

## **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE UN CONJUNTO EDIFICIO DE ALTA DENSIDAD EN NEUQUEN.**

Jorge Czajkowski<sup>1</sup>, Cecilia Corredera<sup>2</sup>, Cristian Diaz<sup>2</sup>, Patricia Belloni<sup>3</sup>

Unidad de investigación 2. Instituto de Estudios del Hábitat. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de La Plata

Calle 47 N°162. CC 478 (1900) La Plata. Tel-fax: + 54 (221) 423-6587 / 90 int 254

e-mail: [czajko@ing.inlp.edu.ar](mailto:czajko@ing.inlp.edu.ar) Url: [http://idehab\\_fau\\_unlp.tripod.com/ui2/](http://idehab_fau_unlp.tripod.com/ui2/) - <http://www.arquinstal.com.ar>

**RESUMEN:** Es usual en nuestro medio construido y más en particular en grandes edificios de viviendas u oficinas que se presente un reducido Standard relacionado con el nivel de aislamiento térmico edilicio que lleva a grandes cargas térmicas y por tanto a grandes consumo de energía. Disponemos de Normas que buscan limitar el derroche de energía pero estas no son de uso obligatorio. En los profesionales de la construcción no existe una conciencia que tienda a un uso racional de los recursos y al ahorro de energía. Se presenta el caso de un proyecto de grupo edilicio de magnitud y los resultados de un análisis de su comportamiento energético.

**Palabras Clave:** evaluación ambiental, comportamiento térmico, eficiencia energética edilicia.

### **INTRODUCCIÓN**

Se exponen los resultados de un diagnóstico energético realizados para el proyecto de un conjunto edilicio a construirse en el centro de la ciudad de Neuquén. Este conjunto compuesto por una torre de oficinas de 120 m de altura, una segunda torre para un hotel, un bloque edilicio para alojar oficinas para Pymes y un amplio basamento comercial (Ver Figura 1).



**Figura 1:** Foto de la maqueta del conjunto edilicio.

El estudio se dividió en dos partes: lo correspondiente a cuestiones de comportamiento ante el viento llevadas adelante por el Laboratorio de capa límite y fluidodinámica ambiental (Laclifa, 2004) expuesto en otro trabajo y el estudio energético ambiental que estamos exponiendo.

### **INSTRUMENTOS, MÉTODOS Y TÉCNICAS**

Dada la complejidad del conjunto edilicio se propone la realización de tres análisis separados para posteriormente compararlos, y obtener un perfil de consumo de energía adecuado.

- Análisis con EnergoCAD global del complejo edilicio
- Análisis con EnergoCAD de sectores del complejo edilicio
- Análisis con EnergoCAD de pisos seleccionados

---

1. Profesor Titular FAU-UNLP, Investigador Adjunto CONICET; 2. Becario Doctoral CONICET; 3. Pasante alumno.

Para esto se utilizará el Sistema “EnergCAD” (Czajkowski, 1999) que permite realizar un análisis mes a mes de la demanda de energía del edificio a partir de un archivo gráfico tipo DWG. Los coeficientes de transmitancia térmica K de la envolvente se han determinado según Norma IRAM 11601 y 11605. Son valores calculados a partir de la información de proyecto suministrada por el Comitente.

El modelo de consumo del Sistema “EnergCAD” responde a una versión ampliada de la Norma IRAM 11.604. Este permite conocer la demanda de energía (varios vectores energéticos) a partir de las características del edificio, características climáticas del sitio y características de implantación del edificio analizado.

Se realizó un análisis de la demanda de energía en aire acondicionado para el período cálido a fin de determinar cargas térmicas globales que sirvan de base para conocer las emisiones.

La detección de problemas higrotérmicos (HT) fue realizada de forma cualitativa ya que el nivel de detalle y las especificaciones técnicas de la envolvente no brindan suficiente información. Para esto se detectaron zonas de potenciales problemas HT sobre las que se discute sucintamente su comportamiento.

