



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **ESTUDIO DE DESEMPEÑO TERMOENERGÉTICO DEL EDIFICIO SEDE DE LA FAU – UNNE (RESISTENCIA – CHACO – ARGENTINA) CON APLICACIÓN DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA**

**Carlos A. Coronel Gareca (1); Guillermo J. Jacobo (2); Herminia M. Alías (3)**

Cátedra Estructuras II - Departamento de la Tecnología y Producción – Facultad de Arquitectura y  
Urbanismo – Universidad Nacional del Nordeste – Resistencia – Chaco – Argentina

(1) e-mail: elarqcarlos@hotmail.com

(2) e-mail: gjjacobo@arq.unne.edu.ar

(3) e-mail: heralias@arq.unne.edu.ar

### **RESUMO**

En el nordeste argentino (clima muy cálido – húmedo), el factor climático es uno de los principales problemas incidentes en la sensación de bienestar en los espacios arquitectónicos, situación compartida por los edificios institucionales estatales, como la sede de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste (FAU – UNNE), que desarrolla sus actividades desde febrero a diciembre, con un consumo intensivo de energía para climatización e iluminación de los espacios, debido a la incorporación masiva de equipos electromecánicos de acondicionamiento. Por ello es necesario optimizar su desempeño energético a través del mejoramiento de su envolvente constructiva. Se propone la aplicación de software de simulación en el estudio de esta edificación, dado que es una técnica que puede predecir los cambios continuos en las condiciones internas, evaluando el comportamiento térmico del edificio, considerando todos los parámetros que lo definen, tarea cuya realización manual sería compleja y extensa. Realizar, mediante el software QUICKII, el estudio de desempeño termo – energético del edificio de la FAU - UNNE, para proponer alternativas de optimización de su envolvente constructiva. Se realizó un relevamiento físico-funcional y tecnológico del edificio de la FAU. Se cargaron los datos en el software QUICK II, para obtener, por un lado, las fluctuaciones térmicas de las zonas sin acondicionamiento electromecánico, y por otro, el consumo eléctrico requerido para mantener dichas zonas confortables. Se realizó un análisis estadístico del consumo eléctrico real del edificio durante los últimos 12 meses, como referencia comparativa. Se obtuvieron resultados diferenciados para los dos sectores del edificio (nuevo: talleres, donde se registran los mayores consumos; y antiguo: aulas/administración, que presenta mejor desempeño al contar con mamposterías portantes –reducen los puentes térmicos- y galerías perimetrales). Se trabaja en el desarrollo de propuestas de mejoramiento, las cuales se simularán para verificar las hipótesis planteadas.

Palabras-clave:: arquitectura; sede edilicia; consumo energético; simulaciones.

## **1 INTRODUCCIÓN**

En el nordeste argentino (clima muy cálido – húmedo), el factor climático es uno de los principales problemas incidentes en la sensación de bienestar en los espacios arquitectónicos, situación compartida por los edificios institucionales estatales, como la sede de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste (FAU – UNNE), que desarrolla sus actividades desde febrero a diciembre, con un consumo intensivo de energía para climatización e iluminación de los espacios, debido a la incorporación masiva de equipos electromecánicos de acondicionamiento. Por ello es necesario optimizar su desempeño energético a través del mejoramiento de su envolvente constructiva.

Se plantea realizar una verificación específica del funcionamiento higrotérmico del edificio de la FAU-UNNE, mediante la aplicación de la herramienta informática específica “QUICK II”, la cual permite estudiar al edificio en función de las diferentes variables que influyen en el funcionamiento de los mismos, como ser: tipos de cerramientos verticales (muros), cerramientos horizontales (techos), aberturas de ventilación e iluminación, puentes térmicos (estructuras de hormigón armado), la volumetría (en cuanto a sombras que arroja), orientaciones, etc.

El abordaje de esta investigación surge de la importancia que tiene el tema del confort higrotérmico en los espacios interiores de la edificación en nuestra región, ya que en la actualidad el desarrollo de la sociedad lleva implícitos mayores requerimientos de confort térmico y es en este sentido una de las principales finalidades de los edificios habitables, los cuales tienen como objetivo brindar las condiciones higrotérmicas adecuadas para el bienestar y el desenvolvimiento de sus actividades (JACOBO, 2004).

## **2 OBJETIVOS**

- Releva, analizar y diagnosticar el comportamiento energético del cerramiento perimetral del edificio de la FAU-UNNE (Resistencia, Chaco, Argentina), estudiando y verificando su funcionamiento higrotérmico y su correspondiente adaptación al clima regional con una herramienta informática adecuada.
- Proponer una serie de soluciones arquitectónico-tecnológicas prototípicas, que mejoren el rendimiento higrotérmico-energético de la envoltura constructiva y, consecuentemente, la reducción del consumo energético.

