

## AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE LA OPTIMIZACIÓN DE LOS ENCUENTROS “ENVOLVENTE - ESTRUCTURA PORTANTE” DE EDIFICIOS EN TORRE

Alias, H. M.; Jacobo, G. J

Cátedra Estructuras II. Área de la Tecnología. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste

Campus Resistencia – Av. Las Heras 727 – 3500 Resistencia – Chaco - Argentina

Tel: (03722) 425573 - e-mail: [heralias@arq.unne.edu.ar](mailto:heralias@arq.unne.edu.ar) / [gjjacob@yahoo.com](mailto:gjjacob@yahoo.com)

**RESUMEN:** Se exponen los resultados finales de un proyecto iniciado a partir de un relevamiento de veintisiete edificios en altura construidos en las ciudades de Resistencia y Corrientes, (región Nordeste de Argentina, de clima muy cálido - húmedo) y de un estudio de desempeños higrotérmicos y energéticos de la envolvente de dichos edificios, aplicando normativa IRAM de habitabilidad higrotérmica y realizando simulaciones con el software QUICK II, tanto para la situación real de materialización de las envolventes de dichos edificios, como para una situación “teórica” optimizada propuesta, basada en atenuar las heterogeneidades características de los encuentros “envolvente – estructura portante”. Se verificó que, para la situación mejorada, el índice diario de consumo de energía eléctrica para mantener el confort por unidad de superficie se redujo un 24%. Así, puede decirse que el desempeño energético actual (real) de los edificios estudiados, considerado como dependiente en gran medida de las características de materialización de sus envolventes, resulta intensivo.

**Palabras Claves:** consumo energético – edificios en torre – puentes térmicos.

### 1. INTRODUCCIÓN

El criterio energético para evaluar el desempeño de la edificación resulta relevante en la circunstancia actual, en que gran parte de la energía que se utiliza en Argentina es para fines residenciales. Un elevado consumo de energía eléctrica se verificó en los últimos años, superando los valores máximos regionales y nacionales en el verano 2006-07, dentro de un contexto de crisis energética, cuyo problema principal es la generación y distribución nacional de la energía demandada.

Por otro lado, uno de los mayores problemas de los edificios en altura radica en su alto consumo de energía y gran exposición a los factores climáticos, circunstancia agravada cuando el diseño no se adecua al clima del sitio de emplazamiento (Marusic, 1999). En otro orden de cosas, los sistemas constructivos vigentes para la materialización de la envolvente de edificios en la región Nordeste de Argentina (NEA), y específicamente en las ciudades de Corrientes y Resistencia, están representados casi con exclusividad por la mampostería de ladrillos cerámicos huecos o por bloques de hormigón, constituyendo envolventes monocapa. La estructura portante de hormigón armado de dichos edificios representa importantes puentes térmicos constructivos crónicos en sus uniones con la mampostería y en las uniones con las losas de los entresijos. En este sentido, la inclusión de aislación térmica y la corrección de heterogeneidades y discontinuidades en la envolvente de un edificio podrían ahorrar un importante porcentaje de la energía que se utiliza para acondicionar los ambientes del mismo. La cuantificación teórica de este ahorro es lo que el presente trabajo buscó determinar, así como algunas maneras tentativas de lograrlo.

Con los datos generados (mediante análisis de los edificios seleccionados, sus verificaciones de desempeño higrotérmico teórico mediante aplicación de normativa y luego la simulación informática de dicho comportamiento), se apuntó a la producción de registros comparativos de desempeño energético de estos edificios en el clima del NEA, para poder así esbozar recomendaciones tecnológicas de diseño de la dupla “envolvente – estructura” que atenúen las heterogeneidades detectadas.

### 2. MATERIALES Y MÉTODOS

- a. Relevamiento y análisis de documentación de proyecto, legajo de obra y de material gráfico y fotográfico de veintisiete (27) edificios en torre construidos (diecisiete –17- de ellos en la ciudad de Corrientes, provincia de Corrientes y diez – 10- en la ciudad de Resistencia, provincia del Chaco, República Argentina). Análisis de los datos reunidos según tres grupos de variables: situacionales (localización – implantación); relacionales – funcionales; y técnico – constructivas.
- b. Definición de las Unidades de Análisis (UA): Se seleccionaron cuatro (4) edificios en altura representativos de las tipologías más difundidas en las ciudades de Corrientes y Resistencia, luego del análisis de la información obtenida con el relevamiento realizado en la primera etapa. Dichas UA son:

De la ciudad de Corrientes, provincia de Corrientes:

- c.1. Edificio “Ayerovia III” (Función: Viviendas y comercios).
- c.2. Edificio “Puesta del Sol” (Función: Viviendas y oficinas).