Respecto del comportamiento HT de partes de envolvente, al no existir detalle, se dan recomendaciones generales según Norma IRAM 11601, 11605, 11625, 11603, vigentes.

Basados en los coeficientes de transferencia térmica ( $R_{se}$ , resistencia superficial exterior) calculados a partir de un estudio de velocidades calculadas a partir del campo de presiones (Laclyfa, 2004), se discute su variación sobre las caras del edificio y su acuerdo/desacuerdo con Norma IRAM 11601.

## DISCUSIÓN

### Modelización energética del edificio:

La modelización energética del conjunto edilicio se dividió en cuatro partes a los fines prácticos que luego se integran para en análisis. Estas son: Basamento, Pyme, Repsol y Hotel; que se corresponden con partes edilicias con alta diferenciación.

En la tabla 1 se indica la bases de datos bioclimática utilizada por el EnergCAD R14 para la simulación.

A fin de prever el consumo de energía en el tiempo se adoptaron los siguientes criterios en el análisis: para invierno 20 °C temperatura de confort y para verano 23°C. Esto representa mantener con sistemas mecánicos estas temperaturas durante 24hs en invierno y 20 hs en verano a lo largo de cada período. Correspondiendo refrigeración en los meses de noviembre a marzo y calefacción de abril a octubre.

Para el análisis de invierno el EnergCAD determina la radiación solar horaria pero para verano se realizó un cálculo específico con el modelo de Liu&Jordan del sub-programa “Radiac2” del sistema “Bioclim” (Czajkowski, 2001). De la interpretación de la documentación surgen las siguientes alternativas tecnológicas para el análisis térmico:

Planos vidriados (curtain wall):

caso 1: vidriado simple con carpintería de aluminio  $K= 6,05 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

caso 2: vidriado doble con carpintería de aluminio  $K= 4,16 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Cerramientos verticales opacos:

Caso 1: muros medianeros de ladrillos macizos  $\delta = 1800 \text{ kg/m}^3$  revocados en ambas caras  $K= 1,88 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Caso 2: resto de muros en contacto con exterior de ladrillos huecos  $e = 0,18 \text{ m}$  revocado en ambas caras  $K= 1,84 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Cerramientos horizontales opacos:

Caso 1: techo liviano del edificio Pyme con  $K= 1,12 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Caso 2: techo tipo losa de H°A° del resto del complejo edilicio con  $K= 3,82 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Para la determinación de las pérdidas de calor por infiltración en invierno se adoptó 2 renovaciones de aire y para verano 30  $\text{m}^3$ /persona. Valores usuales de Norma.

Para determinar la carga térmica debida al sol en verano se consideró un factor de protección solar FPS de 0,8 en general y de 0,4 en las caras N y O del edificio Repsol. Para la transparencia del vidrio se adoptó un valor de 0,86.

Para la carga térmica de verano por ocupación de cada bloque edilicio se adoptaron valores típicos para oficinas, hotel y sector comercial.

A diferencia del análisis de invierno que se tomó cada sector edilicio como bloque en verano se seleccionó un piso tipo representativo de cada edificio sobre el cual se planteó el análisis térmico. Luego se construyó un índice de energía por volumen climatizado que se usó para la determinación del conjunto.