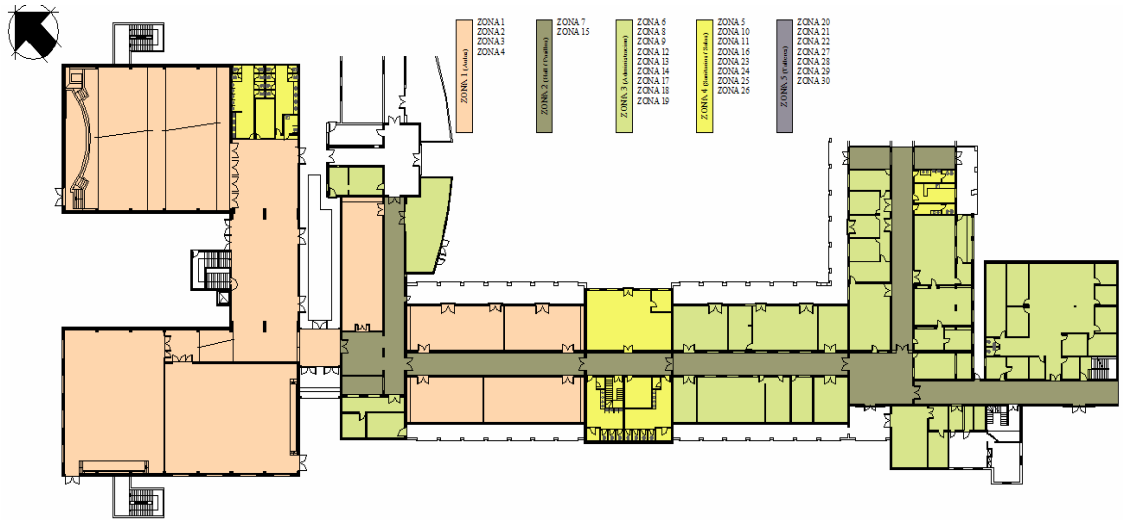
## **3 EL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA DE LA UNNE. RELEVAMIENTO Y ANÁLISIS**

Con el fin de definir las variables que influyen en el comportamiento termo-energético del edificio de la FAU, se procedió, tras un relevamiento cuali-cuantitativo exhaustivo del mismo (que permitiera definir “zonas” -de usos y funcionamientos similares-), a hacer una selección minuciosa de los sectores y locales que podrían funcionar como zonas relativamente homogéneas para encarar el análisis, modelización y simulación del comportamiento actual de dicho edificio. Se tuvieron en cuenta: el tipo de actividad desarrollada en cada espacio (compatibilidad de funciones), la frecuencia de uso, la cantidad de usuarios de esos espacios, y se procedió además a especificar y cuantificar los equipos electromecánicos, los de iluminación artificial y otros que generen ganancias de calor a los espacios interiores (GONZALO, LEDESMA y NOTA, 2000).

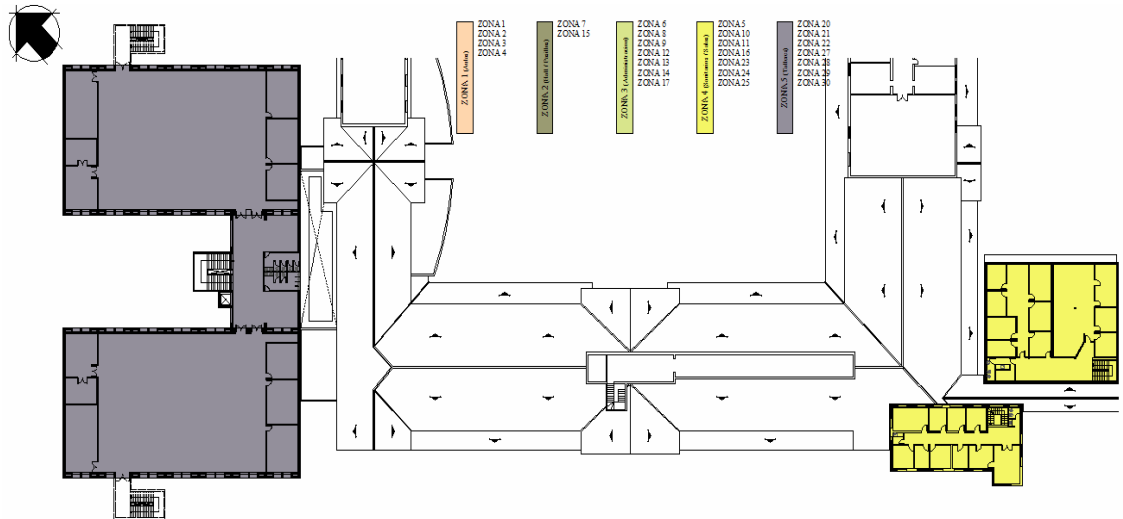
Con estos datos se establecieron zonas prototípicas de análisis, que sirvieron de base para la simulación dinámica. Se identificaron cinco (5) zonas principales por relación de funciones, dentro de las cuales determinamos otras sub-zonas, en función de la actividad específica de cada espacio interior. A partir de esto consideramos treinta (30) zonas, que se especifican en las figuras 1, 2 y 3.

