



ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO-AMBIENTAL DE UN MODELO DE EDIFICIO DE OFICINAS EN ALTURA, DE BAJA ENERGÍA, PARA LA CIUDAD DE LA PLATA.

Salvetti, María Belén¹; Czajkowski, Jorge² y Gómez, Analía Fernanda³

(1) Arquitecta Becaria Inicial ANPCyT; salvetti_belen@hotmail.com

(2) Prof. UNLP e Inv. Adj. CONICET (Director); jdczajko@gmail.com

(3) Prof. UNLP e Inv. Adj. CONICET (Co-Director); afgomez2001@yahoo.com.ar

LAyHS - Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable. Universidad Nacional de La Plata.

Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Calle 47 N° 162 – C.P. 1900 - La Plata – Argentina,

Tel / fax: 54 (0221) 423-6587 (int. 255)

RESUMEN

En el siguiente trabajo se realiza un estudio del comportamiento energético de un modelo de edificio de oficinas en altura, de baja energía (low-energy) a implantarse en la Ciudad de La Plata (clima templado - cálido húmedo). En el diseño del edificio se involucran conceptos de Diseño Ambientalmente Consciente (DAC) con el fin de favorecer el bajo consumo energético. Para ello se proponen valores de “K” (coeficiente de transmitancia térmica) que cumplen con el “Nivel A” de la Norma IRAM 11605 para muros, techos y carpinterías, los cuales son considerados los elementos más importantes de la envolvente del edificio en cuanto a pérdidas. Asimismo se verifica el cumplimiento de la Norma IRAM 11900 sobre etiquetado de eficiencia energética de calefacción para edificios. Se utiliza el programa “AuditCAD”, el cual permite analizar el comportamiento térmico y energético del edificio mensualmente, teniendo en cuenta las pérdidas y ganancias del mismo a través de la envolvente, con y sin sol.

Palabras Clave: edificio en altura – eficiencia energética – confort.

1 INTRODUCCION

El siguiente trabajo fue desarrollado en el LAYHS - FAU - UNLP. El mismo se encuentra enmarcado dentro de una de las líneas de investigación principales que se desarrollan en el laboratorio, orientada hacia la eficiencia energética edilicia en áreas urbanas. En el marco del PICT 2006 956 - BID1728/OC-AR denominado “EFICIENCIA ENERGÉTICA EDILICIA EN AREAS METROPOLITANAS. Evaluaciones mediante auditorias y propuestas de estándares”.

La importancia del tema está relacionada con dos problemáticas actuales; la escasez de recursos y el calentamiento global. Aspectos en los cuales la construcción arquitectónica y urbana tiene un grado de incidencia significativo (IPCC, 2001). La industria de la construcción es una de las más importantes consumidoras de materias primas y recursos no renovables. La misma implica un gran impacto ambiental no sólo durante los procesos de extracción y elaboración de las materias primas, sino también durante la construcción de edificios, su utilización y aún después, cuando el edificio es demolido y reciclado (Edwards, 2008).

El edificio fue diseñado para ser implantado en la ciudad de La Plata, capital de la provincia de Buenos Aires. La misma se encuentra en la Zona Bioclimática IIIb de la Argentina (Norma IRAM 11603, 1996), clima templado - cálido húmedo (Figuras 1 y 2).

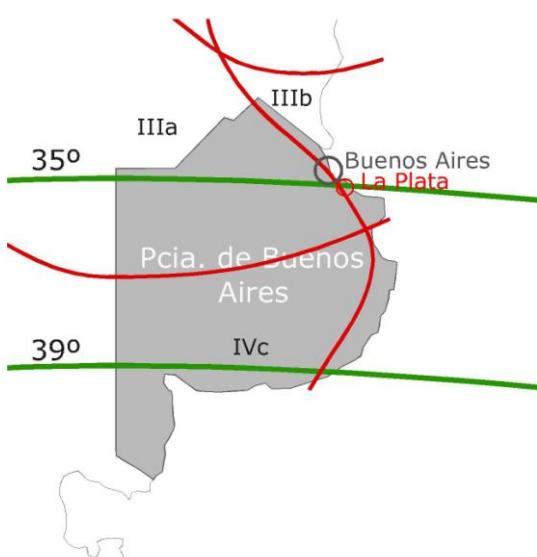


Figura 1: Pcia de Bs. As. (zona Bioclimática IIIb)



Figura 2: Plano Casco Ciudad de La Plata

A pesar de sus características particulares el clima templado en nuestro país se distingue por veranos e inviernos marcados pero no rigurosos. Su característica principal es el alto nivel de humedad durante todo el año, con amplitudes térmicas menores a 14°C. En verano las temperaturas medias varían entre los 20°C y los 26°C, con máximas que superan los 30°C. En invierno las temperaturas medias varían entre los 8°C y los 12°C, con mínimas entre los 5°C y los 8°C. Por su parte, la humedad relativa media varía entre el 70 y el 85%. Por otra parte en esta subzona se concentra casi el 60% de la población del país. La aglomeración que tiene lugar en las áreas metropolitanas favorece la generación del efecto de “Isla de calor”, el cual implica una suba de 3°C a 4°C con respecto a las zonas circundantes (Czajkowski, 2009).

