

EDIFICIO DE OFICINAS DE BAJA ENERGÍA EN LLAVALLOL, BUENOS AIRES. UNA EXPERIENCIA UNIVERSIDAD – EMPRESA

¹Czajkowski, Jorge Daniel; ¹Gómez, Analía Fernanda

**¹Laboratory of Sustainable Architecture and Habitat. Faculty of Architecture and
Urbanism. National University of La Plata.**

47 St. n°162- 1900 La Plata – Buenos Aires Province- Argentina

e-mail: jdczajko@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo está enmarcado en un Convenio de trabajos a terceros entre el Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable y la Empresa Isover Saint Gobain Argentina S.A., con el objeto de desarrollar el proyecto de un modelo edificio sustentable y de baja energía de 900 m² en el predio de la fábrica en la localidad de Llavallol, provincia de Buenos Aires.

El proyecto tecnológico - arquitectónico será demostrativo con el fin de describir soluciones innovadoras al modo convencional de materializar edificios en el país, además de mostrar la posibilidad de materializar edificios de baja energía a energía plus en países en vías de desarrollo, a costo razonable y con el conocimiento de profesionales, académicos y empresarios locales. Junto a esto valorar el comportamiento energético alcanzable y describir su ventaja energética respecto de la edificación convencional.

Se expone el proceso proyectual y resultados del comportamiento energético para el primer edificio de estas características en Argentina.

Keywords: edificio de baja energía, diseño sustentable, eficiencia energética

1.- Introducción

El desarrollo se realizó en 2011 y comenzó su construcción en 2014, luego de numerosos avances y retrocesos debidos principalmente a la crisis económica internacional. Inicialmente la empresa entregó el programa de necesidades y el protocolo *Isover Multi Comfort House* – MCH [1] - junto con requerimientos de materiales. El equipo propuso un anteproyecto validado por simulaciones en Energy Plus [2] junto a una adaptación de los sistemas constructivos usuales en el país [3] para que cumplan el MCH. Se buscó contrastar el mismo proyecto arquitectónico pero materializado de manera convencional respecto al mismo proyecto materializado cumpliendo las especificaciones francesas del MCH. Esto con el fin de alcanzar un resultado que en funcionamiento simulado consuma energía en el rango de edificios

de baja energía. Se propusieron soluciones con sistemas constructivos en seco tipo *Steel Framing* que presentó problemas de sobrecalentamiento en el período invernal y llevó a que se incorporara masa térmica interior. Luego se adoptó la técnica de “viga fría” para mantener a temperatura cuasi-constante la envolvente interior usando el sistema de recirculación de agua del acuífero pampeano ubicado a 40m de profundidad. Adicionalmente se recoge agua de lluvia que se mezcla con reúso de aguas grises tratadas para ser utilizado en la limpieza de inodoros y mingitorios. Las aguas negras se tratan previo a su vuelco a cloacas con la técnica de *lecho de raíces*. Se previó, adicionalmente, un sistema de generación fotovoltaica y solar térmico para calefacción y uso sanitario.

2.- Localización del edificio

El edificio se localiza en la localidad de Llavallol [3], partido de Lomas de Zamora, provincia de Buenos Aires, 21.7km al sudoeste del centro de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Lat -34.799° Long -58.420° y 24 msnm). Según la Norma IRAM 11603 su clima es templado cálido húmedo, zona IIIb, con $GD_{18^{\circ}C} = 1200^{\circ}D$ en calefacción, temperatura media anual de $16,7^{\circ}C$, temperaturas mínimas de diseño de $1^{\circ}C$ y máximas de diseño de $35^{\circ}C$ (Fig. 1).

