecnológico para el diseño de techos en la región NEA en función de las patologías ocasionadas por las condensaciones. Informe Final Beca Pregrado. Secretaría General de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste.
- Pilar, C. y Scornik, M. (2001). Trabajo práctico Cuentas Patrimoniales. Maestría en Gestión Ambiental. Módulo 3: El Desarrollo Económico y la sustentabilidad regional y urbana, dictado por el Dr. Héctor Sejenovich. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste.
- Pinedo, A. et al (2001). Edificios inteligentes con integración de variables y diseño energético. Revisión del Estado del Arte para un modelo local. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Nº5 y presentado al XXIV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Mendoza, Argentina.
- Piña, J. A. (1992). Temas de la Construcción. Tomo II. Serie Ediciones Previas. Eudeba.
- Pires, P. (2000). Gestión Ambiental a Nivel Local. Maestría en Gestión Ambiental. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste. Módulo 1 "Teoría y Metodología de la Gestión Ambiental".
- PNUMA. Fundación Bariloche (1996). Manual de Cuentas Patrimoniales. México.
- Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Proyecto CYTED XIV.1 (1994). Viviendo y Construyendo. La necesidad propone el recurso. Proyecto "Autoconstrucción Progresiva y Participativa". Escala Ltda. David Serna editor. Colombia.
- Puentes Esteban, E. y García Ferrer , A. (2001). El ahorro energético en la climatización de edificios. <http://www.energuia.com>
- Puppo, E; G. A. y G. (1976) Sol y Diseño: Índice Térmico Relativo. Marcombo,S.A. Boixareu Editores. Barcelona.
- Rearte, A. O. y Vedoya, D. E. (1988). Relevamiento y Evaluación sobre la aplicación de Sistemas de Construcción Industrializada en Planes Habitacionales en las Provincias de Corrientes y Chaco. (Facultad de Arquitectura y Urbanismo). Informe Final Beca Iniciación. Secretaría General de Ciencia y Técnica. Universidad Nacional del Nordeste.
- Rearte, A. O. y Vedoya, D. E. (1990). Estudio y Ensayos de las Maderas del Parque Chaqueño, su Aprovechamiento y la Posibilidad de una Explotación más Integral, con el Objeto de Proveer Mayor Cantidad de Materias Primas para la Construcción Industrializada de Edificios. (Facultad de Arquitectura y Urbanismo). Informe Final Beca Perfeccionamiento. Secretaría General de Ciencia y Técnica. Universidad Nacional del Nordeste.
- Repetto, J. et al. (2001). Desarrollo de tecnologías orientadas hacia la arquitectura bioclimática para ser aplicadas en la resolución de equipamientos habitacionales de interés social y regional. I.T.D.A.Hu. - Facultad de Arquitectura y Urbanismo - UNNE - Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2001. Universidad Nacional del Nordeste. <http://www.unne.edu.ar>

- Reyes, J. y Evans, J. M. (1993). Normas de Aislación e Inercia Térmica. Desarrollo y Aplicación. Reporte Final. Actas de la XVI reunión de trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES). Tomo I.
- Rodríguez Barreal, J. A. (1998). Patología de la Madera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Coedición: Fundación Conde del Valle de Salazar. Ediciones Mundi – Prensa. España.
- Rosenfeld, E. y otros (1992). Mejoramiento de las condiciones energéticas y de habitabilidad a nivel regional. El caso bonaerense. Actas de la XV reunión de trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES). Tomo I.
- Rosenfeld, E. y otros (1992). Aislaciones térmicas no convencionales para cerramientos opacos. Actas de la XV reunión de trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES). Tomo I. 1992.
- Rosenfeld, E. y otros (1992). Pautas para mejorar la habitabilidad higrotérmica en la provincia de Buenos Aires. Actas de la XVI reunión de trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES). Tomo I. 1993.
- Roux, G. (1988). Les bonnes mesures de l'isolation. La mesure rapide de la résistance thermique des matériaux. CSTB Magazine. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment. N° 19.
- Sabady, P. R. (1982). Arquitectura Solar. Biblioteca de Arquitectura y Construcción. Ediciones CEAC. Barcelona. España.