Para esta zona se recomienda utilizar colores claros y doble aislamiento térmico en techos con respecto a los muros. Fachadas ventiladas en grandes edificios, y ventanas con DVH y protección solar móvil. Aprovechamiento de los vientos predominantes y protección de las carpinterías que dan al S-SE por las fuertes tormentas. La orientación óptima es la NNO-N-NNE porque facilita la protección solar en

verano y el asoleamiento en invierno. Según el climograma de Givoni durante gran parte del año deberá tenerse en cuenta el uso de sistemas solares pasivos (Gráfico 1).

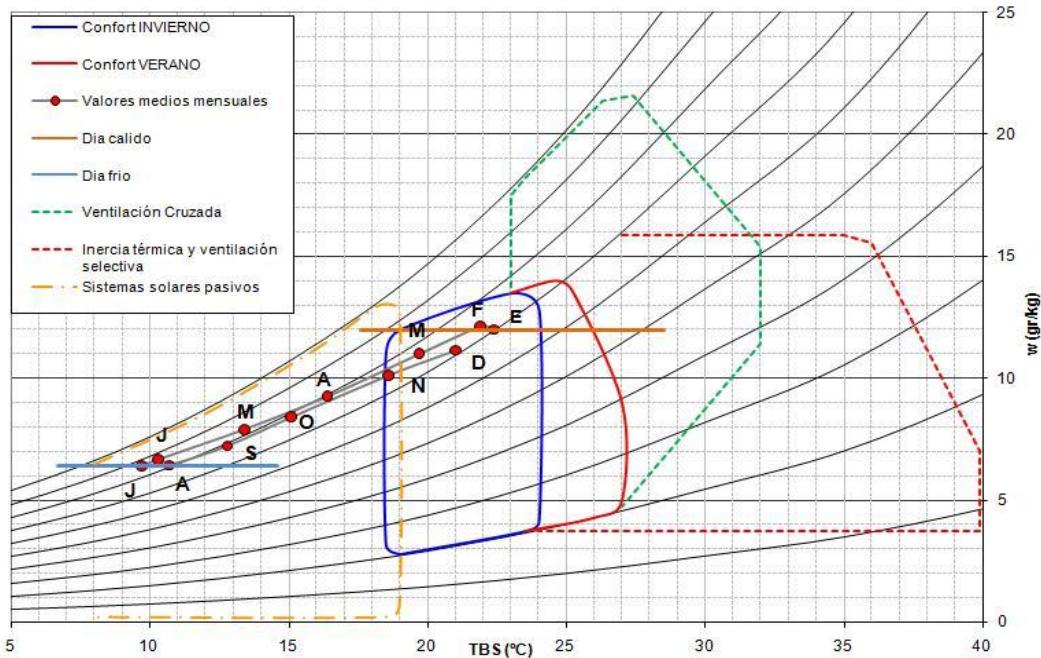


Gráfico 1: Climograma de Givoni para La Plata.

El edificio se compone de planta baja y catorce pisos de oficinas con veinticuatro boxes y seis oficinas para jerárquicos. Cada nivel funciona en forma independiente y admite un armado flexible, pudiendo destinar alguna de las oficinas jerárquicas o parte del espacio para boxes, para el armado de una sala de reuniones. La planta baja se compone de un hall longitudinal que alberga las funciones de sala de exposición y bar, que sirven de apoyo a la sala principal, un auditorio con capacidad para sesenta personas (Figuras 3 a 6).

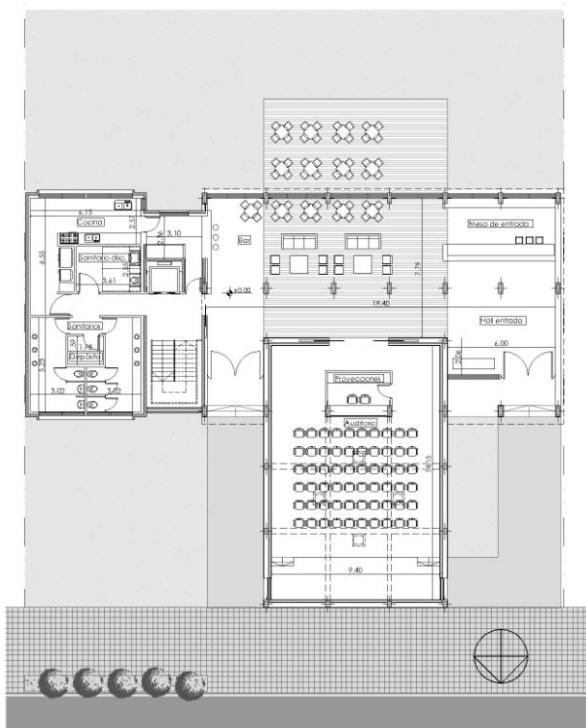


Figura 3: Planta baja del edificio.

