

CARPINTERÍAS DE EDIFICIOS DEL NEA ANALIZADAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SUS PUENTES TÉRMICOS. INFLUENCIA EN EL DESEMPEÑO HIGROTÉRMICO GENERAL

Betiana Rocío Suárez, Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional del Nordeste, correo-e: betianarociosuarez91@gmail.com.ar

Jacobo Guillermo José, Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional del Nordeste, correo-e: gjjacobo@arq.unne.edu.ar

Herminia María Alías, Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional del Nordeste, correo-e: heralias2001@yahoo.com.ar

Resumen— La investigación se orientó a estudiar el desempeño higrotérmico de tipologías de carpinterías, frecuentemente utilizadas, en edificaciones de las ciudades de Resistencia y Corrientes. A determinar el valor de transmitancia térmica media ponderada, su encuadre en la clasificación propuesta por la Norma IRAM 11507-4, y la ubicación y comportamiento de los puentes térmicos. Datos recabados para definir el nivel de eficiencia energética de estos componentes constructivos de la envolvente edilicia. Y para cuantificar los flujos de calor, es decir las cargas térmicas por conducción incidentes en el balance térmico final de los espacios interiores, los cuales repercuten en la intensidad de uso de los sistemas de climatización, en los niveles de consumo eléctrico, y finalmente en las cantidades de emisiones de gases contaminantes.

Partiendo de un diagnóstico de la situación actual de las carpinterías, se propusieron soluciones tecnológico-constructivas de optimización y de corrección de puentes térmicos. Los cuales requirieron de la aplicación de la metodología de cálculo de la transmitancia térmica y de las modelizaciones en los software THERM y WINDOW.

Como resultado final se estimaron porcentajes de ahorro energéticos y de reducción de emisiones gases contaminantes. Así como también costos de rehabilitación térmica y años de amortización. Siendo estos datos valiosos para justificar el porqué de la imperiosa necesidad de la corrección de los puentes térmicos en carpinterías.

Palabras clave— *Transmitancia térmica, Carpintería, Norma IRAM 11507-4, software Therm 6.3.*

1. Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo difundir los resultados hallados en la investigación de la beca pregrado, realizada en el ciclo 2015, para la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la UNNE, bajo el título “*Desempeño higrotérmico de cerramientos de vanos (vidrios y marcos de carpinterías) de edificios del NEA según análisis de puentes térmicos y propuesta de pautas tecnológico-constructivas para su corrección*” [1]. Investigación que se enmarca en el proyecto “*Rehabilitación higrotérmico-energética de edificios en el NEA: evaluación, diagnóstico, desarrollo de soluciones técnico-constructivas y valoración costo-beneficio. Clasificación energética de la edificación*” a cargo en la dirección: arq. Guillermo JACOBO y codirección: arq. Herminia ALÍAS.

En la mencionada investigación que da origen a este trabajo, primó el objetivo de optimizar energéticamente las carpinterías, corregir los puentes térmicos, mejorar y disminuir los valores de transmitancia térmica. Porque son los puntos críticos de la envolvente edilicia, en donde se agudizan los puentes térmicos, las secuelas del efecto invernadero (producido por las superficies vidriadas) (Figura 1), las infiltraciones de aire y agua. Los cuales en deficientes condiciones constructivas desencadenan patologías constructivas (humedades superficiales, desprendimiento de revoques y pintura, hongos), y pérdidas o ganancias térmicas (Figura 2) según fuere la estación climática, invierno o verano. Este último factor es crucial en los balances térmicos de los espacios habitables. Ya que las carpinterías poseen una importante incidencia en los cálculos de las cargas térmicas, ya sea por conducción o por radiación solar, los cuales dependen del tipo de vidriado y protecciones solares utilizadas, las orientaciones y el valor de la transmitancia térmica media ponderada.



Figura 1: Efecto invernadero generado por vidrios Fuente: Ponencia “Rehabilitación térmica de cerramientos de huecos: vidrios y marcos térmicamente eficientes” Eduardo M^a De Ramos Vilariño, 2011, Bilbao

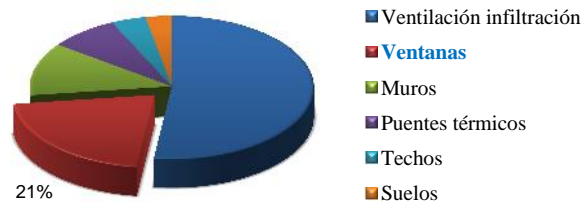


Figura 2: Pérdidas o ganancias térmicas en los edificios Fuente: Ponencia “Rehabilitación térmica de cerramientos de huecos: vidrios y marcos térmicamente eficientes” Eduardo M^a De Ramos Vilariño, 2011, Bilbao

Si además de poseer envolventes edilicias deficientes térmicamente, consideramos las condiciones climáticas existentes en la región, de elevadas temperaturas y humedades, resulta lógico el creciente consumo en climatización (figura 3), la búsqueda del confort por parte de los usuarios, que demandan cada vez más suministro de electricidad desde el sector residencial (Figura 4,5)

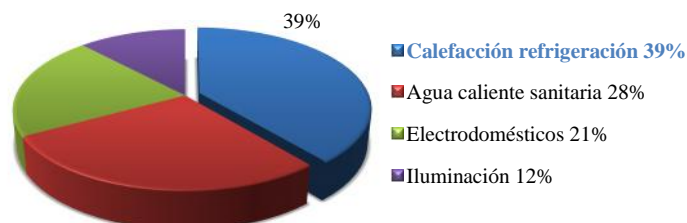


Figura 3: Consumos medios energéticos de una vivienda Fuente: CABRERA, Zulma; GUIDURA, Juan Ramón. (2010). Arquitectura bioclimática para barrios de viviendas sociales

*Carpinterías de edificios del NEA analizadas desde el punto de vista de sus puentes térmicos.
Influencia en el desempeño higrotérmico general*