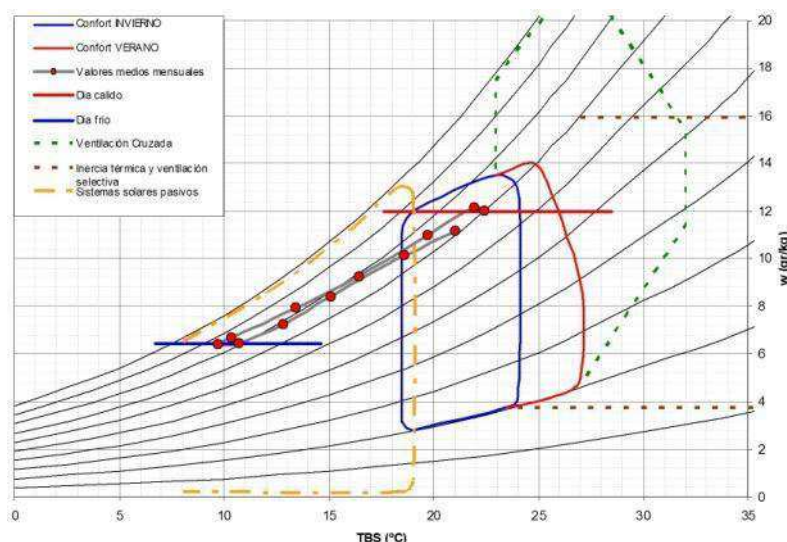


Fig. 3 “Características bioclimáticas de La Plata, Buenos Aires, Argentina a partir de datos medios de temperatura y humedad e indicando los días típicamente cálidos y fríos sobre modelo de B. Givoni. Construido con el programa Psiconf 1.0”

El edificio se implanta en terrenos de la fábrica a orillas del Arroyo del Rey siendo la zona inundable. La máxima inundación ocurrió el 26 de diciembre de 2012 cuando inundó toda la zona y la fábrica con 1,3 m respecto del nivel del suelo natural. Todos

los edificios se encuentran sobre elevados y es condición de diseño, posee restricciones adicionales como un retiro respecto del eje del curso de agua que redujeron la superficie a utilizar y condicionaron el partido y la implantación del edificio (Fig. 2). Las mejores vistas tienen rumbo nornoreste hacia el arroyo, al norte se ve la fábrica y dos bloques bajos de oficinas, al sudoeste linda con la empresa VASA y al sudeste un área deportiva.



Fig. 4 “Implantación del edificio en el terreno de la fábrica ISOVER Saint Gobain Argentina S.A. Sobre una imagen satelital de Google”. Fuente: los autores

3.- El edificio y sus requerimientos

Los requerimientos originales del edificio implicaban entre 750 y 900 m² para ser utilizados en oficinas administrativas y gerencias, un área de exposición de productos de la empresa, un aula de conferencias junto a talleres de capacitación, sanitarios y anexos. Solicitaron una imagen ambigua que remitiera a varias funciones edilicias pero que impacte visualmente. Debía tomarse los principales sistemas constructivos utilizados en el país y se los mejorarlos higrotérmicamente, brindando una satisfactoria calidad de vida a los trabajadores.

Inicialmente se exigió el uso del sistema Steel framing para ser utilizado junto a los sistemas tradicionales mejorados.

El edificio debía tender a demandar energía anual al nivel de la convención de edificio de baja energía (20 a 30 kWh/m².año) a energía cero (< 15 kWh/m².año). El estándar *MINERGIE*® (42 kWh/m²año o 13.300 Btu/ft²/yr) aplicable a *casas de baja energía* en Alemania utiliza solamente para calefacción valores superiores a los mencionados previamente.

Esto formó parte de un largo debate sobre qué valor de referencia debía alcanzarse para un edificio de oficinas de carga térmica media por ocupación. Cantidad variable de ocupantes en cada piso del edificio en diversos momentos del año y sin mayor certeza sobre la intensidad de ocupación a lo largo de un año tipo.

En el país no existen normas para edificios de muy alto nivel de eficiencia salvo lo estipulado en el Nivel A de la Norma IRAM 11605 y el etiquetado edilicio de energía en calefacción de la Norma IRAM 1900 [4]. En el LAyHS se contaba con experiencia en la formulación de indicadores y niveles de eficiencia energética en calefacción y refrigeración en edificios de oficinas a partir de auditorías, su modelización y simulación que además son antecedentes de las normas nacionales [5] [6] .

A esto se sumaba el cumplimiento de la Ley 13.059/03 y su decreto reglamentario 1030/10 de la provincia de Buenos Aires, que no habría mayor inconveniente en que se cumpla por ser de medio-baja eficiencia energética.