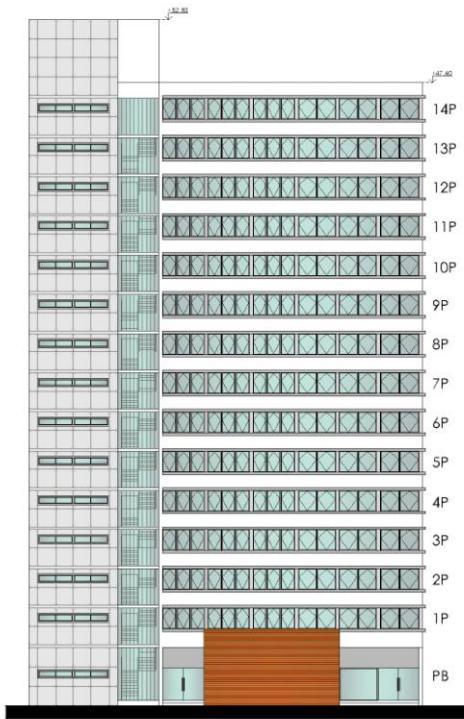


Figura 4: Vista frente Norte del edificio.

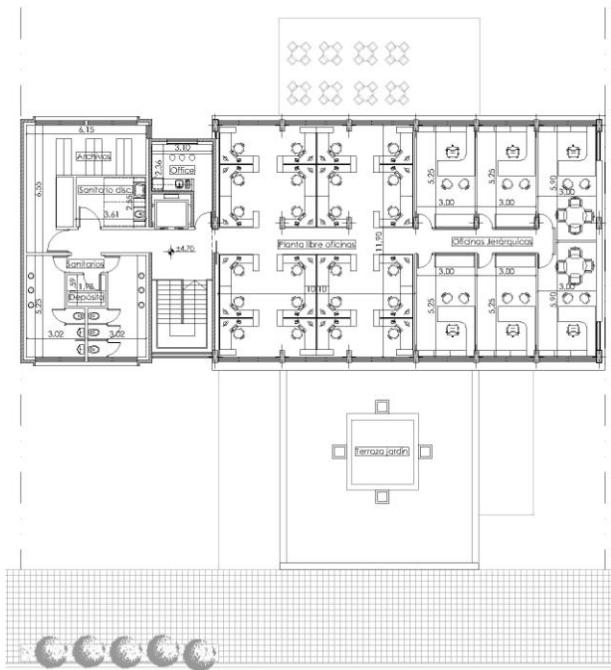


Figura 5: Planta tipo del edificio.

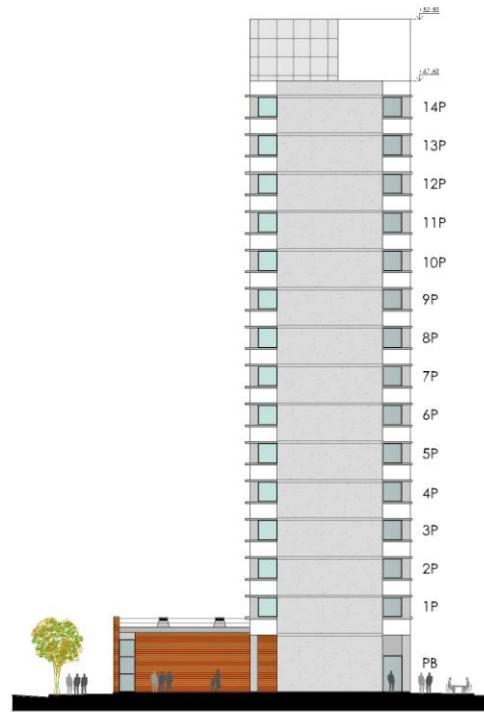


Figura 6: Vista lateral Oeste del edificio.

2 OBJETIVO

El objetivo del trabajo es realizar un análisis comparativo del comportamiento energético de un modelo de edificio de oficinas en altura materializado según dos modos constructivos diferentes. Uno teniendo en cuenta los criterios que se utilizan en la actualidad en Argentina para construir este tipo de edificios y otro utilizando los conceptos del DAC. Asimismo constituyen parte del objetivo de este trabajo la verificación del cumplimiento de la Norma IRAM 11900 sobre etiquetado de eficiencia energética de calefacción para edificios y la comparación con los niveles propuestos por la Norma IRAM 11605 sobre acondicionamiento térmico en edificios.

3 METODOLOGIA

Para la realización del trabajo el modelo edilicio se analizó en dos situaciones distintas; una que considera al edificio como si estuviese diseñado según los criterios que se utilizan en la construcción de este tipo de construcciones en la actualidad en Argentina -sin aislamiento higrotérmico adicional tanto en muros como en cubiertas y con carpinterías de aluminio con simple vidriado-. Para la toma de decisiones acerca de los materiales a utilizar para este modelo se tomaron como referencia los datos obtenidos en relevamientos y auditorías energéticas realizadas con anterioridad. (Salvetti et Al, 2009). La otra situación analizada se basa en los conceptos del DAC, se plantea la utilización de materiales aislantes en muros y techos, y carpinterías compuestas. Para la toma de decisiones acerca de los materiales a utilizar y del grado de aislamiento térmico requerido se tomó como referencia el Nivel A de la Norma IRAM 11605 para techos y muros. Al mismo tiempo se tuvieron en cuenta los parámetros propuestos por el Nivel A de la Norma IRAM 11900 sobre etiquetado energético de edificios.