La variable tecnológico-constructiva fue un factor importante a tener en cuenta en cuanto a la determinación de las zonas, ya que el edificio presenta dos bloques bien diferenciados en cuanto a su

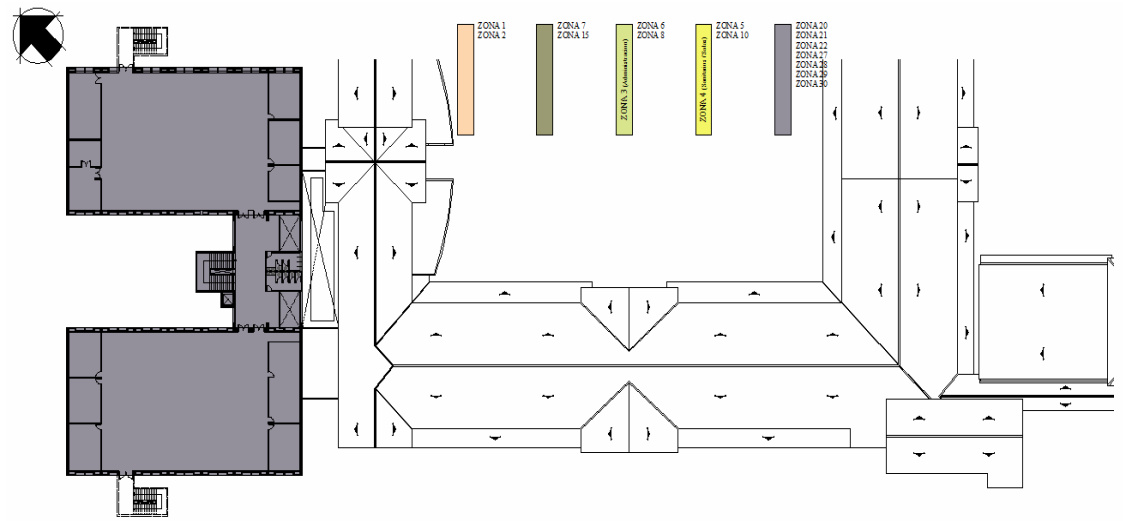
resolución tecnológico-constructiva. Con esta premisa se definieron los primeros bloques, dentro de los cuales se insertan diferentes zonas determinadas a partir de la función específica que se desarrolla en esos espacios.



**Figura 1 – Zonificación Planta Baja Edificio Facultad de Arquitectura y Urbanismo - UNNE**



**Figura 2 - Zonificación Planta 1º Piso Edificio Facultad de Arquitectura y Urbanismo - UNNE**



**Figura 3 - Zonificación Planta 2º Piso Edificio Facultad de Arquitectura y Urbanismo - UNNE**

Tecnológica y constructivamente, el edificio presenta dos sectores: el de construcción “tradicional” (bloque 1, edificio viejo), y el de construcción “prefabricada” (bloque 2, edificio nuevo), por esto las soluciones de las envolventes verticales presentan pocas diferencias entre sí (la diferencia reside fundamentalmente en la solución de la estructura resistente), mientras que en los cerramientos verticales prácticamente no existen diferencias en cuanto a la técnica constructiva, pero sí una diferencia radical en cuanto a los materiales usados para su ejecución, encontrándose tres tipos de cerramientos:

- a) Muros simples de ladrillos, en espesores no menores a 0,20m.
- b) Muros dobles con cámara de aire no menores a 0,30m.
- c) Muros compuesto de múltiples capas no menores a 0,30m.

#### 4 SIMULACIONES DE DESEMPEÑO HIGROTÉRMICO

Las simulaciones térmicas se realizaron con el programa computacional QUICK II (MATHEWS *et al*, 1997). De las diferentes zonas en que se dividió y modelizó al edificio, se obtuvieron los valores de cargas térmicas necesarias para mantener los niveles de confort con medios artificiales (equipos electromecánicos de acondicionamiento) y las fluctuaciones de temperatura en el interior de cada zona en caso de no existir medios mecánicos de acondicionamiento.

Para la aplicación de la herramienta informática, el edificio se dividió, según ya se mencionó, en zonas operativas, según los criterios detallados anteriormente. Los espacios semicubiertos (galerías) no se han considerado en las verificaciones, ya que los mismos están abiertos permanentemente, aunque sí se ha considerado el porcentaje de sombra que arrojan a las superficies de la envolvente contigua.

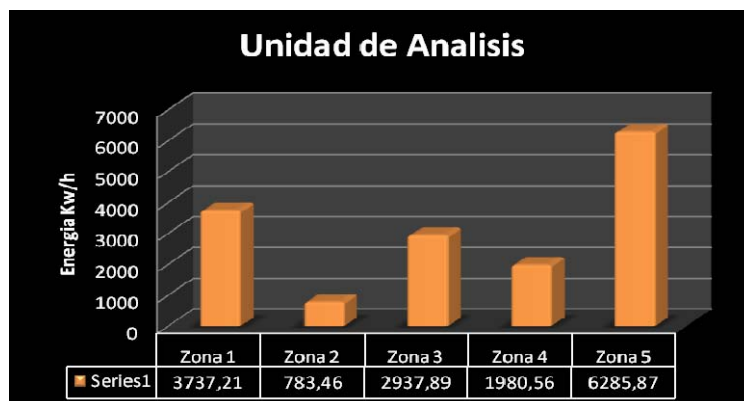
En el programa se cargaron los siguientes datos específicos de cada zona analizada:

- Datos climáticos: temperatura, humedad relativa, radiación solar, etc.
- Datos edilicios: materiales de cerramientos horizontales, cerramientos verticales, con sus respectivos coeficientes de conductividad térmica, densidad, calor específico, etc.
- Datos de la localidad de implantación (Resistencia, Chaco): medidos en forma horaria, para el día de diseño del período cálido y para el día de diseño del período frío.
- Datos de ocupación: cantidad de usuarios que se estima estarían utilizando el local según horarios.
- Datos de ventilación mecánica: en caso de existir algún equipo de ventilación.
- Datos de ventilación natural: debido a puertas y ventanas abiertas.