Dado que el estandar Multi Comfort House de ISOVER está basado en el estandar Passive House de Alemania, para viviendas y para clima frío, implica tomar como referencia los siguientes aspectos: a. demanda de energía en calefacción que no supere los 15 kWh/m².año (4746 btu/ft² año) y en refrigeración 15 kWh/m².año o con una carga térmica pico inferior a 10 W/m²; b. total de demanda en energía primaria no superior a 120 kWh/m².año (37900 btu/ft² año) y c. una tasa de renovaciones de aire no superior a 0.6 veces/hora del volumen del edificio ($n_{50} \leq 0.6$ / hour) a 50 Pa (N/m²).



Fig. 3 “Imagen exterior de la cara NEE”. Fuente: los autores.

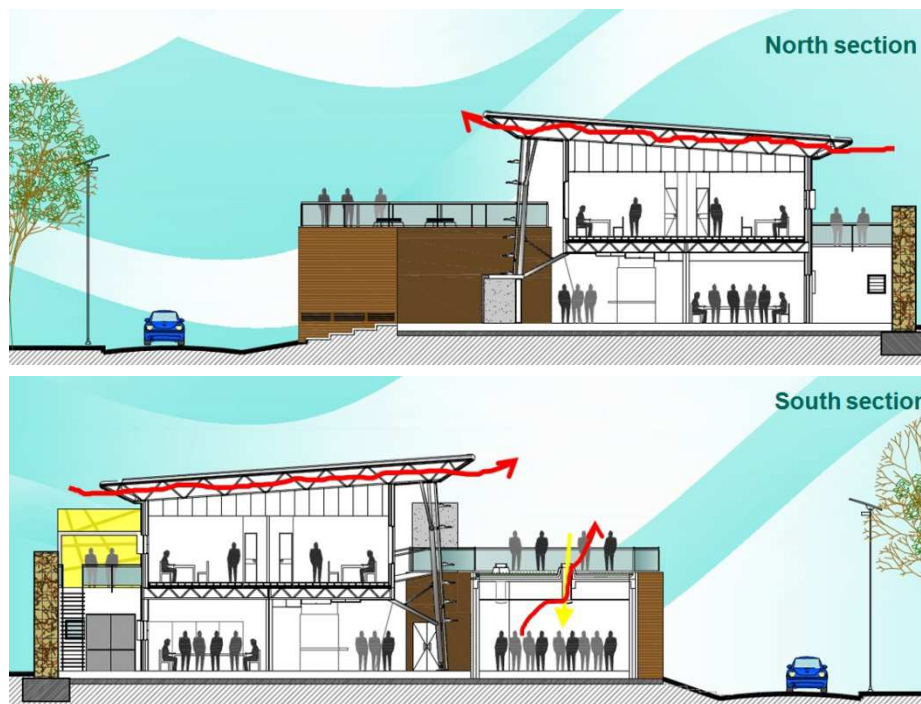


Fig. 4 “Arriba corte transversal cruzando el sector administrativo y abajo cruzando el aula indicando el techo sombrilla ventilado”. Fuente: los autores.

En cualquier caso se aclaró que estos estandares fueron pensados para climas fríos a muy fríos con valores superiores a los 3000 grados día y veranos cortos y moderados similares a los climas de la patagonia Argentina con latitudes de 45 a 55° que no son los del Area Metropolitana Buenos Aires. El consenso consistió en realizar un ejercicio de investigación proyectual sustentable en el que habría

generación de innovación tecnológica y de los valores que resultaran servirían para proponer un antecedente de un futuro estándar nacional. El edificio se construiría y monitorearía de forma continua para generar experiencia.

En la Fig. 3 puede verse una imagen exterior del edificio en la zona de ingreso con un bloque de sanitarios y anexos en el color de la empresa, el aula auditorio incrustada en el muro cortina con terraza verde como expansión del piso administrativo y un gran techo sombrilla ventilado (Fig 4).

En las figuras 4 y 5 se muestra el anteproyecto donde en planta baja se localizó la zona de acceso con una doble altura orientada al noreste y parasoles horizontales exteriores para proteger el gran paño vidriado. El estudio de asoleamiento mostró que a partir de las 9 de la mañana se encuentra prácticamente en sombra. A pesar de aplicarse pautas bioclimáticas la orientación se decidió por la vista a la gran arboleda y al arroyo.



Fig. 5 “Planta baja y planta alta del edificio”. Fuente: los autores.

De haberse orientado al norte se estaría mirando permanentemente a la fábrica y no habría beneficio en asoleamiento que compense las vistas para los trabajadores.