Para el edificio diseñado según los conceptos del DAC los cerramientos laterales son materializados con ladrillos cerámicos huecos de 18x18x33 con quince centímetros de aislación térmica colocados

sobre la cara exterior, de modo de mejorar la inercia térmica de la envolvente. Al mismo tiempo se prevé la colocación de rejillas de ventilación sobre las dos fachadas principales de modo de favorecer la circulación de aire en el interior del edificio. El sistema de arietanamientos está compuesto por dos aberturas por módulo -con una cámara de aire de pocos centímetros entre ambas- que permiten la ventilación cruzada de la planta al mismo tiempo que reducen las pérdidas a través de la superficie vidriada. Los cielos rasos de cada nivel cuentan con un aislamiento de diez centímetros de lana de vidrio para evitar las pérdidas de calor de un nivel hacia el que se encuentra inmediatamente por encima. La cubierta del último piso de oficinas se materializa también con estructura de hormigón armado que hace de sostén a una azotea construida según la solución “techo invertido”, por debajo de la estructura de hormigón se cuelga un cielos raso compuesto por placas de yeso con veinte centímetros de lana de vidrio. Asimismo se dispone de caños de ventilación de modo de evitar la acumulación de vapor en el último piso (Figura 7). Sobre la estructura de la cubierta del auditorio se coloca una placa rígida también de lana de vidrio protegida mediante la solución constructiva “techo jardín”, en este caso también debajo de la estructura de hormigón se cuelga un cielos raso compuesto por placas de yeso con veinte centímetros de lana de vidrio. Los muros del auditorio por su parte fueron pensados para ser materializados con ladrillos cerámicos huecos de 12x18x33; en este caso se coloca aislamiento térmico a ambos lados del ladrillo, que en la cara externa está recubierto por listones de madera. La cara interna por su parte esta cubierta por placas acústicas.

En lo que respecta a la orientación del edificio este fue diseñado de forma tal que la fachada principal estuviese orientada al norte, de modo de favorecer el asoleamiento durante todo el día. Sin embargo se prevé la construcción de un alero que acompañe toda la longitud del cerramiento para la protección solar, permitiendo de este modo el asoleamiento en los meses más fríos al tiempo que evita la entrada de sol durante los meses estivales (Figura 7). Asimismo para favorecer la iluminación natural del espacio interior se previó una profundidad de planta acotada, de doce metros de ancho.

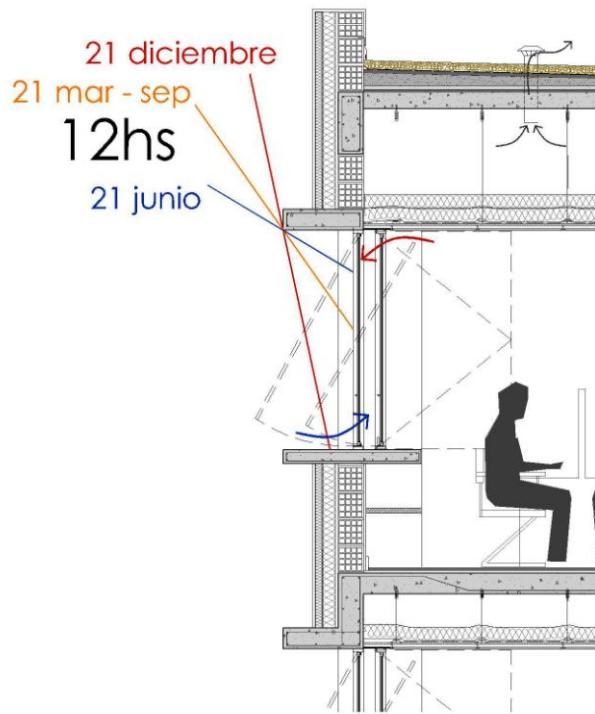


Figura 7: Detalle corte de oficinas (planta tipo).

Para el análisis del comportamiento energético-ambiental del edificio se partió del estudio particularizado de las plantas baja, primer piso, tipo y catorceavo piso, que presentan diferentes condiciones de contacto con el exterior.

Sin embargo para obtener un análisis global se estudió particularmente la planta tipo, que se considera las más representativa en estos tipos de construcciones debido a la repetitividad de la tipología. Esta se

analizó por medio del AuditCAD (Czajkowski, 1999). Dicho programa permite analizar mensualmente el comportamiento térmico y energético del edificio, mediante el ingreso de los datos auditados al tiempo que determina indicadores formales y energéticos. A partir de las características del edificio y grado de ocupación (iluminación, personas, equipamiento) determina cuanta energía será requerida para mantener al edificio en temperatura de termostato. Los resultados devueltos son la demanda de energía eléctrica, gas natural y gas licuado de petróleo, distinguiéndola la demanda con sol y sin sol (días nublados).

Para el análisis de las ganancias internas por ocupación, iluminación y equipos se consideró cada planta según las posibilidades de uso que podía admitir. Para ello se diseñaron las plantas de luminotecnia en base a las cuales pudo calcularse el consumo energético de cada nivel, esto teniendo en cuenta las horas de uso, nivel de ocupación e intensidad de uso de los artefactos y equipos en cada planta. Para la elección de los artefactos y equipos se tuvo en cuenta el consumo energético de cada uno; en algunos sectores se optó por la colocación de lámparas tipo led, mientras que en otros que requerían más iluminación se optó por lámparas de bajo consumo. La demanda total de energía eléctrica para iluminación y artefactos eléctricos fue de 46 kWh por día (sin tener en cuenta el uso de electricidad para acondicionamiento del aire).