#### 5 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN PARA LA SITUACIÓN REAL

**Tabla 1** - Cantidad de Energía Eléctrica para lograr el confort en la U.A. Día de diseño de verano

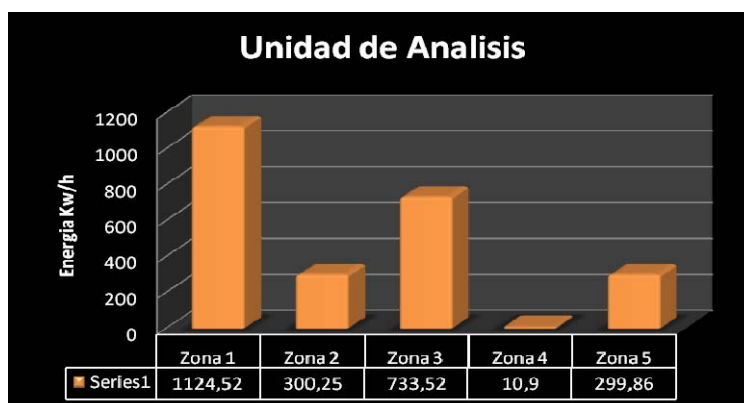
<i>Zonas</i>	<i>Energía Necesaria</i>	<i>Totales</i>
<b>Zona 1</b>	<b>3737,21 Kw/h</b>	<b>15724,99 Kw/h</b>
<b>Zona 2</b>	<b>783,46 Kw/h</b>	
<b>Zona 3</b>	<b>2937,89 Kw/h</b>	
<b>Zona 4</b>	<b>1980,56 Kw/h</b>	
<b>Zona 5</b>	<b>6285,87 Kw/h</b>	



**Figura 4** – Consumos de electricidad para el día de verano, en las distintas zonas en que se modelizó al edificio

**Tabla 2** - Cantidad de Energía Eléctrica para lograr el confort en la U.A. Día de diseño de invierno

<i>Zonas</i>	<i>Energía Necesaria</i>	<i>Totales</i>
<b>Zona 1</b>	<b>1124,52 Kw/h</b>	<b>2469,05 Kw/h</b>
<b>Zona 2</b>	<b>300,25 Kw/h</b>	
<b>Zona 3</b>	<b>733,52 Kw/h</b>	
<b>Zona 4</b>	<b>10,90 Kw/h</b>	
<b>Zona 5</b>	<b>299,86 Kw/h</b>	



**Figura 5** – Consumos de electricidad para el día de invierno, en las distintas zonas en que se modelizó al edificio

Como primer factor a considerar durante el proceso de simulación, podemos enunciar la subdivisión de los espacios en relación a grandes áreas funcionales, donde también se tuvo en cuenta al factor ocupación y frecuencia de uso, que en este tipo de edificios es fundamental para distinguir las distintas áreas funcionales. Con estos criterios se establecieron las distintas zonas componentes del edificio, que se denominaron: Zona 1 - AULAS (dentro de la cual se insertaron aulas, hall y el auditorio); Zona 2 - HALL / PASILLOS (halles principales y pasillos varios); Zona 3 - ADMINISTRACION (que incluía administración, Centro de Informática, tesorería, decanato, bedelía, departamento tecnológico, dirección posgrado y otros); Zona 4 - SANITARIOS / SALAS (donde se encontraban todos los servicios y los centros o institutos) y por último la Zona 5 - TALLERES (donde centramos los talleres, los sanitarios y hall de la edificación mas reciente).

El criterio adoptado sirvió como una primera aproximación al uso de la herramienta informática QUICK II, pero no es un criterio real, dado que existen locales dentro de una gran área funcional, que

se encuentran separados de otros por muros o tabiques, los cuales generan un comportamiento higrorémico diferente de dichos espacios.

Por tal motivo, en segunda instancia, se optó por realizar una nueva sub-división, donde se especificaron funciones y se establecieron criterios de selección para las mismas. Cada área quedaría conformada así, por el tipo de actividad específica que se realizaba en su interior. El factor ocupación y frecuencia de uso se especificó lo más detalladamente posible mediante datos estadísticos. También se tuvo en cuenta, para la nueva zonificación, el tipo de envolventes constructivas que presentaba cada zona. Con este criterio se obtuvieron resultados más cercanos a la realidad.

Para la sistematización de los datos, se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos con anterioridad en el análisis y simulación dinámica de las diferentes zonas.

Se tomaron como unidades representativas a las “*zonas características*”, nombrando así a aquellas que presentaron mayor consumo energético para acondicionar el ambiente y obtener los rangos de confort para cada día de diseño, y las que presentaron menor grado de confort en los espacios internos. De este modo propusimos soluciones prototípicas, que se orientan a propuestas tecnológico-constructivas que pretenden modificar las envolventes perimetrales de la edificación (sin que ello implique la destrucción de las actuales: las propuestas se desarrollan sobre los paramentos existentes), y evaluamos si de este modo el edificio experimentaba cambios que mejoren la habitabilidad de los espacios internos.