De la ciudad de Resistencia:

- c.3. Edificio Mitre 250 (Función: Viviendas y oficinas).
- c.4. Edificio “Coning III” (Función: Viviendas y comercios).

- c. Definición de situaciones prototípicas de resoluciones constructivas de los encuentros entre la envolvente y la estructura portante (*muro / suelo; muro / entrepiso; muro / columna o viga; suelo / columna; entrepiso / columna o viga*) según las situaciones más frecuentes registradas.
- d. Cálculo de la resistencia térmica total (“R”) de muros exteriores y sus encuentros característicos, basado en el método de cálculo de la Norma IRAM 11601/96, y de cálculos por método de diferencias finitas realizando el cálculo manual de puentes térmicos recomendados por IRAM 11605/96, Anexo A.
- e. Cálculo del valor de la transmitancia térmica total (“K”) de muros y puentes térmicos y verificación del cumplimiento de los valores máximos admisibles de transmitancia térmica según IRAM 11605/96, en verano e invierno.
- f. Verificación del riesgo de condensación superficial de muros según IRAM 11625.
- g. Realización de simulaciones computacionales para obtener una estimación comparativa del comportamiento térmico y consumo eléctrico de los edificios tomados como UA, en su situación original y en una situación optimizada propuesta.
- h. Evaluación de la aptitud de las resoluciones analizadas en la zona bioambiental Ia y Ib.
- i. Propuestas de pautas de diseño tecnológico optimizado destinadas a atenuar las discontinuidades en los encuentros entre los cerramientos y la estructura portante de los edificios, en función de la economía energética y el confort humano.

### 3. PRINCIPALES RESULTADOS

Se ha trabajado con simulaciones en las cuatro UA definidas (tabla I), a partir de las peculiaridades conferidas por las características higrotérmicas de sus envolventes (se ha centrado la atención en los muros de cerramiento). Se realizaron simulaciones térmicas con el software “QUICK II” (Mathews, 1997), para la situación real relevada de la envolvente de las UA, y para una situación optimizada propuesta (ficticia, basada en corregir los encuentros entre estructura portante y cerramiento envolvente, mediante aplicación de materiales aislantes o mediante simples cambios de disposición de las capas de los materiales constitutivos). Para la aplicación del programa computacional se tomó como módulo básico de análisis a la planta tipo, y dentro de ella a una “unidad funcional” o vivienda independiente (los dos primeros edificios simulados poseen cuatro unidades funcionales idénticas por planta tipo, en tanto que los dos restantes poseen seis y cuatro unidades funcionales diferentes, respectivamente). La unidad funcional de cada edificio bajo análisis se dividió en cuatro zonas operativas: Zona Estar; Zona Dormir; Zona Servicio y Circulaciones comunes (tabla II). Las estancias semicubiertas (balcones o terrazas) no se han considerado en las verificaciones, aunque sí se ha considerado el porcentaje de sombra que las mismas arrojan a las superficies de la envolvente contigua. El programa debió cargarse con datos edilicios teóricos de cada edificio analizado y datos climáticos medidos en forma horaria, para el día de diseño del período cálido y para el día de diseño del período frío. La simulación fue realizada para el día de diseño del período estival y también para el día de diseño del período invernal. Las condiciones mínimas de confort se fijaron para todos los prototipos analizados según consideración de datos de temperaturas de diseño medias definidas en la norma IRAM 11603/96 para Corrientes y Resistencia (Alías y Jacobo, 2007): para Verano: 22°C y 60% HR, y para Invierno: 18°C y 65% HR. Se obtuvieron en ambos casos 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 plantas tipo en caso de no existir medios mecánicos de acondicionamiento térmico. Se determinaron los consumos eléctricos promedio por unidad de superficie para cada planta tipo. Se verificó que el consumo de electricidad simulado para lograr el confort interior, es mayor en verano que en invierno. Para obtener los resultados de consumos para el edificio completo, se ha simplificado el problema multiplicando los valores obtenidos para la planta tipo por la cantidad de niveles del edificio. Al reemplazar la situación real de la envolvente por una situación mejorada propuesta, basada en aumentar la aislación térmica y/o homogeneizar las zonas con heterogeneidades causadas por los encuentros con la estructura portante (hasta el momento se plantearon alternativas de mejora sólo de los encuentros “muro – columnas”, restando evaluar los puntos “muro – entrepiso” o “muro – suelo” y muro – vigas”), **el índice diario de consumo de energía eléctrica para mantener el confort por unidad de superficie de la planta tipo se redujo un 24%** con respecto a la situación original. Se obtuvieron otros parámetros de cada UF de edificio analizado, como el *Factor de Forma (FF)*, que relaciona la *superficie de envolvente* con el *volumen*, y el factor que relaciona la *superficie de aventanamientos* con la *superficie cubierta*. Se verificó que al aumentar el FF el consumo eléctrico para mantener el confort en verano por unidad de superficie cubierta disminuye.