4 ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 Análisis energético del edificio con y sin DAC:

En el caso del edificio diseñado sin tener en cuenta los conceptos del DAC las pérdidas a través de los muros ($K= 1.82W/m^2K$) representaron el 10.28% (2285W/°C) del total; por otra parte las pérdidas a través de la cubierta del edificio ($K= 3.82W/ m^2K$) constituyeron el 9.84% (1717W/°C) del total. Asimismo las pérdidas a través de la superficie vidriada ($K= 6.08W/m^2K$) fueron, junto con las pérdidas por renovaciones de aire, las más significativas sobre el total de la envolvente; representaron el 33.44% (7431W/°C) y el 41.39% (9199W/°C) respectivamente. Por su parte las pérdidas por pisos y por puertas exhibieron los valores más bajos, 3.66% y 1.42% respectivamente.

Al aplicar los conceptos de DAC las pérdidas a través de la envolvente del total del edificio se redujeron notablemente. En lo que respecta a las pérdidas a través de los cerramientos opacos ($K= 0.15W/m^2K$) éstas representaron el 3.73% (241W/°C). En este caso las pérdidas a través de la cubierta ($K= 0.2W/m^2K$) del edificio implicaron sólo el 2.76% (179W/°C) y junto con las pérdidas a través de las puertas, 1.23% (79W/°C), constituyeron el porcentaje más bajo en el total del edificio. Por su parte las pérdidas a través de la superficie vidriada representaron el 17.24% (1116W/°C) del total. Sin embargo el porcentaje más significativo lo tienen las pérdidas por renovaciones de aire, 71.05% (4599W/°C).

Mediante el AuditCAD se realizó el balance energético de invierno para el cual se consideró un día de medición con ocho horas de ocupación.

El Gráfico 2 muestra los datos cargados en el programa. Para la opción diseñada sin tener en cuenta los conceptos de DAC, el consumo de gas natural para calefacción de la planta analizada representa el 81% del total de las ganancias, con un consumo necesario de 80m³ por día por planta tipo para alcanzar una temperatura interior media de 20°C.

Horas medición	24 hs
Consumo gas natural	80 m ³
Cons. energía eléct.	46 KW/h
Temp. exterior media	10 °C
Temp. interior media	18 °C
Nº ren. de aire	2 ra
Nº de habitantes	30 Hab
Area habitable	337 m ²
Volumen climatizado	826 m ³

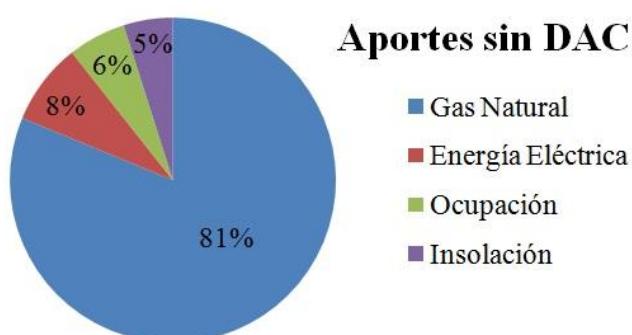


Gráfico 2: Datos cargados en el AuditCAD para el edificio modelado sin DAC.

El Gráfico 3 muestra los aportes energéticos necesarios para la opción diseñada según los conceptos del DAC. Aplicando estos conceptos el consumo de gas natural se redujo a 10m³ por día por planta tipo, esto manteniendo fijos los demás parámetros. Es decir que la aplicación de aislamiento térmico al total de la envolvente y la incorporación de un sistema de carpinterías compuesto por dos aberturas por módulo según lo muestra la Figura 7, facilitó la reducción de pérdidas de calor aportado por el consumo de energía eléctrica -para iluminación y equipos-, como así también por la ocupación y la insolación incidente sobre el total de la envolvente.

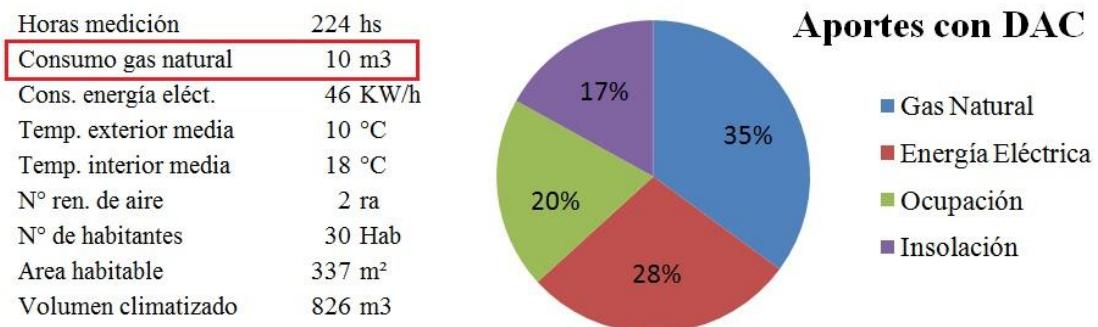


Gráfico 3: Datos cargados en el AuditCAD para el edificio modelado con DAC.

En el Gráfico 4 puede verse una gran reducción de la demanda de energía para calefacción la cual puede considerarse despreciable en los meses más fríos si se tienen en cuenta las ganancias aportadas por el aprovechamiento de la incidencia del sol sobre el total de la envolvente.