4.- Tecnología de la envolvente edilicia

Para la resolución de la envolvente del edificio se definieron tres sectores diferenciados: a. El cuerpo principal de dos plantas en tecnología liviana Steel Framing, b. El aula auditorio en construcción convencional de estructura de H°A°

independiente y muros de ladrillos huecos de 12cm y 9 agujeros y c. El sector servicios en muros y techo de H°A° de 12cm.

Estas son sistemas constructivos usuales. Las figuras 6 a 8 muestran detalles y sus especificaciones utilizando la línea de productos de la empresa Isover. Al momento de realizar en trabajo no existía en el país perfilería de aluminio para triple vidriado hermético y para alcanzar un $K= 0.80 \text{ W/m}^2\text{K}$ debió recurrirse a un sistema de doble ventana. Un paño interior de triple accionamiento y un paño exterior tipo banderola con DVH en ambos.

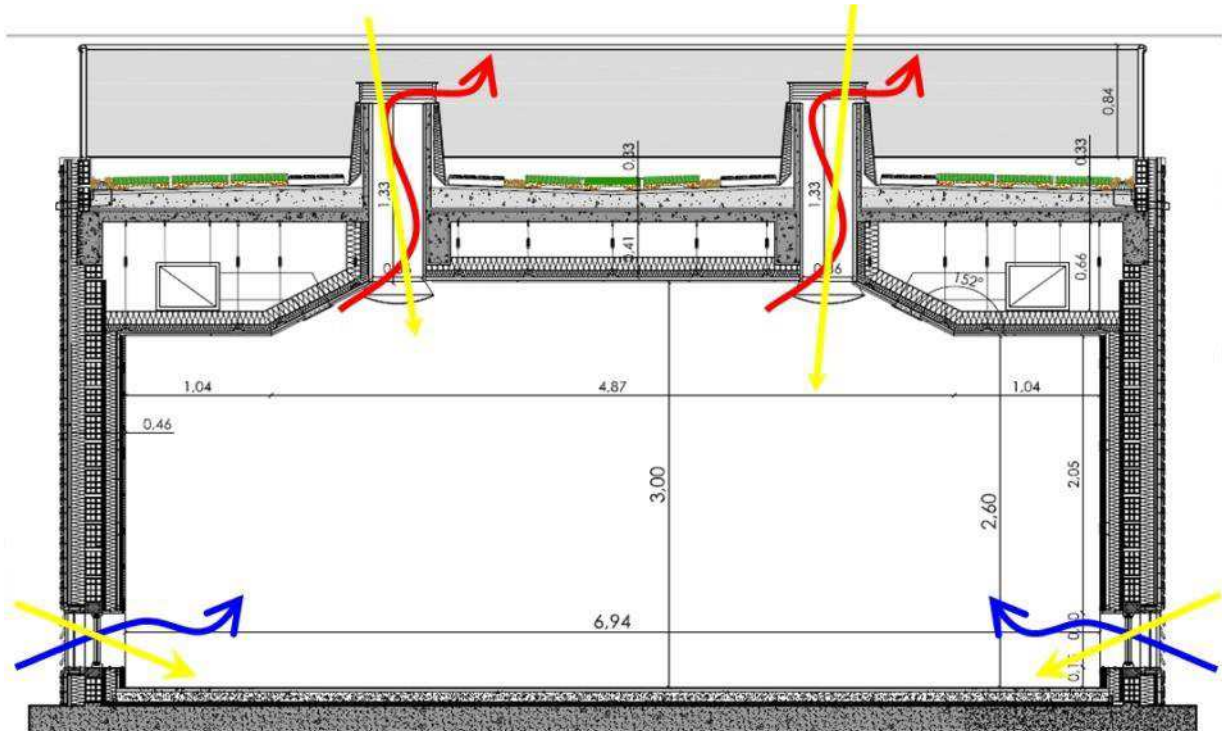


Fig. 6 “Sección del aula auditorio mostrando configuración de la envolvente, ventanucos bajos para iluminación a nivel de circulación y ventilación, perfilado de cielorraso para ductos de refrigeración junto a iluminación y como cubierta una terraza verde”. Fuente: los autores.

El aula auditorio posee iluminación cenital por lumiductos sobre los oyentes y ventanucos bajos para ventilación natural e iluminación a nivel del suelo. La terraza es accesible y verde para el sector administrativo.