- Salgado, R. y Altomonte, H. (2001). Indicadores de Sustentabilidad 1990 – 1999. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Proyecto OLADE / CEPAL / GTZ "Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe". Publicación de las Naciones Unidas. Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Sánchez, L. C. (2001). Política de Vivienda en Corrientes 1980-2000. Facultad de Arquitectura y Urbanismo - UNNE - CONICET. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste. 2001. N°006. Ciencias Sociales. <http://www.unne.edu.ar>
- San Juan, G. y Evans, J. M. (1995). Evaluación de puentes térmicos en paneles livianos en el reciclado de una escuela. Actas de la XVIII reunión de trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES). Tomo I.
- San Juan, G. y Hoses, S. (2001). Comportamiento energético – ambiental de módulos edilicios escolares para dos situaciones regionales diferenciadas. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) N°5 y presentado al XXIV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Mendoza, Argentina.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA) y Forest Development Project – IBRD Loan Agreement 3948^a-AR (2001). Argentina: Investment opportunities in plantation forests. A country with natural advantages for an expanding forest product market. Título original en español: Argentina, oportunidades de inversión en bosques cultivados. Publicado en España en Agosto de 1999 por la SAGPyA y la Forest Development Project. Buenos Aires.
- Secretaría de Energía (1999). PROSPECTIVA 1999. VERSION PRELIMINAR. Secretaría de Energía. Av. Paseo Colón 171, 8º Piso. (C1109ADA) Buenos Aires, ARGENTINA. <http://energia.mecon.gov.ar>
- Sejenovich, H. (2001). "Economía y Medio Ambiente". Maestría en Gestión Ambiental. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste. Módulo 3 "El desarrollo económico y la sustentabilidad regional y urbana".
- Sejenovich, H. (2001). Economía, Medio Ambiente, Desarrollo y Equidad. Maestría en Gestión Ambiental. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste. Módulo 3 "El desarrollo económico y la sustentabilidad regional y urbana".
- Superior Gobierno de la Provincia de Corrientes. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Industria y Comercio (M.A.G.I.C.) Dirección de Recursos Forestales. (1977). Libro del árbol. Esencias Forestales no Autóctonas Cultivadas en la Argentina de Aplicación Ornamental y/o Industrial.
- Superior Gobierno de la Provincia de Corrientes. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Industria y Comercio (M.A.G.I.C.). Subsecretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente. (1994). Panorama Forestal de la Provincia de Corrientes. Perspectivas. Corrientes.
- Superior Gobierno de la Provincia de Corrientes. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Industria y Comercio. Servicio de Apoyo a la PyME. (1998). Listado de Industrias Forestales de la Provincia de Corrientes, por rama y por Departamento. Corrientes.
- Torres, S. y Evans, J. M. (1999). Diseño arquitectónico y consumo de energía. Estudios paramétricos con Energy-10. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 3 N°2 y presentado al XXII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.
- Tortorelli, L. A. (1956). Maderas y Bosques Argentinos. Editorial ACME, S.A.C.I. Buenos Aires.
- Trama, L. y Troiano, J. C. (2001). Análisis del ciclo de vida según las normas de la subserie IRAM-ISO 14040 Departamento Energía y Asuntos Ambientales (IRAM). Departamento Alimentos y Salud (IRAM). <http://www.construir.com/Econsult/Construr/Nro57/document/iram1.htm>
- Trangoni, L. A. (2000). "Maderas más usuales en la región y sus características y aplicaciones a la construcción". Clase expositiva en la Cátedra de Construcciones II de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste.
- Ulsamer, F. (actualización por Minoves, J. M.), (1992). Las Humedades en la Construcción. Ediciones CEAC. 27º edición.
- Vahee, M. T. y Vedoya, D. E. (2001). Diseño de prototipos de viviendas de interés social haciendo uso de maderas regionales del NEA. I.T.D.A.Hu. - Facultad de Arquitectura y Urbanismo - UNNE - Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2001. Universidad Nacional del Nordeste. <http://www.unne.edu.ar>

- Vedoya, D. E. (1994). Coordinación Modular de la Construcción. Introducción al Estudio de la Construcción Industrializada. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. U.N.N.E. Resistencia (Prov. del Chaco).