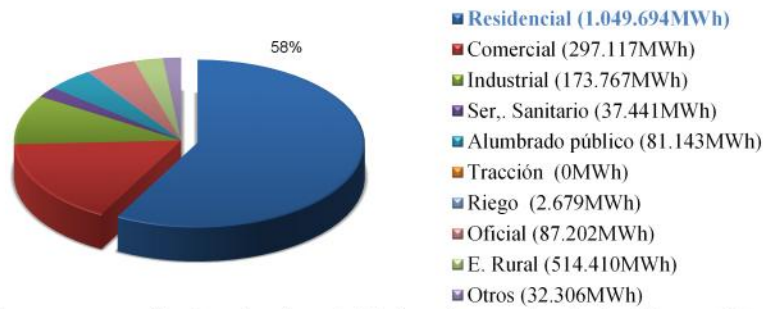


Figura 4: Porcentajes de consumos finales de electricidad en la provincia de Chaco Año 2012 Fuente: Secretaría de energía

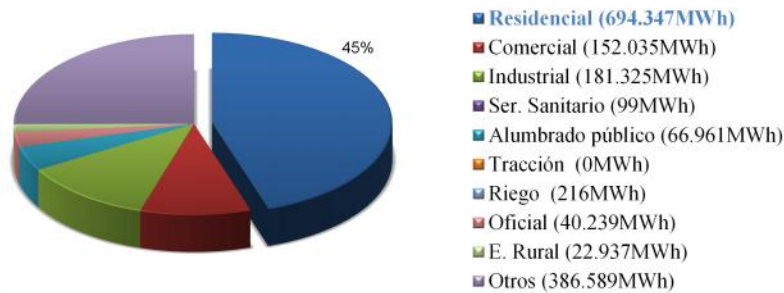


Figura 5: Porcentajes de consumos finales de electricidad en la provincia de Corrientes Año 2012 Fuente: Secretaría de energía

Situación que resulta inquietante si tomamos noción de que en la Argentina las fuentes primarias para generar electricidad son el petróleo y el gas natural, que producen como derivados de su combustión gases contaminantes (Figura 6,7). Encontrándose aún en un estado de infradesarrollo las energías renovables.

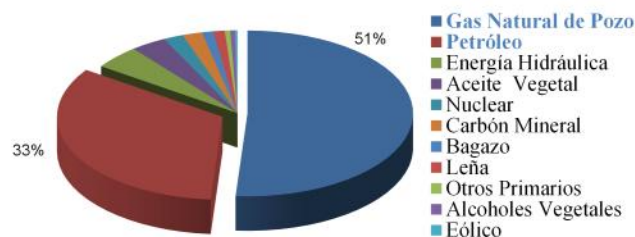


Figura 6: Distribución porcentual de la oferta interna de energía primaria, por forma de energía Año 2014 Fuente: Secretaría de energía, Ministerio de planificación federal, inversión pública y servicios.

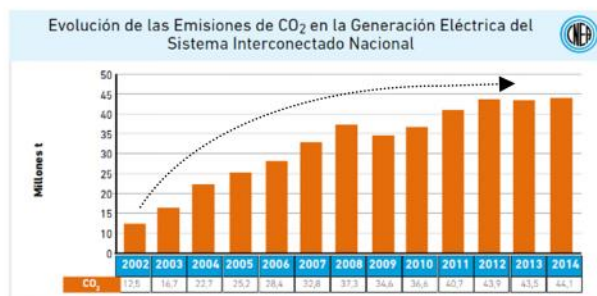


Figura 7: Evolución de las emisiones de CO₂ en la generación eléctrica del sistema interconectado nacional Año 2014 Fuente: Secretaría de energía, Ministerio de planificación federal, inversión pública y servicios.

Entonces se destaca la importancia de rehabilitar térmicamente las carpinterías, optimizar las edificaciones, transformarlas en eficientes energéticamente, disminuyendo el consumo, garantizando el confort y las condiciones de habitabilidad en los espacios internos, efectuando un uso más racional de la energía.

2. Materiales y Métodos

Para el desarrollo de la investigación se ha utilizado el método “*Analítico Deductivo: de lo general a lo particular*”: ya que se partió del análisis de la bibliografía general disponible sobre el tema hasta llegar a modelizar, en programas informáticos específicos, resoluciones tecnológicas particulares. Por lo tanto fueron necesarias realizar las siguientes actividades:

- Recolección y clasificación de bibliografía de acuerdo a ejes temáticos propuestos en la investigación (exigencias de carpinterías, aspectos generales de las mismas, vidrios, marcos, posibles soluciones de rehabilitación)
- Relevamiento fotográfico de las tipologías de carpinterías existentes en los edificios locales, ya sean estos de carácter público, privado, comercial o residencial. Tomándose 60 fotos en la ciudad de Resistencia y 84 fotos en la ciudad de Corrientes.
- Elaboración de planillas para clasificar y ordenar la información recolectada. Volcándose datos como sector, ubicación en la ciudad, materialidad, especificaciones técnicas, áreas o superficies componentes.
- Consultas técnicas a comerciantes, expertos en el tema, instituciones públicas (IPDUV, INVICO). Solicitando a dichos institutos las planillas de carpinterías de los pliegos de los prototipos de viviendas más construidas en las respectivas provincias.
- Verificación de las condiciones térmicas de las tipologías existentes, mediante la aplicación de la metodología de cálculo de la Norma IRAM 11507-4 [2]. En esta metodología se aplica la ecuación (1) de transmitancia térmica media ponderada.

$$K'_m = \frac{\sum_1^n (K_i \cdot S_i)}{\sum_1^n S_i}$$

(1) Fuente: Norma IRAM 11507-4

K'_m = transmitancia térmica media ponderada W/m^2K

S_i = superficie de cada uno de los componentes de la ventana m^2

K_i = transmitancia térmica según IRAM 11601 W/m^2K

El valor hallado se contrasta con los valores de la tabla (1) de la Norma IRAM 11507-4. De esta manera se obtiene la categoría de clasificación de una carpintería.

Tabla 1: Categorías de aislación térmica para carpinterías Fuente: Norma IRAM 11507-4

Categoría de aislación	Transmitancia térmica, K (en W/m^2K)
K_1	$K < 1,0$
K_2	$1,0 \leq K \leq 1,5$
K_3	$1,5 < K \leq 2,0$
K_4	$2,0 < K \leq 3,0$
K_5	$3,0 < K \leq 4,0$
No clasificable	$K > 4,0$

NOTA. Las categorías de clasificación establecidas en la tabla 1, son exigibles en función del desempeño térmico requerido en las condiciones ambientales de uso previstas para la zona climática donde se instale la ventana (IRAM 11603).