LOCALIDAD: NEUQUENAERO								PROVINCIA: N				
LATITUD : -39.00				LONGITUD: 68.10				ASN: 270				
MES	KT	RAD	TMED	TMAX	TMIN	TMXA	TMNA	GDC20	GDE23	VV	TV	HR
ENE	0.59	25.3	23.3	31.3	14.6	0.0	0.0	0	257	17	9.7	36
FEB	0.56	21.7	21.7	30.3	13.0	0.0	0.0	0	204	14	10.0	41
MAR	0.52	18.1	18.1	26.6	10.1	0.0	0.0	59	112	12	9.9	50
ABR	0.51	13.3	13.3	22.2	5.9	0.0	0.0	201	0	10	8.6	59
MAY	0.40	9.0	9.0	17.3	2.5	0.0	0.0	341	0	10	6.9	64
JUN	0.40	5.8	5.8	13.1	0.2	0.0	0.0	426	0	10	6.0	67
JUL	0.41	5.4	5.4	13.1	0.5	0.0	0.0	453	0	9	5.9	69
AGO	0.44	7.9	7.9	16.0	0.8	0.0	0.0	375	0	11	5.6	56
SET	0.50	11.0	11.0	18.6	3.7	0.0	0.0	270	0	13	5.9	49
OCT	0.54	15.0	15.0	22.5	7.3	0.0	0.0	155	0	14	7.3	46
NOV	0.57	19.4	19.4	27.1	11.2	0.0	0.0	18	123	16	8.4	40
DIC	0.58	21.9	21.9	29.9	13.5	0.0	0.0	0	214	18	9.0	36
	0.50	14.5	14.3	22.3	6.9			2298	910	13	7.8	51

Donde:  
 KT : índice claridad atmosférica  
 RAD : irradiación solar global sobre plano horizontal en MJ/m<sup>2</sup>/día  
 TMED : temperatura media en °C  
 TMAX : temperatura máxima media en °C  
 TMIN : temperatura mínima media en °C  
 TMXA : temperatura máxima absoluta en °C  
 TMNA : temperatura mínima absoluta en °C  
 GDC20: grados día de calefacción base 20°C  
 GDE23: grados día de enfriamiento base 23°C  
 VV : velocidad media del viento en Km/h  
 TV : tensión de vapor en KPa  
 HR : humedad relativa en %

**Tabla 0:** Datos bioclimáticos de la Ciudad de Neuquén, Argentina

La condición de invierno en cuanto a demanda de energía se muestra en las tablas 2 a 5 que muestran la variación mensual de dicha demanda dividida en:

Pérdidas: corresponde a las pérdidas de calor del edificio en Kwh/mes x 100

Ganancias: es el aporte solar potencial sobre el edificio (es indicativo ya que se requiere de un estudio detallado para optimizar su aprovechamiento) en Kwh/mes x 100.

Balance %: si el valor es mayor que cero y menor o igual a cien se considera como la contribución solar a la reducción de la demanda de energía en calefacción.

m<sup>3</sup>/mes/10: demanda de gas natural en calefacción x 10 que no contempla el rendimiento del sistema del sistema de climatización.

kg/mes/10: demanda de gas envasado en calefacción x 10 que no contempla el rendimiento del sistema del sistema de climatización.

Energía	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
	en KWh* 100												
Perdidas	0	0	562	1918	3253	4064	4318	3579	2576	1479	172	0	21919
Ganancias	575	541	492	479	400	390	399	431	474	511	552	568	5812
Balance %	0	0	<b>88</b>	<b>25</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>35</b>	322	0	27
m <sup>3</sup> /mes/10	0	0	517	1764	2993	3739	3972	3292	2370	1360	158	0	20166
Kg/mes/10	0	0	399	1361	2310	2886	3066	2541	1829	1050	122	0	15563

**Tabla 0:** Sector Basamento, demanda de energía mensual, 2298 GD base 20°C

Energía	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
	en KWh* 100												
Perdidas	0	0	35	119	201	252	267	222	159	92	11	0	1357
Ganancias	73	65	55	51	44	43	44	47	51	58	67	72	670
Balance %	0	0	157	<b>43</b>	<b>22</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>21</b>	<b>32</b>	<b>63</b>	633	0	49
m <sup>3</sup> /mes/10	0	0	32	109	185	232	246	204	147	84	10	0	1249
Kg/mes/10	0	0	25	84	143	179	190	157	113	65	8	0	964

**Tabla 3:** Sector Edificio Pyme, demanda de energía mensual, 2298 GD base 20°C

El diagnóstico del comportamiento térmico de invierno muestra que existe un potencial solar utilizable que varía entre el 19% para los edificios Pyme y Repsol y 38% en el edificio Hotel en el mes más frío.