Este sector posee envolvente liviana doble e independiente. Una envolvente interior con reducido volumen a refrigerar y una envolvente exterior existiendo ventilación entre ambas en la zona de ático (Fig 7).

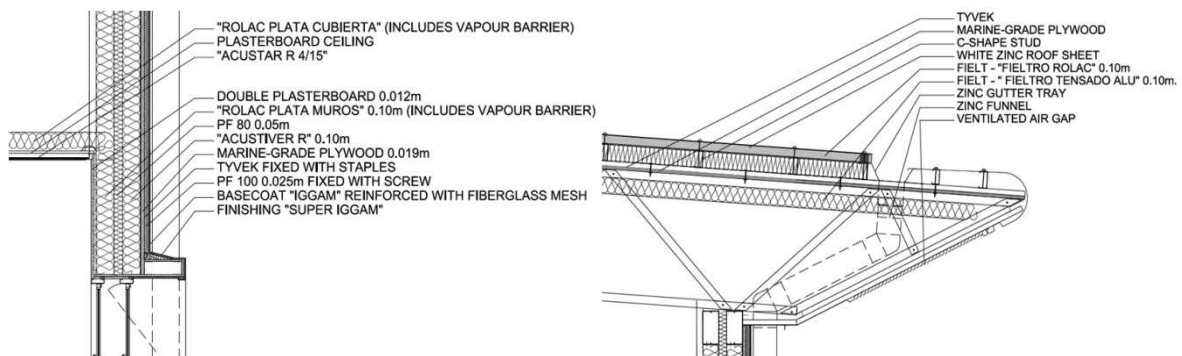


Fig. 7 “Detalles de muro y techo oeste del sector administrativo”. Fuente: Los autores.

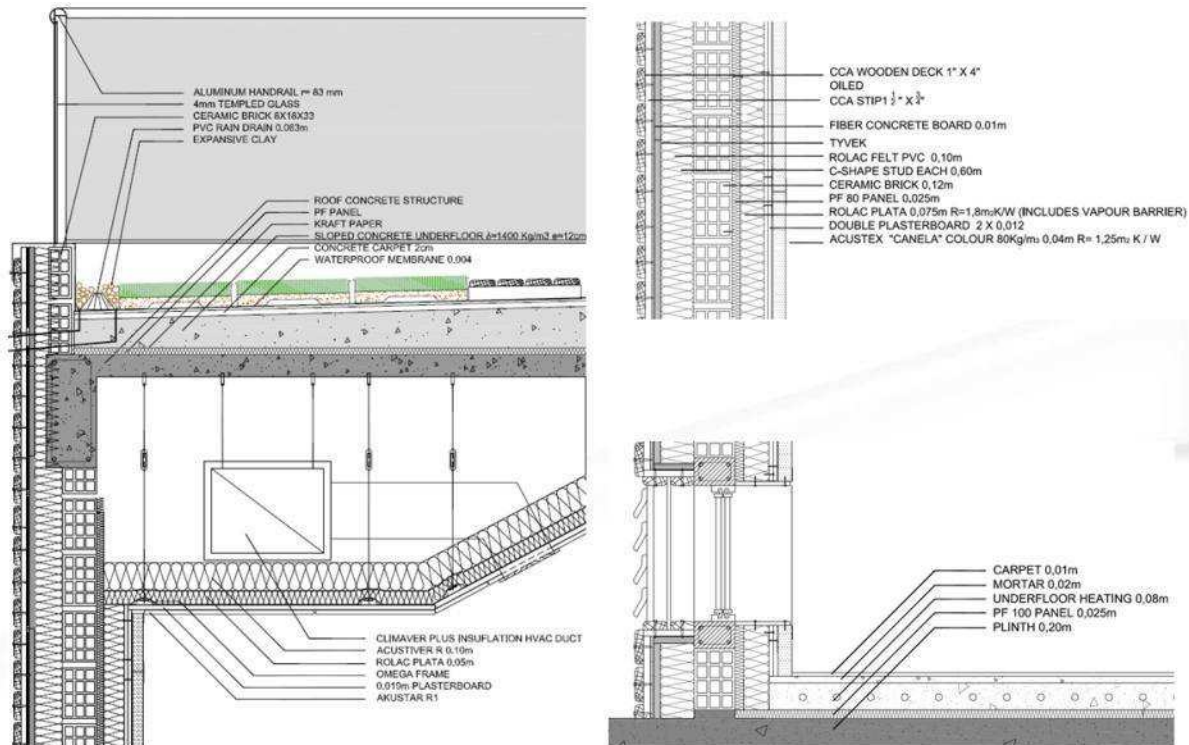


Fig. 8 “Detalles del aula auditorio”. Fuente: los autores.