Para la selección de estas zona prototípicas, también se tuvieron en cuenta los tres tipos de soluciones en cuanto a cerramiento vertical se refiere, es decir, se tomaron zonas que presentaban picos altos de consumo de energía para acondicionamiento, y bajos niveles de confort, en los diferentes bloques que componen el edificio, para, de este modo, brindar soluciones a todo el espectro que abarca la sede física de la FAU-UNNE, y en adelante, y si se obtienen resultados positivos, obtener modelos aplicables a otras unidades académicas, aportando resultados objetivos, con propuestas concretas de materialización de las soluciones.

## **6 PROPUESTAS DESARROLLADAS**

### **6.1 Criterios tecnológico - constructivos**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el punto anterior (selección de zonas prototípicas), se procedió a efectuar propuestas de modificaciones en los cerramientos perimetrales exteriores de las diferentes zonas analizadas, para lograr su optimización energética, generando, dentro de los ambientes, los niveles de confort requeridos con una menor cantidad de energía. Así, se procedió al estudio y análisis de diferentes alternativas que podrían resultar aplicables a estos casos y luego de dicho análisis (teniendo en cuenta la disponibilidad de materiales en la zona y el costo de los mismos), se seleccionaron los más eficientes para cada caso y finalmente y por medio del programa de simulación, se obtuvieron los nuevos valores, que fueron comparados con los previos obtenidos. Los criterios que se tomaron en cuenta para la propuesta de mejoramiento de las envolventes verticales son los que a continuación se detallan:

a) En el bloque de talleres se propone corregir o atenuar los puentes térmicos (generados por las columnas de los pórticos y por las vigas de cierre perimetrales) con la incorporación de una capa de 100mm. de poliestireno expandido de alta densidad, sobre el cual se extenderán 2 capas de revestimiento plástico acrílico de base acuosa (impermeabilizante acrílico). La capa de poliestireno se fijará mediante rosetas (en cruz) y bulones a la estructura resistente. Cada roseta sostendrá cuatro placas de poliestireno, minimizando así la generación de pequeños puentes térmicos. Una vez fijadas las placas de poliestireno a la estructura resistente, servirán de guía para los espacios vacíos que quedan entre las columnas, los cuales se rellenarán con espuma de poliuretano, que se aplicará directamente sobre los paramentos existentes. Donde existan vanos, previamente se colocaran guías de madera para la correcta terminación de los dinteles, antepechos y mochetas.

b) En el edificio antiguo, se optó por añadir un paramento paralelo a los muros existentes. La edificación cuenta por lo general con muros simples revocados al exterior y lo que se propone es

añadir una capa de material aislante y luego un muro de ladrillos huecos de 8x18x25. Para la ejecución de los paramentos proyectados se deberá prever la incorporación de una barrera de vapor para evitar condensación en el interior del muro. Se propone añadir una capa de 50mm de poliestireno expandido, un film de polietileno como barrera de vapor (del lado más caliente del aislante térmico), y por último un muro contiguo de ladrillos huecos de 8x18x25 que será revocado en su cara exterior (con esto también se prevé proteger la estructura de hormigón que conforma el encadenado superior de la edificación vieja, que en este caso funcionaba como un pequeño puente térmico).



**Figura 6** – Propuestas de mejoras tecnológicas

Las características de los materiales empleados en las envolventes propuestas permitirían un aumento de la resistencia térmica de los muros, lo que se ha verificado aplicando la metodología indicada en la las normas de habitabilidad correspondientes, del Instituto de Racionalización Argentino de Materiales (IRAM 11601 y 11605, 1996; IRAM 11625, 2000), permitiendo por lo tanto un mejoramiento en lo referente a su comportamiento térmico, obteniendo valores de desempeño satisfactorios según los rangos fijados en las citadas normas técnicas.

Otro punto que se tuvo en cuenta para la optimización de las zonas prototípicas, fue la incorporación de carpinterías (marcos, puertas y ventanas) mejoradas, para lo que se propone la utilización de aberturas con doble vidriado, que eviten las ganancias de calor excesivas.

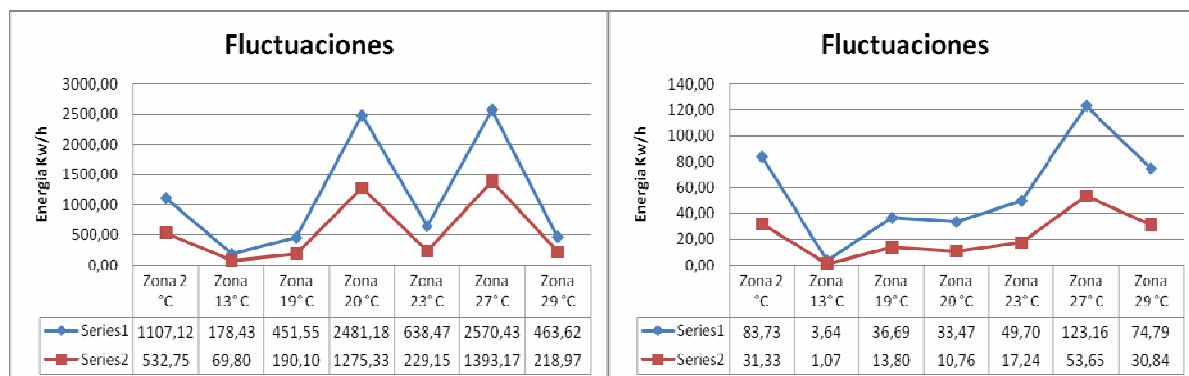
En la cubierta no consideramos necesaria la modificación de las capas constitutivas por dos motivos: por un lado por la cuestión constructiva, ya que para la incorporación de algún elemento aislante sería necesario, en cualquiera de los casos (si se desea poner por encima del entablonado o por debajo del mismo), quitar los elementos que constituyen el techo o el cielorraso respectivamente, para la adición de esta capa, pudiendo ocasionar la rotura de algunos elementos, lo que generaría nuevos gastos, mientras que el otro factor que nos lleva a considerar la no intervención del techado es la ventaja de contar con un gran espacio entre el cielorraso y la cubierta, que funciona como cámara de aire y ayuda en gran medida a “conservar” las temperaturas en los ambientes interiores fuera de las condiciones extremas exteriores.