Estos valores (tabla 5: en negrita) muestran que podría cubrirse hasta la mitad de la demanda de calefacción de preverse su aprovechamiento. Esto solamente por ganancia directa sin otro sistema pasivo, mientras se mantengan las condiciones establecidas anteriormente. En las figuras 2 y 3 puede verse la variación prevista en la demanda de gas natural mensual a lo largo de un año discriminada por sector edilicio. Debe aclararse que los valores no contemplan la eficiencia del sistema de calefacción, ya que se desconoce el tipo de sistema a utilizar. Esto haría crecer la demanda de energía.

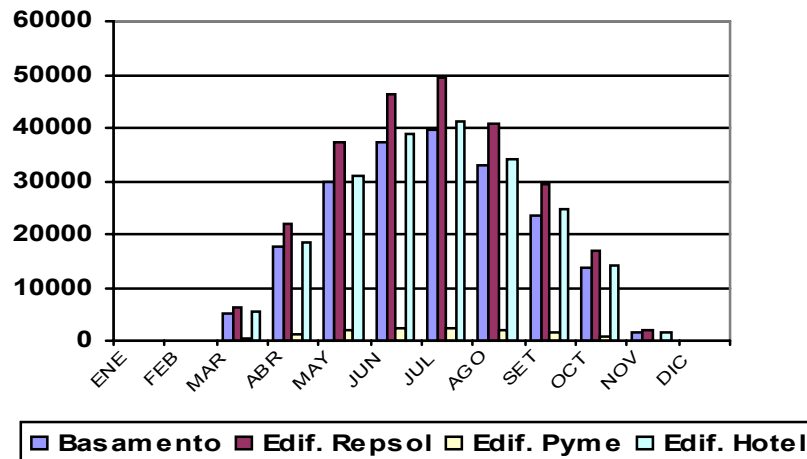


Figura 1: Demanda mensual de gas natural para calefacción con eficiencia sistema 100%

Energía	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
en kWh* 100													
Perdidas	0	0	582	1988	3372	4213	4476	3709	2670	1533	178	0	22720
Ganancias	2571	2394	2150	2053	1696	1642	1679	1827	2041	2242	2451	2535	25281
Balance %	0	0	369	103	<b>50</b>	<b>39</b>	<b>38</b>	<b>49</b>	<b>76</b>	146	1377	0	111
m3/mes/10	0	0	536	1829	3102	3876	4118	3413	2456	1410	164	0	20903
Kg/mes/10	0	0	414	1411	2394	2991	3178	2634	1896	1088	126	0	16131

Tabla 4: Sector Edificio Hotel, demanda de energía mensual, 2298 GD base 20°C

Energía	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
en kWh* 100													
Perdidas	0	0	696	2377	4032	5037	5352	4435	3192	1833	213	0	27167
Ganancias	1174	1183	1166	1212	1013	998	1025	1103	1179	1185	1182	1160	13581
Balance %	0	0	167	<b>51</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	<b>65</b>	556	0	50
m3/mes/10	0	0	641	2186	3709	4634	4923	4080	2937	1686	196	0	24993
Kg/mes/10	0	0	494	1687	2863	3576	3800	3149	2267	1301	151	0	19288

Tabla 5: Sector Edificio REPSOL, demanda de energía mensual, 2298 GD base 20°C

Demanda mensual relativa al total de gas natural para calefacción con eficiencia sistema 100%

Si analizamos la condición de verano, encontramos que el microclima de la ciudad de Neuquén muestra un comportamiento estival relativamente riguroso con temperaturas de diseño cercanas a 35°C en los meses de diciembre, enero y febrero y superiores a 30° en noviembre y marzo con muy alta irradiancia solar y gran amplitud térmica ( $\Delta t = 16.8$  °C). De esto se interpreta que un edificio que desee adecuarse al clima local deberá tener masa térmica para amortiguar la gran amplitud térmica, colores claros para reducir el calentamiento solar en cerramientos opacos y protección solar sobre cerramientos vidriados para evitar sobrecalentamientos.