- Confección de gráficos de torta para visualizar la situación actual de las carpinterías de los edificios existentes.
- Elaboración y estudio de propuestas de rehabilitación aptas para la región, mediante el planteo de pautas de diseño tecnológico.

- Traducción y lectura del manual de uso del software THERM versión 6.3 [3]
- Armado del catálogo de carpinterías, clasificándolas en 3 grupos (Grupo A: Aluminio, Grupo B: Chapa plegada y Grupo C: Madera), y especificando su transmitancia térmica, clasificación, precio, observaciones respecto a los códigos y reglamentos vigentes en la región [4,5], y recomendaciones en relación a su tecnología.
- Selección de tipologías y soluciones de rehabilitación térmica más representativas, especificadas en el catálogo.
- Recopilación de datos climáticos (temperatura interior, temperatura exterior de diseño máxima - mínima, radiación solar directa, velocidad y dirección del viento, coeficiente convectivo, temperatura y emisividad del cielo) y de propiedades térmicas de materiales (conductividad térmica y emisividad), para la carga de datos en los softwares.
- Creación de los cad de las tipologías (detalles constructivos separados por partes constituyentes de la carpintería: dintel, jamba, antepecho, umbral, cruce central) a ser importados en los programas informáticos.
- Estudio y práctica (en los software THERM y WINDOW versión 6.3), de las tareas de: importación, creación de geometría, mallado, cálculo, exportación, carga de datos, creación de materiales y condiciones de entorno, visualización de resultados, etc. Creación de las 132 modelizaciones finales, de las partes constituyentes de 12 tipologías seleccionadas de los 3 grupos establecidos de carpinterías, bajo las condiciones climáticas de la estación invierno (mes de septiembre) y verano (mes de diciembre) de la ciudad de Resistencia, dada su mayor rigurosidad.
- Elaboración de diagnósticos, fichas técnicas y gráficos comparativos entre la metodología de cálculo IRAM 11507-4 y los resultados de las modelizaciones en los software THERM y WINDOW.
- Estudios de factibilidad económica, de amortización y de implementación de las propuestas en la región NEA.
- Realización de cálculos de supuestos estimativos de ahorro energético, mediante hojas de cálculo Excel. Estudiando otras normativas IRAM relacionadas al tema en desarrollo. (IRAM 11604 – 11659-2) [6,7]
- Confección de conclusiones y recomendaciones a futuro para quienes estén interesados en la investigación.

3. Resultados y Discusión

En base al relevamiento de las carpinterías de los edificios existentes en las ciudades de Resistencia y Corrientes, al estudio de su comportamiento higrotérmico a través de la metodología de cálculo de la norma IRAM 11507-4 y las modelizaciones en los software THERM y WINDOW. Se ha podido constatar que un 75% de las carpinterías relevadas no clasifica para la norma IRAM 11507-4 (Figura 8), es decir que su valor de transmitancia térmica media ponderada es superior al aconsejado por la norma ($4\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$). De este porcentaje que no clasifica: 51,85% son de aluminio, 28,70% de chapa plegada, 16,67% de madera y el % restante se distribuye entre otros materiales (Figura 9). Del porcentaje que clasifica: 89% es de madera y 11% de chapa plegada con espuma de poliuretano inyectada. (Figura 10)

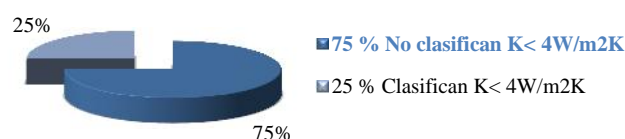


Figura 8: Porcentajes de clasificación de carpinterías para la Norma IRAM 11507-4 Fuente: Elaboración propia

*Carpinterías de edificios del NEA analizadas desde el punto de vista de sus puentes térmicos.
Influencia en el desempeño higrotérmico general*

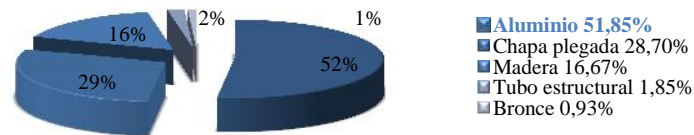


Figura 9: Porcentajes de carpinterías que no clasifican para la Norma IRAM 11507-4 según su materialidad Fuente: Elaboración propia

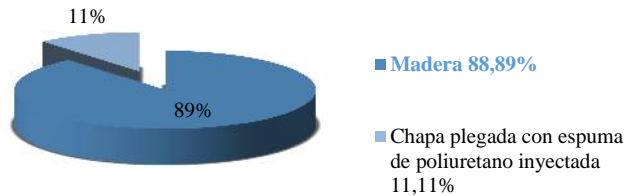


Figura 10: Porcentajes de carpinterías que clasifican para la Norma IRAM 11507-4 según su materialidad Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto se puede apreciar que 3 grupos de materiales, son los que prevalecen en la tecnología de las carpinterías: Aluminio, Chapa plegada y Madera. Los cuales han sido tomados como tipologías. (Figura 11)