Edificios simulados. Unidades de Análisis (UA)							
	Función	Cant. total de niveles	Altura desde nivel vereda (m)	Cant. de niveles de plantas tipo	Superficie planta tipo (m <sup>2</sup> )	Cant. de U.F./planta tipo	Superficie U.F. (m <sup>2</sup> )
1. Edificio “Puesta del Sol” (Ctes.)	vivienda - oficinas	16	45,00	13	644,20	4	151,92
2. Edificio “Coning III” (Rcia.)	vivienda - comercio	22	62,00	18	387,26	4	84,81
3. Edificio “Ayerovia III” (Ctes.)	vivienda – comercio - oficinas	13	45,00	10	343,00	6	54,10
4. Edificio “Mitre 250” (Rcia.)	vivienda - oficinas	13	37,40	11	350,60	4	86,52

Tabla I. Planilla síntesis de las variables tipológicas de los edificios simulados.

Modelización de las plantas tipo para las simulaciones con QUICK II	
<p>1. Planta tipo Edificio "Puesta del Sol" (Corrientes)</p> <p>Cuatro (4) unidades funcionales (U.F.) iguales por planta tipo</p>	<p>2. Planta tipo Edificio "Coning 3" (Resistencia)</p> <p>Cuatro (4) unidades funcionales (U.F.) iguales por planta tipo</p>
<p>3. Planta tipo Edificio "Ayerovia III" (Corrientes)</p> <p>Seis (6) unidades funcionales (U.F.) por planta tipo: 2 iguales de 2 dorm. c/u - 2 iguales de 1 dorm. c/u 1 diferente de 1 dorm. - 1 monoambiente</p>	<p>4. Planta tipo Edificio "Mitre 250" (Resistencia)</p> <p>4 unidades funcionales (U.F.) por planta tipo, todas diferentes entre sí</p>

Tabla II. Planilla síntesis de la zonificación modelizada para la simulación con QUICK II de los cuatro edificios simulados.

#### 4. CONCLUSIONES

La corrección de heterogeneidades en las resoluciones constructivas de los encuentros entre la envolvente y la estructura portante de edificios en altura (tendiendo a homogeneizar la distribución de temperaturas en los cerramientos envolventes), permiten importantes ahorros de energía eléctrica para el acondicionamiento interior. Las resoluciones constructivas actualmente aplicadas en los encuentros entre la envolvente y la estructura portante no satisfacen las condiciones mínimas de habitabilidad higrotérmica que permitan, al menos, evitar los puentes térmicos y el riesgo de condensación superficial asociado. Con los procedimientos aplicados se efectivizó la evaluación del comportamiento higrotérmico y energético teórico del cerramiento vertical de edificios, que se demostró como "clave" para sus intercambios energéticos con el medio.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alías, H. M. y Jacobo, G. J. (2007). *Reducción del consumo energético de edificios en torre mediante atenuaciones de puentes térmicos en su envolvente. Simulaciones con "QUICK II"*, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 11, 2007. Salta, Argentina; pp. 05.25-05.32. ISSN 0329-5184.
- Marusic, J. A. (1999). *Ensayos y Optimización de aspectos bioclimáticos para el diseño de edificios en altura*. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 3 N°1. Presentado al XXII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES).
- Mathews, E. H. et al. (1997). 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. Traducción propia de Alías, H. M., autora.

**ABSTRACT:** Here are exposed the final results of a project starting from a research of twenty-seven tower buildings built in the cities of Resistencia and Corrientes, (Northeast region of Argentina, of very warm and humid climate) and of a study of hydro-thermal and energetics performances of the shell of this buildings, applying normative IRAM of hygrothermic habitability and making simulations with the software QUICK II, so much for the real situation of materialization of the shell ones of this buildings, like for a theoretical optimized situation proposal, based on attenuating the characteristic heterogeneities of the encounters shell-frame. It was verified that, for the improved situation, the daily index of electric power consumption to maintain the comfort for surface unit decreased 24%. This way, the real current energetic performance of the studied buildings, considered as clerk in great measure of the characteristics of materialization of its shells ones, is intensive.

**Keywords:** energy consumption – towers –thermal bridges