5.- Sobre el comportamiento energético y térmico

En la Tabla 1 puede verse una comparación en el análisis de las cargas térmicas en refrigeración del edificio construido de la forma usual en la región y la opción mejorada. Una construcción convencional usualmente posee valores de transmitancia térmica K (o U) en techos de 1 a 7 W/m²K, en muros opacos de 1 a 3 W/m²K, en puertas de 1 a 7 W/m²K, en ventanas de 3 a 6 W/m²K y en pisos de 2 a 3 W/m²K. Con estos niveles de aislamiento se construye usualmente en la totalidad del territorio nacional desde los 24° a los 55° de latitud. En la Provincia de Buenos Aires y las ciudades de Rosario y Buenos Aires mediante leyes o Códigos de Edificación se exige el cumplimiento de Normas IRAM sobre acondicionamiento térmico de edificios, aunque no se cumple; en el resto del país no hay regulación de la calidad térmica de la construcción en la obra privada.

Los valores mencionados aplicados al caso de este edificio, implicaría una demanda de energía en calefacción de 321,4 kWh/m².año, de mantenerse un encendido las 24hs, o 160.7 kWh/m².año solo medio día. La potencia en refrigeración sería de unas 65 Tn o 220kW. El caso mejorado MCH, posee transmitancias térmicas de 0.12 W/m²K en techos, 0.12 W/m²K en muros opacos, 1,86 W/m²K en puertas, 0,8 W/m²K en ventanas y 0.5 W/m²K en pisos. Esto significa una sensible reducción de la demanda térmica en calefacción a un valor de 72.7 kWh/m².año de mantenerse un encendido las 24hs o 36.4 kWh/m².año solo medio día. La potencia en refrigeración sería de 27 Tn o 91kW. Comparando los casos se nota una mejora del 77,4% en la demanda de energía en calefacción y del 58,5% en potencia instalada en refrigeración.

Un análisis discriminado muestra que las pérdidas por conducción se redujeron un 85.7%, las ganancias solares un 77.9% con parasoles y tipos de vidriados, la iluminación artificial un 54,9% con tipos de lámparas e iluminación natural y un 13.9% en equipamiento ofimático al sectorizar los servidores.

Carga térmica	Edificio convencional		Edificio MCH	
	W	%	W	%
Q conducción	72686	33.13	10399	11.48
Q solar	65524	29.87	14474	15.98
Q personas sensible	9635	4.39	8366	9.24
Q personas latente	7995	3.64	6942	7.66
Q equipamiento sensible	8344	3.80	7180	7.93
Q equipamiento latente	0	0.00	0	0.00
Q iluminación	11280	5.14	5088	5.62
Q aire ext sensible	12915	5.89	11214	12.38

Tabla 1 “Comparación en cargas térmicas discriminadas para refrigeración del edificio, entre una construcción convencional y una versión mejorada “Multi Comfort House””. Fuente: los autores.

5.1.- Comportamiento térmico invernal

Una simulación térmica realizada en EnergyPlus del edificio MCH para el período de invierno cerrado y no ocupado o en evolución natural muestra que alcanzará una temperatura media interior cercana a los 15°C. Una revisión por ambiente muestra que el aula auditorio por la homogeneidad en el aislamiento térmico de la envolvente variará entre 13 y 17°C con ciclos de 15 días. En el otro extremo el Hall y área de exposición con la mayor parte de su envolvente vidriada tendrá variaciones diarias con una amplitud media de 4°C. Si analizamos el día más frío (22/7) con una mínima de -2 y una máxima de 9°C y amplitud térmica de 11°C mientras el aula responde con 15° y sin amplitud significativa el hall muestra una mínima de 12°C y una máxima de 17°C [ver Fig 9].