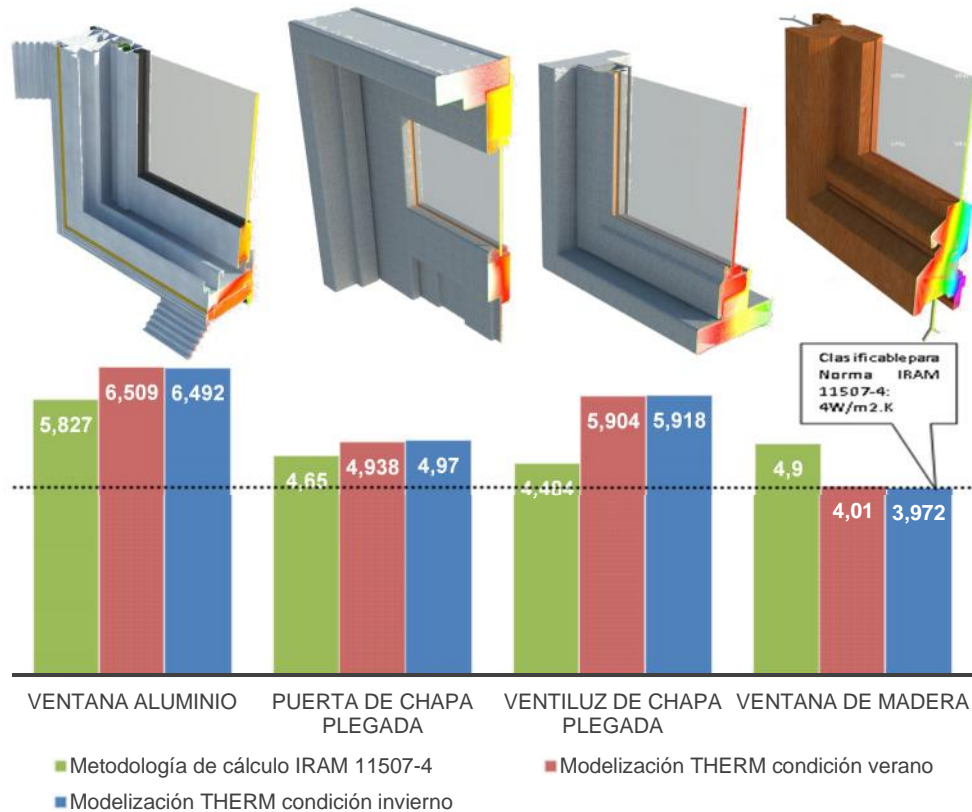


Figura 11: Comparación de valores de transmitancia térmica media ponderada entre diferentes tipologías de carpinterías en su estado actual sin rehabilitaciones Fuente: Elaboración propia

Pudiéndose destacar, que las carpinterías de aluminio generalmente son utilizadas en los edificios públicos como instituciones, entes, etc., también en comercios, y proyectos de vivienda pertenecientes a la operatoria PROCREAR. Las de chapa plegada son muy utilizadas en las viviendas FONAVI construidas por el INVICO. Y las de madera se utilizan generalmente en el sector residencial privado, y viviendas sociales del IPDUV.

*Carpinterías de edificios del NEA analizadas desde el punto de vista de sus puentes térmicos.
Influencia en el desempeño higrotérmico general*

Es importante distinguir que el software THERM requería para las simulaciones, modelizar por separado las partes de una carpintería (dintel, antepecho, jambas, cruce central), resultando alrededor de 5 a 7 modelizaciones por tipología para una condición climática. Si consideramos que el objetivo de la investigación era estudiar su comportamiento higrotérmico, se hacía necesario por lo tanto modelizar para diferentes condiciones climáticas invierno – verano. Lo cual resultaba para 12 tipologías seleccionadas un total de 132 modelizaciones. Dado el inmenso número de modelizaciones necesario para obtener resultados significativos, fue necesario como se ha mencionado anteriormente, elegir una ciudad para cargar los supuestos de condiciones de entorno (Tabla 2, 3). Optándose por la ciudad de Resistencia, ya que a comparación de la ciudad de Corrientes sus temperaturas son más elevadas en verano (39,8°C Resistencia - 39,4°C Corrientes), y más inferiores en invierno (-1,8°C Resistencia - 0,20°C Corrientes). Además también en Resistencia los valores de incidencia de radiación solar directa son mayores (Resistencia 259,16W/m² – Corrientes 252,50W/m²).

Estipulándose de esta manera que las soluciones halladas y modelizadas podrían funcionar en climas similares como el de la ciudad de Corrientes, en donde las condiciones no son tan severas.

Tabla 2: Condiciones de entorno de la ciudad de Resistencia, Chaco: Verano, utilizadas en Software THERM 6.3 y WINDOW 6.3 Fuente: Elaboración propia

Verano			Fuente de datos
Temperatura interior	27 °C		Norma IRAM 11659
Coeficiente convectivo radiativo interior	8 W/m ² K		método Duffie y Beckman, 1991
Temperatura exterior mínima (TMÍN)	20,1 °C		Norma IRAM 11603
Temperatura exterior media (TMED)	26,1 °C		Norma IRAM 11603
Temperatura exterior máxima (TMÁX)	32,1 °C		Norma IRAM 11603
Temperatura exterior mínima absoluta (TMA)	41,6 °C		Norma IRAM 11603
Temperatura exterior de diseño máxima (TDMX)	39,8 °C		Norma IRAM 11603
Coeficiente convectivo radiativo exterior	11,46 W/m ² K		Método Duffie y Beckman, 1991, pag. 174,
Velocidad media del viento (VM)	9,3 Km/h	2,58 m/s	Norma IRAM 11603
Radiación solar directa mes diciembre	6,22 KWh/m ² /día	259,16 W/m ²	Nasa atmospheric science data center

Tabla 3: Condiciones de entorno de la ciudad de Resistencia, Chaco: Invierno, utilizadas en Software THERM 6.3 y WINDOW 6.3 Fuente: Elaboración propia

Invierno			Fuente de datos
Temperatura interior	22 °C		Norma IRAM 11605
Coeficiente convectivo radiativo interior	8 W/m ² K		método Duffie y Beckman, 1991
Temperatura exterior mínima (TMÍN)	10,9 °C		Norma IRAM 11603
Temperatura exterior media (TMED)	16,76 °C		Norma IRAM 11603
Temperatura exterior máxima (TMÁX)	22,5 °C		Norma IRAM 11603
Temperatura exterior mínima absoluta (TMA)	-4,7 °C		Norma IRAM 11603
Temperatura exterior de diseño mínima (TDMN)	-1,8 °C		Norma IRAM 11603
Coeficiente convectivo radiativo exterior	11,91 W/m ² K		Método Duffie y Beckman, 1991, pag. 174,
Velocidad media del viento (VM)	10 Km/h	2,78 m/s	Norma IRAM 11603
Radiación solar directa mes septiembre	5,26 KWh/m ² /día	219,16 W/m ²	Nasa atmospheric science data center

A partir de estas tipologías detectadas, y sus deficientes condiciones higrotérmicas, se propusieron las siguientes soluciones tecnológicas constructivas de rehabilitación térmica.