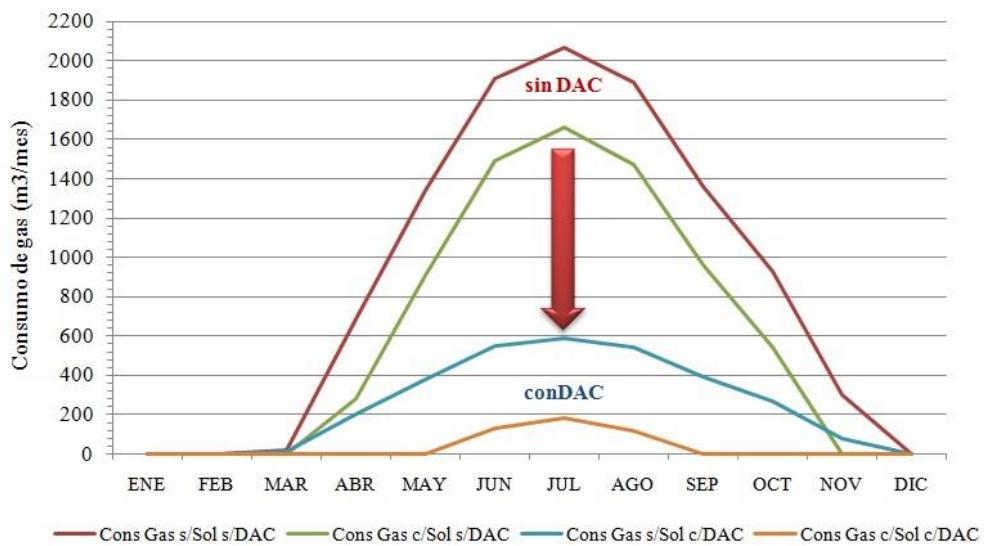


Gráfico 4: Comparación consumo de gas natural (m³) con DAC y sin DAC, con y sin sol.

4.2 Comparación con casos auditados:

El Gráfico 5 se confrontan dos muestras de edificios en altura considerados modelos representativos de diferentes épocas de la construcción en Argentina; dichos ejemplos fueron extraídos de un trabajo realizado con anterioridad (Salvetti et Al., 2009). En dicho gráfico se relaciona el volumen de los edificios con el coeficiente “G” [W/m³°C] de los mismos. Asimismo se incorpora el modelo de edificio propuesto en sus dos versiones, esto es teniendo en cuenta la incorporación o no de criterios de DAC. Como puede verse el modelo simulado según las técnicas de construcción que se utilizan actualmente en la Argentina para erigir este tipo de edificios (sin DAC) sitúa al modelo en una zona cercana a la linea graficada por la muestra más antigua (Corredera et Al., 2003), esto es muy por encima de la línea que marca el “G_{adm}” (Norma IRAM 11604) según el volumen del edificio. Al aplicar los conceptos de DAC el “G” del edificio disminuye de 3.7 W/m³°C a 0.68W/m³°C, muy por

debajo del “G_{adm}”.

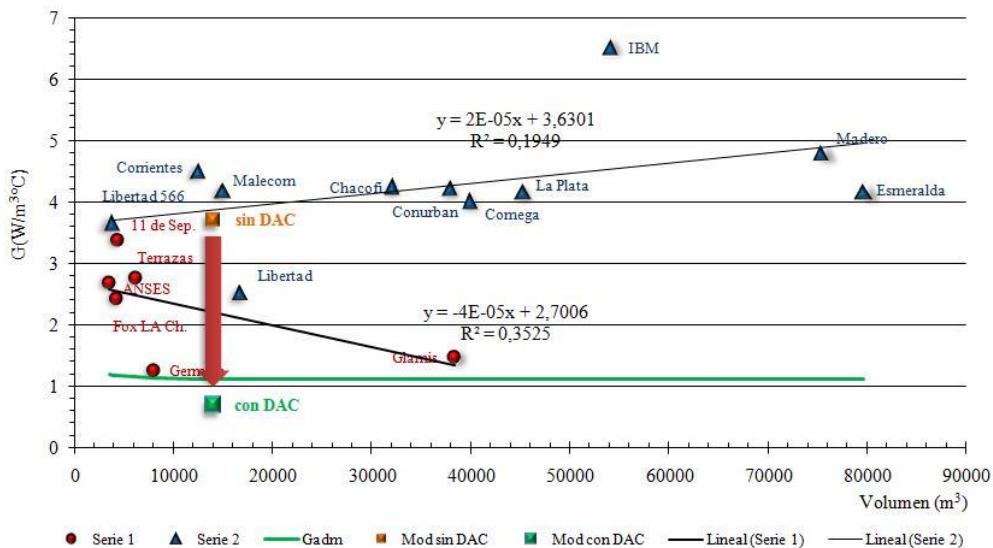


Gráfico 5: Relación entre el volumen a climatizar y el Coeficiente G. Comparación con trabajo previo.

El Gráfico 6 muestra la carga térmica [kWh] por metro cuadrado por año para las muestras seleccionadas en el trabajo previo (Salvetti et Al., 2009) e incorpora, al igual que el gráfico anterior, el modelo de edificio propuesto en sus dos versiones -con y sin DAC-. Puede verse como el edificio modelado sin tener en cuenta los criterios del DAC presenta una carga térmica por metro cuadrado elevada, lo que lo sitúa entre los ejemplos más recientes de la construcción en Argentina. Por su parte al aplicar los criterios del DAC al edificio simulado, puede verse como disminuye la carga térmica posicionando al modelo por debajo de aquellos edificios que corresponden a ejemplos más antiguos, con una menor carga térmica por metro cuadrado.