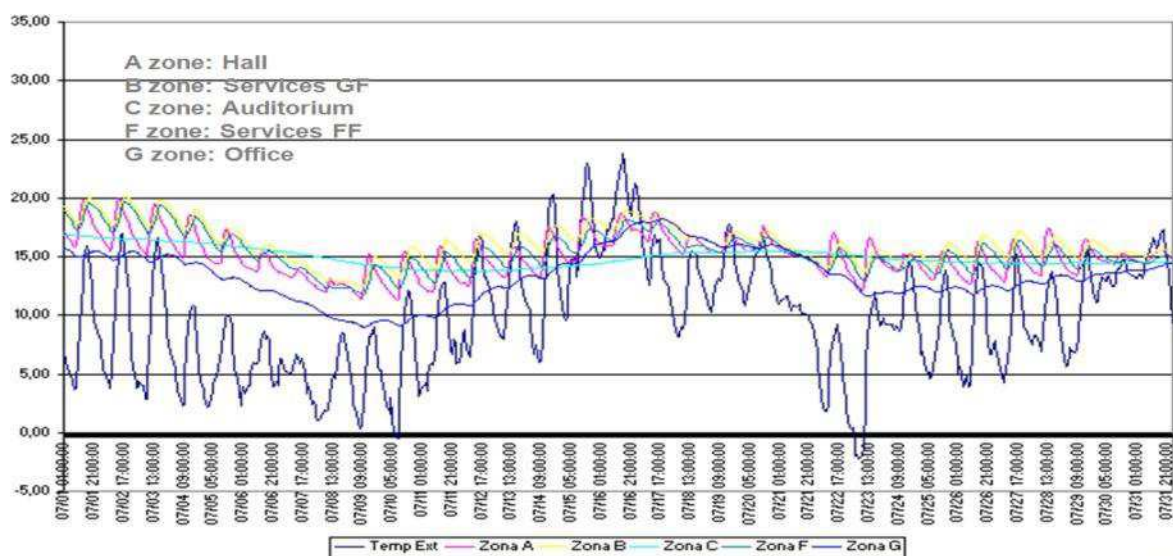


Fig. 9 “Simulación en EnergyPlus del edificio MCH en condición de invierno (mes de julio) y en evolución natural (cerrado y no ocupado). Temperaturas en °C en ordenadas y días del mes de julio en absisas”. Fuente: los autores.

Esta primer simulación con edificio vacío hace prever problemas térmicos cuando sea ocupado. En el caso de una vivienda no implicaría problemas, pero con todos los ocupantes, la iluminación y el equipamiento ofimático podría generar un recalentamiento por la baja disipación de calor de la envolvente.

Se procedió a realizar una simulación suponiendo el edificio totalmente ocupado sea en el sector administrativo, con charlas técnicas en el aula auditorio y grupos de capacitación práctica en las aulas taller de cielorrasos y Climaver. El resultado muestra lo que se prevía, con picos de temperatura cercanos a 30°C sumado a una amplitud térmica próxima a los 11°C. [Fig 10].