- **Grupo A: Carpinterías de aluminio**

-Recambio de carpinterías con perfilaría de aluminio estándar por carpinterías con perfilaría de ruptura de puente térmico ($3,338W/m^2K$) (Figura 12)

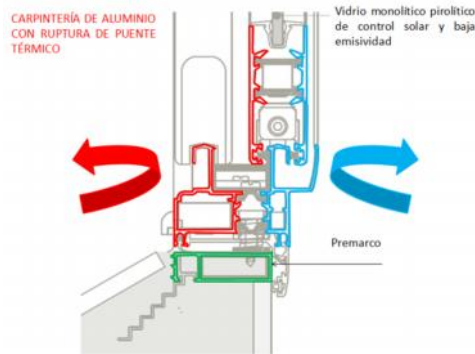


Figura 12: Carpintería de aluminio con ruptura de puente térmico y recambio de vidrio Fuente: Elaboración propia

-Inyección de espuma de poliuretano en espacios vacíos de perfiles de bastidores de la carpintería. ($3,117W/m^2K$) (Figura 13)

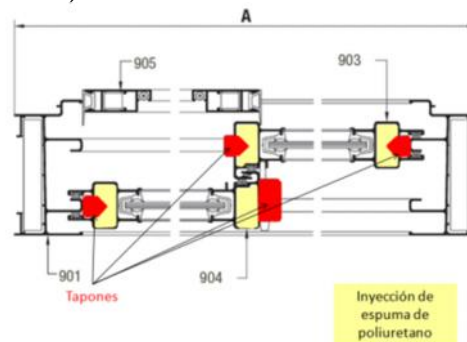


Figura 13: Carpintería de aluminio con inyección de espuma de poliuretano y recambio de vidrio Fuente: Elaboración propia

-Recambio de vidrios comunes por vidrios de control solar, como vidrio monolítico reflectivo pirolítico de control solar y baja emisividad 6mm, y vidrio monolítico pirolítico de control solar y baja emisividad 6mm.

-Recambio de carpinterías con perfilaría de aluminio estándar por carpinterías con perfilaría de ruptura de puente térmico y sistema de DVH incorporado. ($2,086W/m^2K$) (Figura 14)

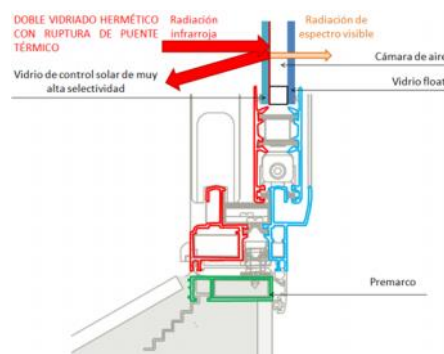


Figura 14: Carpintería de aluminio con doble vidriado hermético y ruptura de puente térmico Fuente: Elaboración propia

-Contraventana exterior corrediza con policarbonato alveolar cristal. ($1,556W/m^2K$) (Figura 15)

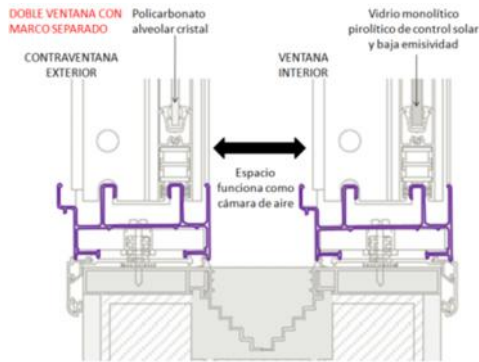


Figura 15: Carpintería de aluminio con contraventana exterior Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver en la figura 16, existieron unas notables diferencias de resultados entre las diferentes metodologías aplicadas. Los resultados arrojados por las modelizaciones fueron entre un 34% y un 80%, mayor que los calculados por metodología IRAM 11507-4. Afectando los niveles de clasificación de las propuestas de rehabilitación, incluso llegando a transformarse algunas en inclasificables.

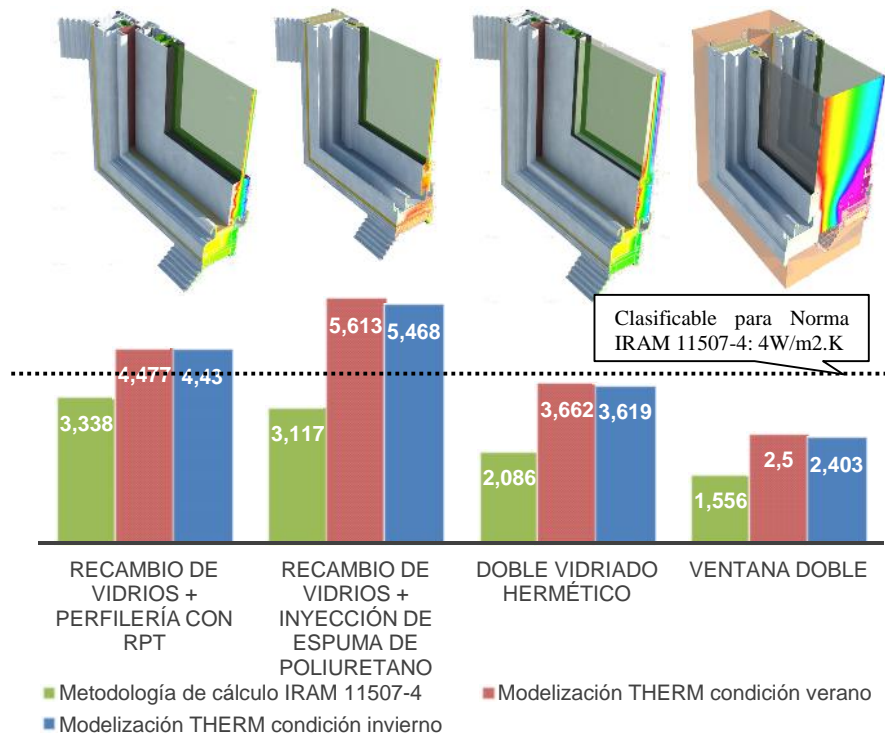


Figura 16: Comparación de valores de transmitancia térmica media ponderada entre propuestas de rehabilitación térmica para el grupo A: carpinterías de aluminio. Fuente: Elaboración propia

Si tenemos en cuenta que para el cálculo de la transmitancia térmica media ponderada de la carpintería, en ambas metodologías los valores de transmitancia térmica de la parte vidriada fueron los mismos, se podría elucubrar que la diferencia predominante se encontraba en la perfilería.