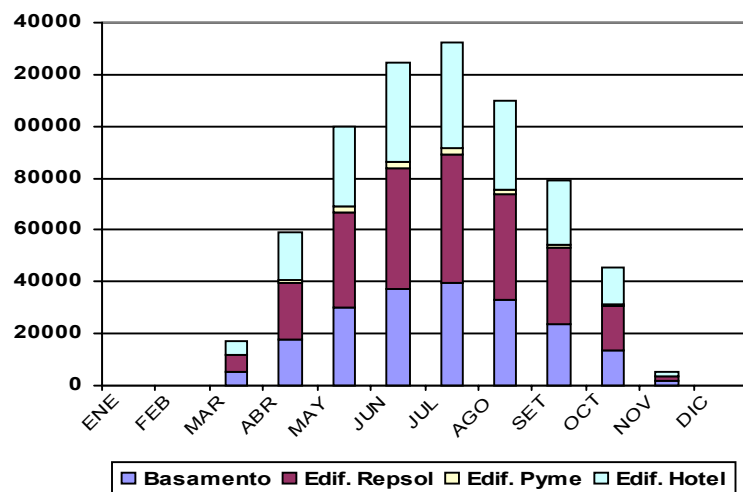


Figura 1: Demanda mensual relativa al total de gas natural para calefacción con eficiencia sistema 100%

El edificio posee casi la totalidad de la envolvente vertical vidriada hacia las orientaciones N y O sin protección solar o con protección solar inadecuada. Grandes planos inclinados vidriados hacia el E y O sin protección que actúan como colectores solares. Para compensarlo deberá sobredimensionarse en un 25 a 35% el sistema de refrigeración, incrementando el costo de mantenimiento a lo largo de la vida útil del edificio.

	Piso tipo		Edificio		CTR Kcal/h	CTR Kcal/h/m <sup>3</sup>	CTR Kw/m <sup>2</sup>	CTR Kw/m <sup>3</sup>
	Sup	Vol	Sup	Vol				
	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>				
BASAMENTO	3724	26951	3724	26951	570145	21.15	0.1809	0.0250
PYMES	433	1170	2331	7020	81144	69.35	0.2421	0.0804
HOTEL	527	1318	6614	15816	85917	65.18	0.1817	0.0760
REPSOL	612	1652	11185	33040	121334	73.45	0.2517	0.0852

**Tabla 6:** Resumen características comportamiento energético verano.

La tabla 6 muestra un resumen de las características dimensionales y energéticas de los sectores edilicios. Mientras el basamento y el hotel demandan promedio 0.18 Kw/m<sup>2</sup> los edificios Pyme y Repsol 0.25 Kw/m<sup>2</sup>. Estos indicadores muestran la potencia demandada sin incluir eficiencia de equipos de refrigeración.

	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Totales
	Kw/ h/mes					Kw/h /ano
BASAMENTO	422154	482013	480267	423945	434314	2242693
PYMES	353630	403772	402310	355130	363816	1878658
HOTEL	753124	859913	856797	756318	774817	4000969
REPSOL	1763747	32013834	2006537	1771225	1814548	9369891
	<b>TOTALES</b>					<b>17492211</b>

**Tabla 7:** Demanda de energía mensual en refrigeración por sectores y total.

La tabla 7 muestra la variación en la demanda de energía en refrigeración considerando el tiempo de uso de cada edificio, las horas de sol efectivo y un factor de compensación por días de cada mes y variación en la temperatura de diseño. Esto permite obtener la demanda total anual de energía en refrigeración.