## 6.2 Criterios de diseño

- Se mantienen las galerías perimetrales de la edificación vieja, que arrojan sombra a los cerramientos externos de algunas zonas, minimizando el porcentaje de radiación solar directa.
- Se mantiene al 100 % la imagen del edificio. Pese a las modificaciones propuestas, las terminaciones son prácticamente iguales a las existentes, lo que evita generar posibles conflictos en lo que respecta a la imagen icónica del edificio antiguo.
- Se respetan en todos los casos las orientaciones, aprovechando las direcciones principales de los vientos dominantes, para generar dentro de los ambientes el intercambio y recirculación del aire.
- Se aprovecha la sombra arrojada por la vegetación existente y los edificios colindantes, esto también contribuye a disminuir la ganancia de radiación solar directa.

Con las propuestas de optimización realizadas, se analizaron los requerimientos de energía para el confort, considerando climatización artificial del edificio, a través de la aplicación del programa de

simulación computacional. Una vez obtenido el diagnóstico, se plantearon pautas para la disminución del consumo de energía, 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 “K”, el uso de materiales alternativos a los tradicionalmente usados, la mejora en las variables situacionales/ relacionales y tecnológicas). Sólo algunas de estas estrategias de reducción del consumo implican un leve aumento en el costo inicial (las tecnológicas, relacionadas al diseño de muros y cubiertas), 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 (ALÍAS y JACOBO, 2004).



**Figura 7** - Fluctuación de la energía necesaria para acondicionar el ambiente en un día de verano, sin la incorporación de las soluciones tecnológicas propuestas (izquierda), y con las correcciones propuestas (derecha)

La solución 1 (Poliestireno expandido + Espuma de poliuretano), es aplicable a las zonas comprendidas dentro del bloque de talleres que conforman la sede física de la FAU-UNNE. Se propone la aplicación de esta solución en todo el perímetro exterior del bloque que contiene los talleres, cubriendo toda la estructura de hormigón armado a la vista (columnas, vigas y losas), con las placas de poliestireno expandido de alta densidad, para la posterior inyección de la espuma de poliuretano.

La solución 2 (Poliestireno expandido + Ladrillos huecos 8x18x25), se aplicará en la edificación antigua, que comprende en su gran mayoría aulas y sectores administrativos.

La figura 7 muestra la fluctuación de la energía necesaria para acondicionar el ambiente en un día de verano, sin la incorporación de las soluciones tecnológicas propuestas, y luego el gráfico correspondiente al mismo día de diseño, pero donde se realizaron las correcciones pertinentes.

A priori, los resultados obtenidos con las modificaciones de las envolventes resultan beneficiosos, y generan reducciones de energía considerables, que serán analizadas más adelante.

## 7 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN CON LAS MEJORAS PROPUESTAS

Con las correcciones realizadas en los cerramientos verticales de las *zonas características más desfavorables*, se obtuvieron resultados que arrojaron mejoras sustanciales en lo que respecta a consumos energéticos diarios, así como también en las amplitudes térmicas interiores-exteriores (valores directamente relacionados entre sí).

Las correcciones propuestas (soluciones prototípicas transferibles a las demás zonas), en las zonas denominadas “características” (mayor consumo energético, menor confort higrotérmico interior), permiten confirmar la gran importancia que tiene la envolvente constructiva en la edificación para conseguir mejores condiciones de habitabilidad interior y consecuentemente reducir el consumo de energía. En general se han conseguido mejoras que van desde un **mínimo de un 29%**, hasta un **máximo de un 55%**, en la estación crítica (verano), en comparación con los niveles iniciales de consumo energético. Para alcanzar estos valores, la variación propuesta abarcó únicamente a los