Otro aspecto a destacar, es la vital importancia de la ruptura del puente térmico, ya sea mediante material aislante o aire. Pero no sólo en el marco, sino también en el vidriado, o en la medida de las posibilidades en toda la carpintería, como sería el caso de las ventanas dobles en su situación cerrada. Porque de esta manera se impide que el flujo de calor se propague y llegue de una cara a la otra, ya sea por conducción, transmisión o convección.

• **Grupo B: Carpinterías de chapa plegada**

-Inyección de espuma de poliuretano en perfilería de los bastidores y superficie opaca de la carpintería. ($1,489W/m^2K$) (Figura 17)

-Recambio de vidrios comunes por vidrios de control solar.



Figura 17: Marco de chapa plegada con inyección de espuma de poliuretano, y vidrio pirrolítico.

Fuente: Elaboración propia

En este grupo de carpinterías se volvió a constatar que los valores de transmitancia térmica hallados en las modelizaciones fueron entre un 110% y 118%, mayores que los calculados por metodología IRAM 11507-4. (Figura 18) Nuevamente la diferencia predominante se encontró en los valores de la perfilería. Pudiéndose observar que en el caso de la rehabilitación térmica del ventiluz, no funcionó la inyección de espuma de poliuretano, ya que no logró romper el puente térmico. Si se apreció una leve mejoría en el área vidriada.

En cuanto a la rehabilitación de la puerta, la inyección de espuma de poliuretano funcionó sólo en los paños opacos ubicados en los 2 tercios inferiores de la puerta, no ocurriendo esto en la sección del dintel o del divisor entre el paño vidriado y el paño opaco. Esto pudo deberse, a que en los paños opacos fue necesario proponer chapas lisas que cubrieran la espuma de poliuretano, para no dejarla a la intemperie y a la vista. Conformándose de esta manera un panel sándwich de mayor aislación térmica.

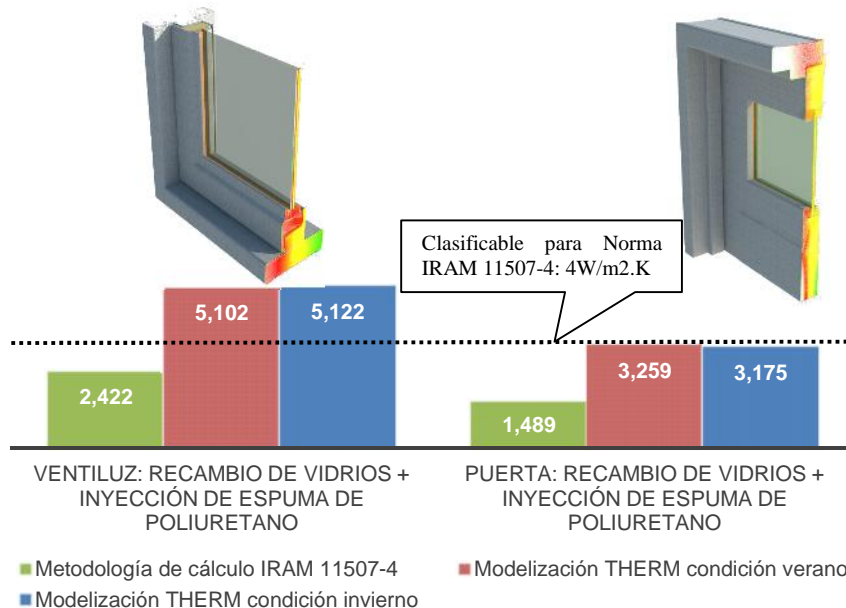


Figura 18: Comparación de valores de transmitancia térmica media ponderada entre propuestas de rehabilitación térmica para el grupo B: carpinterías de chapa plegada Fuente: Elaboración propia

- Grupo C: Carpinterías de madera

-Recambio de vidrios comunes por vidrios de control solar. ($3,547W/m^2K$) (Figura 19)

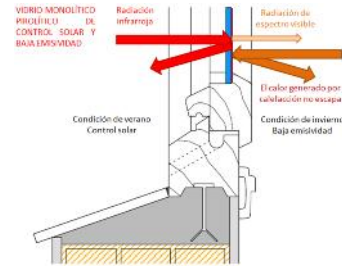


Figura 19: Carpintería de madera con recambio de vidrio Fuente: Elaboración propia

-Postigones o contraventanas exteriores con celosías de abrir a batiente. ($1,928W/m^2K$) (Figura 20)

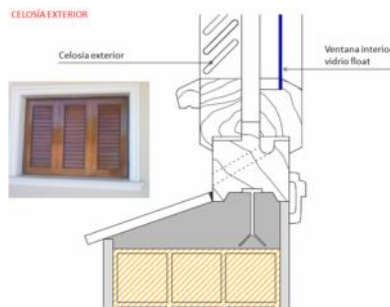


Figura 20: Carpintería de madera con postigones exteriores Fuente: Elaboración propia

En este grupo de carpinterías por primera vez se hallaron valores de transmitancia térmica de modelizaciones menores (11%) que los hallados por metodología IRAM 11507-4. (Figura 21) Esto pudo deberse a que los valores de la perfilería calculados por el software THERM fueron más bajos que los calculados por metodología IRAM. También se debe considerar que la conductividad térmica de la madera es un valor bajo $0.34W/m.K$, lo cual influyó en las modelizaciones de la carpintería. Luego se observa, que en la propuesta de celosías de madera los valores volvieron a ser más altos 29%, no existe aquí una respuesta fehaciente sobre el porqué de estos resultados. Pudo deberse a diferencias en metodologías de cálculo adoptadas para calcular ventanas dobles. Siendo que en la norma IRAM, se consideró la resistencia térmica de la ventana y la contraventana, sumado a la diferencia de resistencias superficiales externa e interna. En cambio el software THERM se calculó la transmitancia térmica de la celosía y el vidrio, considerándolo como un sistema de acristalamiento.