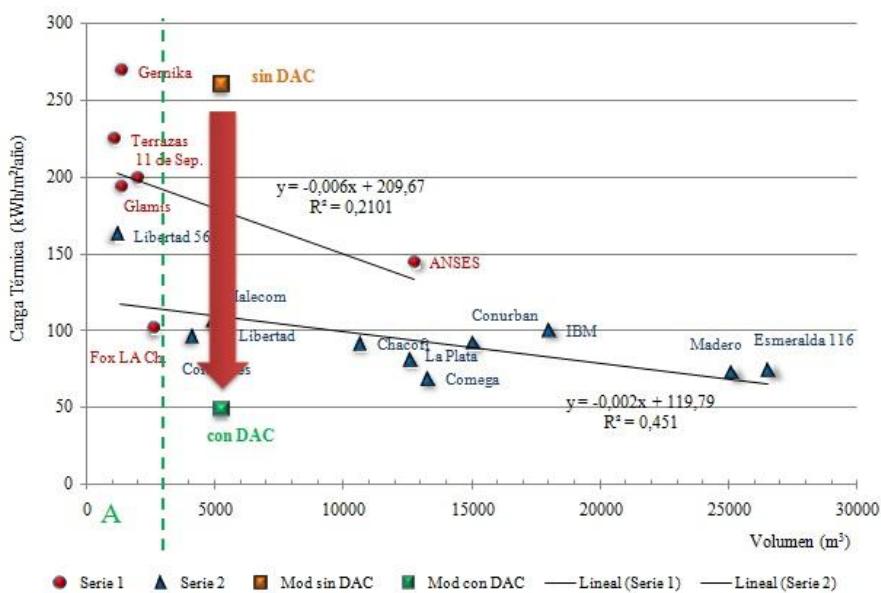


Gráfico 6: Carga térmica por metro cuadrado. Comparación con trabajo previo.

El sector “A” distingue aquellos edificios con un volumen a climatizar inferior a los tres mil metros cúbicos. Los mismos presentan una gran dispersión en el consumo de energía para calefacción por metro cuadrado que requieren. En general, implican consumos por metro cuadrado elevados. Por su parte los edificios con un volumen mayor a los tres mil metros cúbicos muestran una correlación con pendiente negativa, donde a medida que se incrementa el tamaño del edificio decrece el consumo por metro cuadrado (Salvetti et Al., 2009).

4.2 Etiquetado energético en calefacción:

Se realizó el cálculo del nivel de eficiencia energética del modelo de edificio en sus dos versiones – con y sin DAC-. El modelo diseñado según las técnicas constructivas en la Argentina en la actualidad (coeficiente “K” similar al propuesto por el “Nivel C” de la Norma IRAM 11605) alcanzó el nivel más bajo de la Norma IRAM 11900 que se obtiene a partir del cálculo del “ τ_m ” [Ecuación 1], que es la variación media ponderada entre la superficie interior de la envolvente y la temperatura interior de diseño, en grados Celsius. En este caso el “ τ_m ” arrojó un valor de 6.97°C, muy por encima de los 4°C que propone como valor mínimo la Norma IRAM 11900 para alcanzar el “Nivel H”, que es el de menor eficiencia. Por su parte el “ K_m ” [Ecuación 2], que es la transmitancia térmica media ponderada, arrojó un valor de 2.58 W/m²·K.

$$\tau_m = \frac{\sum (\tau_i \cdot S_i)}{\sum S_i}$$

[Ecuación 1]

$$K_m = \frac{\sum^n (K_i \cdot S_i)}{\sum^n S_i}$$

[Ecuación 2]

La Figura 8 muestra el resultado obtenido al aplicar los conceptos de DAC al diseño de la envolvente del edificio. Si bien pudo alcanzarse el “Nivel A” -de mayor eficiencia- de la Norma IRAM 11900, cabe destacar que para obtener este nivel debió incrementarse en un porcentaje muy elevado el grado de aislamiento térmico de los elementos que componen la envolvente edilicia, con valores de coeficiente “K” muy por debajo de los propuestos por el “Nivel A” de la Norma IRAM 11605, y aún así el “ τ_m ” arrojó un valor de 1°C, que es el valor máximo que exige la Norma para este nivel de eficiencia. Por su parte el “ K_m ” arrojó un valor de 0.41 W/m²·K.