- Ventín, A. M. (1986). Factores que posibilitan la reducción de consumo energético en base a las características climáticas del nordeste argentino. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia, Chaco, Argentina.
- Verstraete, J. y Vilapriñó, R. (2001). Evaluación económica de conservación de energía y estrategias de diseño bioclimático en viviendas sociales. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) N°5 y presentado al XXIV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Mendoza, Argentina.
- VETAS. La industria maderera en Latinoamérica. Revista para la Forestación y la Industria maderera (1997). Ediciones N°180; N°183 y N°185.
- VETAS. La industria maderera en Latinoamérica. Revista para la Forestación y la Industria maderera (1998). Ediciones N°186; N°189 y N°190.
- VETAS. La industria maderera en Latinoamérica. Revista para la Forestación y la Industria maderera (1999). Desarrollo sostenible, madera y construcción. Edición N°201.
- VETAS. La industria maderera en Latinoamérica. Revista para la Forestación y la Industria maderera (2000). Productos de Base Acuosa para Madera. Edición N°210.
- Volantino, V. L. y Cornejo, E. J. (1995). Evaluación del ahorro en el consumo de energía eléctrica en función de aislación de la envolvente. Actas de la XVIII reunión de trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES). Tomo I.
- Volantino, V. L. y Carlo, G. G. (1996). Sistema de Medición in situ para la Evaluación de Patologías Higrotérmicas en la Construcción. Actas de la XIX reunión de trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES). Tomo I.
- Volantino, V. Et al. (1999). Método de evaluación integral del comportamiento higrotérmico de sistemas constructivos. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 3 N°2 y presentado al XXII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.
- Volantino, V. L. y Etchecoury, E. M. (2002). Evaluación del comportamiento térmico de muros en función de su absorbancia solar. Artículo publicado en la revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 6 y presentado al XXV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Buenos Aires, Argentina.

MATERIAL DE INTERNET

- <http://www.aud.ucla.edu/energy-design-tools> Programas de simulación varios.
- <http://www.aud.ucla.edu/heed.htm> Programa de simulación Heed.
- <http://www.inenco.net> Programas de simulación SIMEDIF.
- <http://www.coac.es/mediambient/Life/l4/l4203.htm> Análisis de Ciclo de Vida de Muros de tapia. Ejemplificación mediante el uso del programa SimaPro.
- <http://www.csostenible.net/castellano/mater.asp.htm> Agenda de la Construcción Sostenible.
- <http://www.energia.mecon.gov.ar/Electricidad/informes/informes%20de%20prospectiva/prospectiva%2096/escenarios%20de%20demanda.htm> Escenarios de Demanda de Energía Eléctrica y Uso Racional de la Energía.
- http://www.eren.doe.gov/buildings/energy_tools/energyplus.htm Programa de simulación Energy Plus.
- <http://www.indec.gov.ar/Anuario/InfoProv/p18.htm> Información estadística de las provincias de Corrientes y Chaco.
- [http://www.cai.org.ar/tecnocorstruccion/requisitos-const-edif.html](http://www.cai.org.ar/tecnoconstruccion/requisitos-const-edif.html) Requisitos esenciales en la construcción de edificios.
- <http://www.cai.org.ar/tecnocorstruccion/arbol-tecnologico.html> Árbol tecnológico de la calidad.
- <http://www.cai.org.ar/tecnocorstruccion/programa-calidad-en-constr.html> Estándares mínimos programa nacional para la construcción.
- <http://www.cai.org.ar/tecnocorstruccion/certific-cee.html> Certificación energética de edificios en la comunidad económica.
- <http://www.cai.org.ar/tecnocorstruccion/ing-valorativa.html> Ingeniería valorativa de desempeños en edificios.
- <http://www.cai.org.ar/tecnocorstruccion/inf-amb-prodconstr.html> Información ambiental de productos para la construcción.
- <http://www.cai.org.ar/tecnocorstruccion/codigo-reg-constr.html> Códigos y reglamentos de construcción.