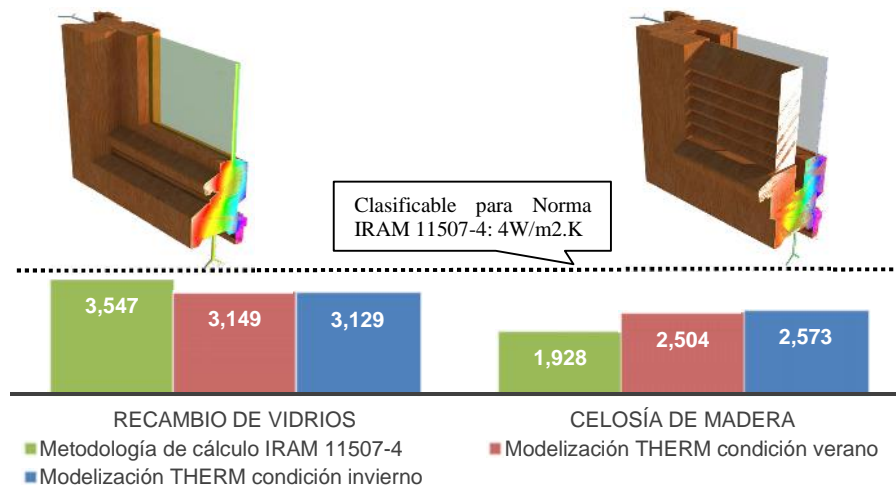


Figura 21: Comparación de valores de transmitancia térmica media ponderada entre propuestas de rehabilitación térmica para el grupo C: carpinterías de madera Fuente: Elaboración propia

*Carpinterías de edificios del NEA analizadas desde el punto de vista de sus puentes térmicos.
Influencia en el desempeño higrotérmico general*

Es así que mediante la rehabilitación energética de las carpinterías se podrían obtener los beneficios detallados en la tabla 4.

Tabla 4: Beneficios de la rehabilitación energética de las carpinterías. Fuente: Elaboración propia

	Grupo A Aluminio	Grupo B Chapa plegada	Grupo C Madera
Transmitancia térmica	1.556-3.338W/m2.K	1.489-2.422 W/m2.K	1.928-3.547W/m2.K
Clasificación para norma IRAM 11507-4	K3-K5	K2-K4	K3-K5
Ahorro en refrigeración mensual	28-30%	1.2-12%	35-48%
Ahorro en calefacción mensual	7-13%	0.3-4 %	5-11%
Ahorro en climatización anual	22-25%	1-10 %	27-38%
Ahorro en electricidad mensual en verano	20-22%	1-9 %	25-34%
Ahorro en electricidad mensual en invierno	3-5%	0.001-1%	2-4%
Ahorro en consumo total de electricidad anual	8%	0.4-4%	10-14%
Ahorro en reducciones de emisiones de CO₂	8-9%	0.4-4%	10-14%
Ahorro en tarifa	19-21%	1-8%	24-33 %
Amortización de (con subsidio):	0.6-1.9años	1-2años	0.2-0.4años
Amortización de (sin subsidio)	0.4-1.1años	0.6-1.2años	0.1-0.2años

Para el cálculo del ahorro energético se tomaron como supuestos una vivienda de 3 dormitorios modelo PROCREAR contemporánea región NEA, que posee 5 ventanas (tipologías de aluminio o de madera), 1 ventiluz y 2 puertas (tipologías de chapa plegada), orientadas todas al oeste con radiación solar directa tomada a las 16hs. Suponiendo además que la carga térmica inicial de verano es de 9852,13W y la de invierno 2008,32Kw/h. Volumen a calefaccionar 206m³, grados días 298.

El consumo eléctrico se estimó en un promedio de 300Kwh mensuales, utilizándose como refrigeración un aire acondicionado capacidad de refrigeración de 2.67Kw, capacidad de calefacción 2.73Kw, consumo de refrigeración 0.83Kw, consumo de calefacción 0.8Kw y cantidad de horas promedio de uso diarias 8hs, anuales 500hs.

Al realizar un gráfico comparativo de los costos que implicaría rehabilitar térmicamente una carpintería (Figura 22). Se ha notado que en los tres grupos existen propuestas de bajo costo, accesibles, amortizables en un período no mayor a 2 años, incluso menores que la reposición por una carpintería nueva.

Se debe destacar que en el grupo de las carpinterías de aluminio, las soluciones son más caras, ya que las soluciones tecnológicas son más complejas, llevan materiales específicos como perfiles con ruptura de puente térmico, varillas de poliamida, sistema de acristalamiento dobles. Sin embargo su rendimiento energético es óptimo.

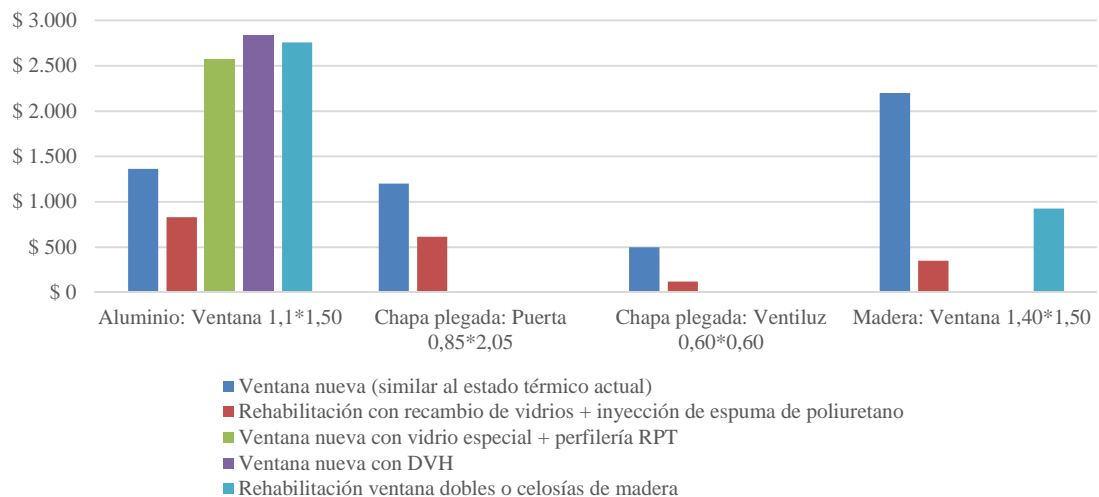


Figura 22: Comparativa de costos de rehabilitación Fuente: Elaboración propia

A modo de supuesto, estas propuestas de corrección de puentes térmicos para carpinterías, podrían implementarse en nuestra región de forma progresiva, efectuándose las siguientes actividades:

-Divulgar y difundir los resultados de la investigación, hacia la población demostrando los beneficios energéticos.