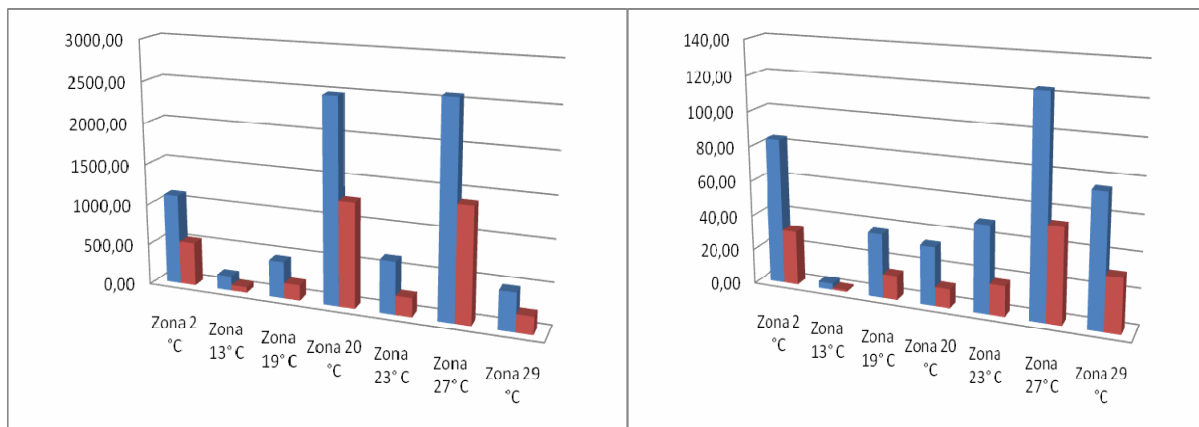
materiales de construcción de la envolvente exterior, partiendo de la premisa de que se debe mejorar la resistencia térmica del perímetro constructivo aumentando la capacidad de aislación térmica.

En la tabla 3 se observan los resultados obtenidos mediante los análisis realizados a las diferentes zonas características, acompañados con los resultados alcanzados con las propuestas de mejoramiento de las zonas críticas por medio de la intervención tecnológica propuesta:

**Tabla 3** - Resultados de la simulación

Zonas características	Sin Corrección		Con corrección		Reducción del consumo energético (%).	
	Consumo Energía Diario		Consumo Energía Diario			
	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno
Zona 2 Aulas 11 y 12A	1107,12	83,73	532,75	31,33	48.12	37.42
Zona 13 CIADYT	178,43	3,64	69,80	1,07	39.12	<b>29.31</b>
Zona 19 Dpto. Tecnológico	451,55	36,69	190,10	13,80	42.10	37.60
Zona 20 Aulas 9, 10A	2481,18	33,47	1275,33	10,76	51.40	32.14
Zona 23 Dpto. Historia	638,47	49,70	229,15	17,24	<b>35.89</b>	34.68
Zona 27 Aulas/Talleres 7 y 8A	2570,43	123,16	463,62	53,65	<b>54.20</b>	<b>43.56</b>
Zona 29 Escalera Ppal.	1393,17	74,79	218,97	30,84	47.23	41.23

Al comparar los datos obtenidos con los tipos de cerramientos empleados para la materialización de las diferentes envolventes constructivas perimetrales (tanto en las situaciones reales como en las propuestas) se puede observar que dentro de las situaciones originales de cerramientos, en **verano**, el que presenta mayor consumo energético diario es el constituido por ladrillos macizos. Al modificar los muros haciéndolos más aislantes, se consiguen notables mejoras de reducción del consumo energético de hasta un 55% con respecto a la situación actual real.



**Figura 8** – Consumos de energía para el día de diseño de verano, con y sin las mejoras propuestas

Se observa en todas las columnas una reducción radical, que acusa en la mayoría de los casos valores reducidos en un 50 %, implementando en los cerramientos perimetrales la propuesta comentada.

Sin duda, la implementación de la propuesta tecnológico-constructiva desarrollada para la envolvente de la edificación se comporta de manera más eficiente, demostrando que se logran porcentajes importantes en cuanto a la reducción del consumo de energía.

Puede observarse que, entre los cerramientos propuestos, la mayor diferencia de consumo (kw/h) se da en la **zona 20**, es decir que el **muro doble de bloques de ladrillos cerámicos huecos con cámara de aire y ladrillos macizos** es el que consigue mayores porcentajes de ahorro por unidad de superficie (tanto en verano como en invierno).

<b>Gastos SECHEEP (Servicios Energéticos del Chaco, Empresa del Estado Provincial) - FAU</b>					
<b>MES</b>	<b>LECTURA ANTERIOR</b>	<b>LECTURA ACTUAL</b>	<b>VENCIMIENTO</b>	<b>N° FACTURA</b>	<b>IMPORTE</b>
ENERO	30/11/2007	31/12/2007	31/01/2008	B0907072906	9.473,88
FEBRERO	31/12/2007	31/01/2008	29/02/2008	B0907139668	2.061,70
MARZO	31/01/2008	29/02/2008	31/03/2008	B0907231431	7.749,78
ABRIL	29/02/2008	31/03/2008	30/04/2008	B0907311127	9.513,07
MAYO	31/03/2008	30/04/2008	30/05/2008	B0907391401	10.105,43
JUNIO	30/04/2008	31/05/2008	30/06/2008	B0907495626	9.034,86
JULIO	31/05/2008	30/06/2008	31/07/2008	B0907552732	6.380,08
AGOSTO	30/06/2008	31/07/2008	29/08/2008	B0907642962	5.763,01
SEPTIEMBRE	31/07/2008	31/08/2008	30/09/2008	B0907747584	7.935,97
OCTUBRE	31/08/2008	30/09/2008	31/10/2008	B0907806727	10.150,05
NOVIEMBRE	30/09/2008	31/10/2008	28/11/2008	B0907879902	11.971,17
DICIEMBRE	31/10/2008	30/11/2008	30/12/2008	B0907972625	14.326,87
<b>MES</b>	<b>LECTURA ANTERIOR</b>	<b>LECTURA ACTUAL</b>	<b>VENCIMIENTO</b>	<b>N° FACTURA</b>	<b>IMPORTE</b>
ENERO	30/11/2008	31/12/2008	30/01/2009	B0908045766	12.580,03
FEBRERO	31/12/2008	31/01/2009	27/02/2009	B0908128494	2.811,10
MARZO					
ABRIL					
MAYO					
JUNIO					
JULIO					
AGOSTO					
SEPTIEMBRE					
OCTUBRE					
NOVIEMBRE					
DICIEMBRE					