	Iluminación/otros servicios (Kwh/mes)	Aire Acondicionado (Kwh/año)	Total anual
BASAMENTO	90860	2242693	3333020
PYMES	64215	1878658	2656436
HOTEL	144623	4000969	5736452
REPSOL	305363	9369891	13034251
	<b>TOTALES</b>		<b>24760160</b>

**Tabla 8:** Demanda total anual estimada de Energía Eléctrica por sectores y total.

La tabla 8 muestra el resultado de una estimación de demanda total de energía eléctrica de los sectores y del complejo edilicio. La demanda prevista de energía eléctrica en otros servicios: iluminación, ascensores, bombeo, alumbrado exterior, entre otros se lo plantea constante a lo largo del año. Se han usado valores usuales medios por unidad de superficie de la bibliografía.

#### Verificación de la calidad energética edilicia

La Norma IRAM 11604 sobre ahorro de energía en calefacción a pesar de no ser aún de cumplimiento obligatorio en el territorio nacional establece un nivel de calidad energética edilicia. En este caso se realiza la verificación a fin de mostrar el grado de razonabilidad en la demanda de energía del proyecto.

En la figura 4 se muestra que ni el conjunto edilicio ni sus partes componentes cumplen con lo establecido en las Normas. Se indica con punto negro el G de cada edificio con cerramientos transparentes de vidrio simple y con círculo hueco el G resultante de reemplazar la totalidad de los cerramientos transparentes con doble vidrio evacuado. Los mayores descensos en el G y por ende mayor nivel de ahorro de energía se producen en los edificios con mayor relación vidriada, caso edificio "Hotel" y en menor medida edificio "Pyme" y "Repsol".

La curva correspondiente al Gadm según Norma IRAM 11604 corresponde a 2298 grados día base 20°C para la ciudad de Neuquén.

Si se deseara cumplir con la Norma debería aumentarse significativamente el aislamiento térmico de la superficie envolvente (vidriada y opaca) y elegir una solución tecnológica en carpinterías que reduzca la infiltración de 2 Renovaciones (Standard de la Norma) a un valor entre 1,2 a 1,5.

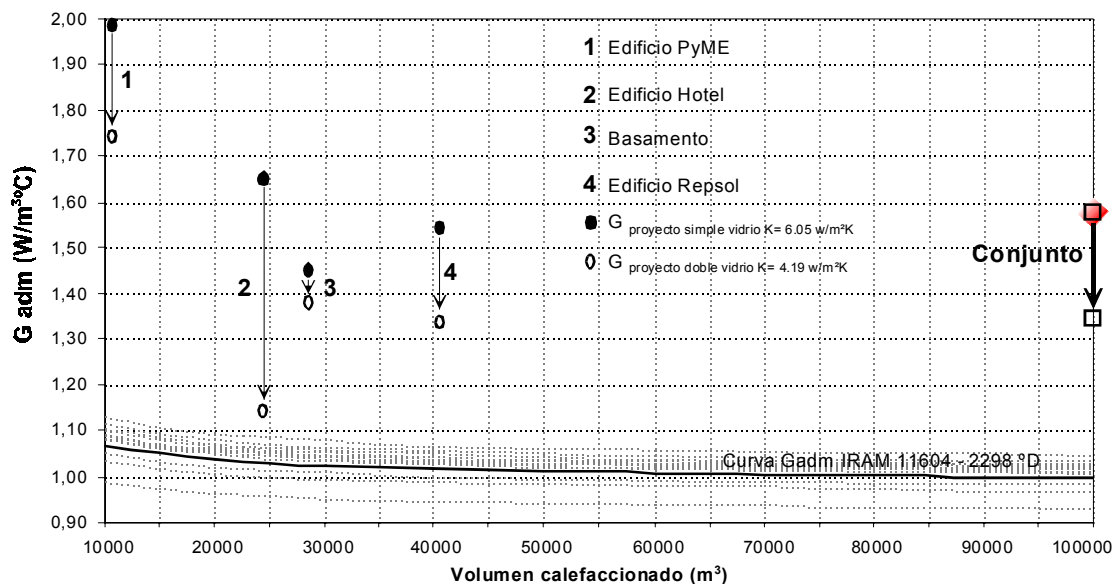


Figura 4: Comparación de la calidad térmica del conjunto edilicio y sus partes respecto al G admisible para Neuquén.