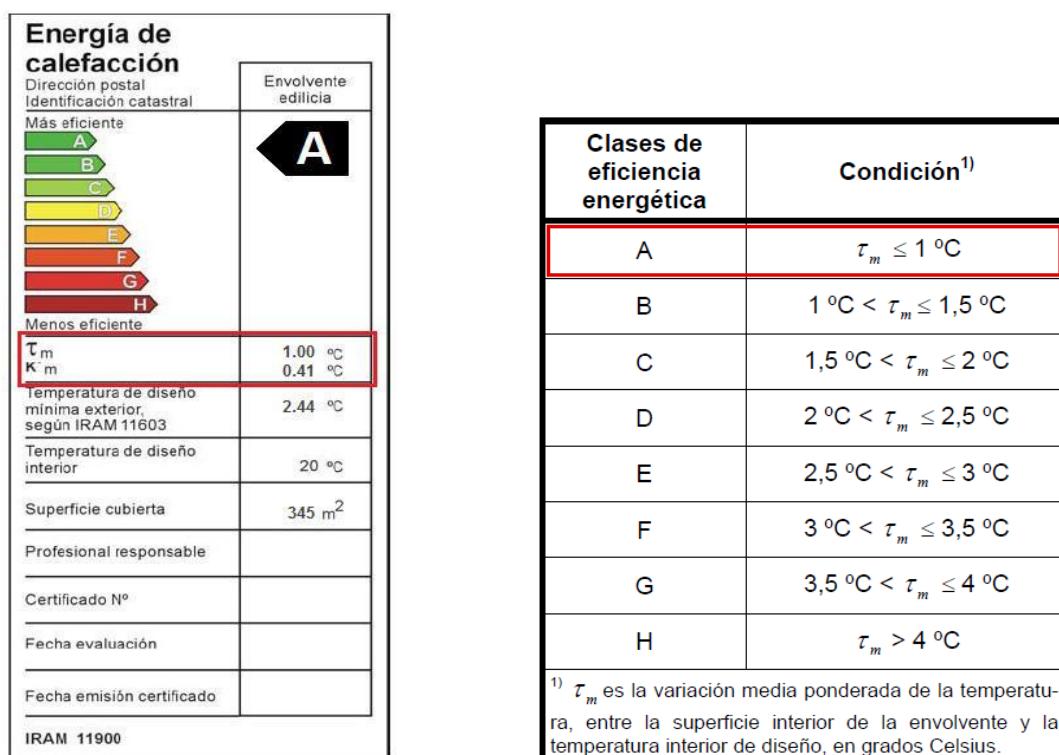


Figura 8: Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para el edificio diseñado con DAC (Nivel A) y tabla de eficiencia energética.

A continuación, el cuadro de la Figura 9 muestra una síntesis de diferentes parámetros que caracterizan el comportamiento energético del modelo de edificio en sus dos versiones; con y sin DAC.

	Unidad	con DAC	sin DAC
τ_m	°C	1	6,97
K_m	W/m ² *K	0,44	2,58
G	W/m ³ *°C	0,68	3,7
Energía	kWh/m ² /año	49	260

Figura 9: Cuadro síntesis de las características energéticas del modelo edilicio en sus dos versiones, con y sin DAC.

5 CONCLUSIONES

Este trabajo permitió realizar un análisis del comportamiento energético-ambiental de un modelo de edificio de oficinas para la ciudad de La Plata, zona Bioclimática IIIb.

A partir del análisis de la planta tipo pudo inferirse cuales son los elementos de la envolvente edilicia que más contribuyen a mejorar el funcionamiento térmico global del edificio.

La incorporación de aislamiento térmico adicional en muros y techos, como así también la incorporación de sistemas de aislamiento con un coeficiente “K” muy por debajo de los que se emplean actualmente en Argentina, favoreció la reducción de pérdidas de calor a través de la envolvente. Esto significó una reducción en el consumo de gas natural necesario para calefacción diez veces menor que para el caso analizado sin tener en cuenta los conceptos del DAC.

Al mismo tiempo el “G” del edificio disminuyó de 3.7 W/m³*°C a 0.68 W/m³*°C, menor al “G_{adm}” que para este volumen tiene un valor de 1.11 W/m³*°C.

Cabe destacar que para alcanzar el “Nivel A” propuesto por la Norma IRAM 11900 debieron utilizarse niveles muy altos de aislamiento térmico, incluso superiores a los propuestos por el “Nivel A” de la Norma IRAM 11605. Sólo de este modo logró reducirse el “tm” de 9.43°C a 1°C, que es el valor máximo que exige la Norma IRAM 11900 para alcanzar dicho nivel.

6 REFERENCIAS

- CORREDERA, C.; CZAJKOWSKI, J. Evolución en el diseño de torres de oficinas en la Argentina desde un enfoque ambiental. ENCAC. Curitiba. 2003.
- CZAJKOWSKI, J. & GÓMEZ, A. Arquitectura Sustentable. Arq. Clarín. Buenos Aires. ISBN 978-987-07-0603-8. 2009.
- CZAJKOWSKI, J. (1999). Programa AuditCAD para el análisis del comportamiento energético edilicio basado en auditorías energéticas y de confort. Anais del V Encontro de Conforto no Ambiente Construído.
- EDWARDS, BRIAN. Guía básica de la sostenibilidad. Gustavo Gili, SL. Barcelona. ISBN 8425222087. 2008.
- IPCC. Tercer informe de evaluación del Intergovernmental Panel on Climate Change: Cambio Climático. Ginebra, Suiza. ISBN 0 52180770 0. 2001. IRAM. 11601. (2002).
- IRAM. 11603. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires. 1996.
- IRAM. 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. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires. 1990.
- IRAM. 11605. Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. IRAM. Buenos Aires. 1996.
- IRAM. 11900. Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente. Buenos Aires. 2010.
- SALVETTI, M. B.; CZAJKOWSKI, J. & GÓMEZ, A. Indicadores de eficiencia energética en edificios. Comparación con estándares vigentes en Argentina. X Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Natal. 2009.