-Realizar pruebas pilotos sobre edificios públicos o prototipos de viviendas sociales, efectuando un seguimiento del comportamiento térmico de las carpinterías en la envolvente, durante un período de tiempo. Ya que no es lo mismo, resultados de datos calculados o modelizados en régimen estacionario, que resultados de mediciones variantes en el tiempo.

-Crear programas nacionales, provinciales o municipales de incentivo al ahorro energético, podrían ser bajas en los impuestos o en las tarifas de electricidad, lo cual requeriría un común acuerdo entre empresas prestatarias y el Estado.

-Crear normativa con carácter de ley que exija la consideración de la eficiencia energética edilicia, que se conforme de metodologías: de cálculo, de ensayos, de certificación y de etiquetado de carpinterías. La etiqueta de eficiencia energética debería abarcar todas las regiones bioambientales del país.

-Exigir (mediante ordenanzas municipales) como parte del pliego de toda obra nueva, ampliación, refacción, etc. Los cálculos de transmitancia térmica, su clasificación y etiqueta energética.

-Incorporar en el mercado de las carpinterías, el concepto de etiqueta energética como un plus de venta. De manera que el cliente posea un parámetro comparativo a la hora de elegir.

-Promulgar un plan estratégico a largo plazo que considere la implementación de la eficiencia energética edilicia, quizás por distritos de la ciudad, por sectores público, privado, o por años de antigüedad de las obras. De manera de realizar el plan por etapas.

4. Conclusiones y recomendaciones

Los software THERM y WINDOW son herramientas informáticas de gran utilidad para identificar los puentes térmicos de una carpintería, ya que grafican y calculan de forma precisa el flujo del calor. Sin embargo se requieren precauciones en la carga de las condiciones del entono, los datos climáticos deben conocerse de antemano, los cuales en determinados casos son difíciles de hallar o estimar. También se debe tener cuidado en la elección de los materiales, y el detalle de sus propiedades térmicas, ya que si bien existe una base de datos, que incluso es actualizada permanentemente de forma online. Algunos de los materiales de dicha base de datos no se encuentran disponibles en el mercado local, o no poseen los mismos desempeños higrotérmicos que materiales locales. Por ejemplo: vidrios especiales de control solar, tipo de venecianas o cortinas de enrollar, sellantes o aislantes, gases de interiores de DVH.

A pesar de todas las precauciones mencionadas, que deben ser consideradas para obtener resultados fehacientes. Se puede destacar que los resultados de las modelizaciones en los software THERM y WINDOW han sido satisfactorios, ya que si bien difieren de los resultados obtenidos por metodología de cálculo IRAM 11507-4. Demuestran el real desempeño higrotérmico de las carpinterías. Se constató por ejemplo que la inyección de espuma de poliuretano no llega a ser efectiva si se rellenan en cavidades de perfilería aún conectadas en ambas caras de una carpintería (interior – exterior), porque el calor se transmite todavía a través de esa perfilería.

Es decir que se debe evitar que el calor llegue de una cara a la otra de la carpintería, en todas las secciones constituyentes, ya que si por ejemplo existe un doble vidriado pero el marco es de perfilería común, el calor se transmitirá a través del mismo. Por ello se citan como efectivos los marcos y bastidores con perfiles de ruptura de puente térmico, los paneles opacos tipo sándwich aislante, o los dobles o triples vidriados con características de protección solar.

Las ventanas dobles también son efectivas pero su estado de baja transmitancia térmica no es constante, ya que al abrir por ejemplo las celosías exteriores el calor vuelve a ingresar y transmitirse a través de las ventanas interiores.

Así también se debe destacar la importancia de la baja conductividad térmica de los materiales componentes del marco y los bastidores, por ello resultan más eficientes los de madera. Quedaría por investigar si son eficientes los de PVC, o los mixtos de PVC y madera, que auguran valores bajísimos de transmitancia térmica.

En cuanto a los vidrios, se pudo constatar que los de control solar y baja emisividad son muy útiles para prevenir el ingreso de la radiación solar. Impiden además el efecto invernadero en los espacios interiores en verano, y las pérdidas de calor generadas por calefacción en invierno.

Por lo tanto, si bien las condiciones actuales de las carpinterías de los edificios existentes en el NEA son deficientes, poseen elevados valores de transmitancia térmica. La rehabilitación térmica de carpinterías como hemos visto es factible y representa un beneficio energético y económico.

5. Referencias

- [1] Suárez, Betiana Rocío. Et al. (2015) “*Desempeño higrotérmico de cerramientos de vanos (vidrios y marcos de carpinterías) de edificios del NEA según análisis de puentes térmicos y propuesta de pautas tecnológico-constructivas para su corrección*”. Secretaria General de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Resistencia, Chaco, Argentina.
- [2] Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (2010). Norma 11507-4. “*Carpintería de obra y fachadas integrales livianas. Ventanas Exteriores. Parte 4: Requisitos complementarios. Aislación térmica.*” Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.
- [3] Lawrence Berkeley National Laboratory. (2014) “*THERM 6.3 / WINDOW 6.3 NFRC Simulation Manual*”. Berkeley, California.
- [4] Municipalidad de la Ciudad de Corrientes. (1986) “*Código de edificación de la ciudad de Corrientes*”. Ordenanza n° 1623/85 Boletín municipal n° 208. Corrientes, Argentina.
- [5] Municipalidad de la Ciudad de Resistencia. (1987) “*Reglamento General de Construcciones*”. Ordenanza n° 1681., Resistencia, Chaco, Argentina.
- [6] Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (2001). Norma 11604. “*Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor, Cálculo y valores límites.*” IRAM, Buenos Aires, Argentina.
- [7] Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (2007). Norma 11659-2. “*Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración.*” IRAM, Buenos Aires, Argentina.