**Figura 9** - Montos facturados por SECHEEP y abonados por la FAU-UNNE en el año 2008 por consumo de energía eléctrica en el edificio sede de la FAU-UNNE

## 8 CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, se toman puntos de referencia que permiten establecer ciertos criterios para proponer soluciones tecnológico-constructivas, que son aplicables a nuestra región.

En el aspecto tecnológico se verifica:

- Una baja calidad de las envolventes constructivas de los espacios construidos, en algunos sectores debido a las patologías registradas por la antigüedad de los materiales constitutivos de los cerramientos, y en otros, debido al uso de tecnologías inapropiadas, a defectos de control, ejecución y calidad de la obra, a inadecuación de las normativas, etc.
- Escasa utilización de materiales aislantes.
- Que, en algunas ocasiones, en la etapa de materialización del objeto arquitectónico, se alteran en obra las especificaciones y detalles de proyecto, a partir de lo cual surgen ciertas soluciones

técnicas cuyo desempeño será, naturalmente, distinta de la tenida en cuenta en todos los cálculos y estimaciones: no solo se omite la colocación de algunos elementos que figuran en la documentación, sino que también se sustituyen algunos materiales, especificados con ciertas características, por otros de distinta calidad, composición y vida útil.

De los análisis realizados, se puede determinar que el espesor de los muros incide en el comportamiento térmico de los locales que delimitan. Las tipologías de cerramientos verticales más apropiadas para la región NEA, teniendo en cuenta las características de los materiales de construcción y el comportamiento de los mismos frente a factores climáticos que lo afectan, son los **muros dobles con relleno de algún material aislante entre ambas hojas, tipología que permitió verificar una reducción promedio** (entre todos los sectores analizados) **de un 39% del consumo energético anual del edificio.**

Teniendo en cuenta esto, se puede prever como pauta el uso de este tipo de cerramientos verticales (principalmente en orientaciones en las zonas mas críticas), asumiendo el incremento del costo inicial de este tipo de construcción (comparado con las resoluciones tradicionales), que no obstante se amortizaría en el corto plazo (no más de cinco -5- años).

En el caso del último año analizado, el “2008”, en cuanto a la facturación de la empresa *SECHEEP* (Servicios Energéticos del Chaco: Empresa del Estado Provincial, que es la empresa facturadora del consumo eléctrico) por suministro de energía eléctrica al edificio de la FAU-UNNE, se verificó un monto anual total facturado y abonado, de **\$126.321,<sup>42</sup>** (figura 9).

De implementarse (desde el año 2009) la propuesta de optimización surgida del presente trabajo, basada en el **mejoramiento de la resistencia térmica de la envolvente constructiva en todas las zonas analizadas**, se hubiera podido tener un ahorro anual estimado inicial (39%) de hasta **\$49.265,<sup>35</sup>**, monto que si se extrapola **en el plazo de cinco (5) años, permite un ahorro de \$246.326,<sup>77</sup>**.

## 9 REFERENCIAS

ALÍAS, H. M.; JACOBO, G. J. **Situación higrotérmica, energética y ambiental de la construcción arquitectónica en la región Nordeste de Argentina.** Corrientes: I.T.D.A.Hu. – FAU - UNNE. Moglia S.R.L., 2004, 438 p.

GONZALO, G.; LEDESMA, S.; NOTA, V. Análisis y evaluación de consumo energético de un prototipo de vivienda en zona cálido húmeda. In: ANAIS NUTAU 2000, X CONGRESO IBÉRICO E V CONGRESO IBERO-AMERICANO DE ENERGÍA SOLAR, 2000, San Pablo, Brasil. **Anais...** São Paulo: NUTAU, 2000. p. 27-38.

INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES. Normas Técnicas Argentinas. **IRAM 11601:** Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. Buenos Aires, 1996. 48 f.

INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES. Normas Técnicas Argentinas. **IRAM 11605:** Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Buenos Aires, 1996. 27 f.

INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES. Normas Técnicas Argentinas. **IRAM 11625:** Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. 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. Buenos Aires, 2000. 39 f.

JACOBO, G. J. **Arquitectura del Siglo XX para el Siglo XXI.** Corrientes: Moglia S.R.L., 2004, 119 p.

MATHEWS, E. ET AL. **User's and reference manual for QUICK II:** A passive thermal design tool and load calculation computer program. TEMMI. Transfer of Energy Mass and Momentum. Sudáfrica: International (Pty) Ltd, 1997.