## CONCLUSIÓN

Una síntesis del comportamiento térmico-energético edilicio muestra que es insustentable desde un enfoque ambiental. Para mantenerlo funcionando con niveles constantes de temperatura y humedad a lo largo de un año, y a lo largo de su vida útil requerirá de una gran erogación de recursos económicos y energéticos. En algunos sectores del complejo como ser la cara oeste de la torre Repsol la incidencia solar es muy alta y llevará a que a partir de las 13hs los habitantes cierren cortinas para reducir el impacto solar térmico y lumínico. Son soluciones parciales utilizar vidrios tonalizados o con películas reflectantes que reducen la carga térmica y el deslumbramiento. Pero a riesgo de sobrecalentarse y sufrir stress mecánico, generar un ambiente interior coloreado que incide en el rendimiento de los trabajadores, impedir la ubicación de puestos de trabajo sobre esa orientación por la alta temperatura de la superficie interior del vidrio (entre 45 y 60°C en verano) que irradia en el infrarrojo. Las películas reflectantes en ciertos momentos podrían impactar en sectores de la ciudad ya que actúan como espejos. De utilizarse colores oscuros en los cerramientos verticales opacos es más importante prever aislamiento térmico adecuado.

Para mejorar el nivel de aislamiento térmico en cerramientos transparentes se recomienda utilizar doble vidriado hermético con vidrio interior de baja emisividad o doble fachada vidriada. Si el edificio va a contar con climatización artificial permanente es preferible que la envolvente sea liviana y muy aislada. Pero con diseño ambientalmente consciente podría reducirse casi a la mitad el tiempo de funcionamiento efectivo de los sistemas mecánicos de climatización. Funcionarían en los momentos críticos del año (aproximadamente 7 – 8 meses). El resto del tiempo se resolvería con soluciones de acondicionamiento pasivo: sombreado y ventilación (natural + mecánica) en verano y aprovechamiento solar y reducción de infiltraciones en invierno. Respecto de la carga térmica por ocupación es significativo el de la iluminación artificial. Si se oscurecen las superficies vidriadas o se obturan con cortinas se maximiza el consumo eléctrico. Un adecuado diseño de fachadas + iluminación artificial redundaría en la reducción de la carga térmica y eléctrica. Todo tipo de lámpara incandescente o alógena redundaría en una innecesaria elevación de la carga térmica. Hay que mencionar que en este caso no solo se gasta hasta 10 veces más electricidad por lumen sino que para extraer ese calor el sistema de aire acondicionado deberá gastar 3 W por cada W de iluminación. Si de cualquier manera los requerimientos de proyecto buscan el uso de este tipo de lámparas, entonces hay que diseñar el cielorraso técnico con ventilación natural adecuada para bajar el gasto en aire acondicionado.

## REFERENCIAS

Czajkowski, Jorge (2003). Modelo edilicio de ahorro de energía en refrigeración. Informe proyecto acreditado MAE – Modelización ambiental edilicia. La transferencia como problema en la interacción investigación – medio. Antecedente de la Norma IRAM 11659. IDEHAB-FAU-UNLP. La Plata.

## ENERGY BEHAVIOUR EVALUATION OF A HIGH DENSITY BUILDING IN NEUQUÉN.

**ABSTRACT:** It is usual that big housing or offices buildings present a small Standard related with the building thermal isolation level that leads to big thermal loads and therefore to big energy consumption. Norms exist that search the limitation of energy waste but these are not of obligatory use. In construction professionals, a conscience that tends to a rational use of the resources and energy saving doesn't exist. A case of a project of a big building and the results of an analysis of their energy behaviour is presented.

**Keywords:** Environmental evaluation, thermal behaviour, Building energy efficiency.