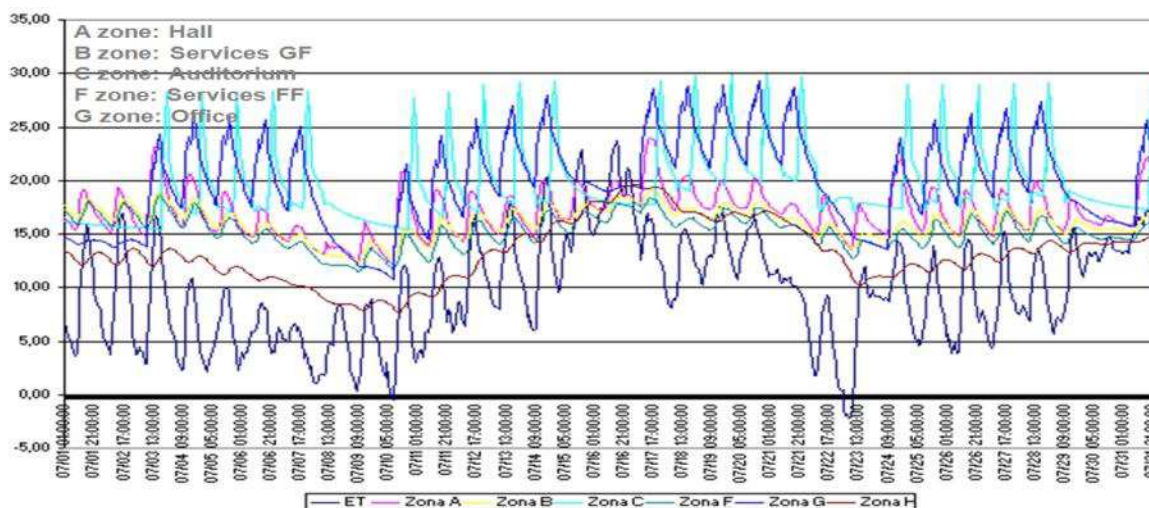


Fig. 10 “Simulación en EnergyPlus del edificio MCH en condición de invierno (mes de julio) y con ocupación total. Temperaturas en °C en ordenadas y días del mes de julio en absisas”. Fuente: los autores.

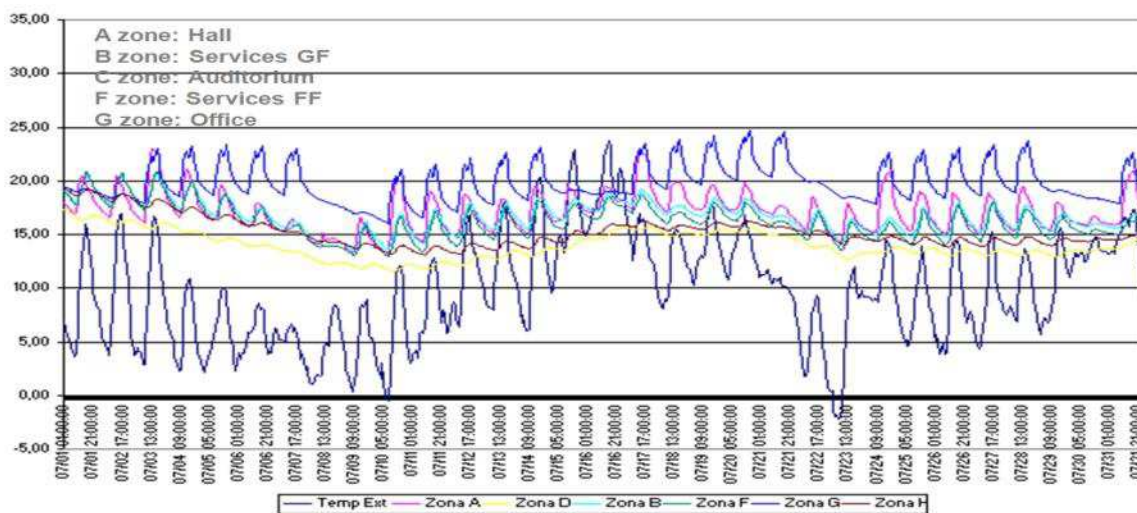


Fig. 11 “Simulación en EnergyPlus del edificio MCH en condición de invierno (mes de julio) y con ocupación total incorporando masa térmica interior”. Temperaturas en °C en ordenadas y días del mes de julio en absisas. Fuente: los autores.

Un control automatizado del edificio haría encender el aire acondicionado el 67% de los días de julio o los habitantes tendrían que abrir ventanas para ventilarlo. En cualquiera de los casos podría discutirse sobre la necesidad de un sistema de calefacción. La gran amplitud térmica en el aula auditorio y en el piso administrativo implica falta de masa térmica en la envolvente que amortigue estas variaciones.

Una tercer simulación (Fig 11) incorporó masa térmica en el piso del aula auditorio y en los muros del sector administrativo. Tres opciones de masa térmica adicional en caso de muros no mostraron significativas diferencias: a. Uso de placas de yeso con grajeas de cambio de fase (tipo Micronal PCM Smartboard); b. 12 cm de espesor en ladrillos comunes macizos o; c. 9 cm de hormigón armado.

La opción a se descartó por ser un producto de la competencia, la opción c por razones de costos y finalmente se optó por muros convencionales de ladrillos comunes revocados. En la figura 11 puede observarse como las amplitudes se reducen en promedio un 60% con picos que se acercan a los 25°C. El día más frío en el momento de actividad la temperatura interior variará entre los 18°C y los 21°C y en el más cálido entre 23 y 25°C. Un análisis a nivel mensual muestra que salvo los sanitarios el resto del edificio varía entre 14°C y 25°C y una media mensual de 19,5°C. Una ocupación media haría que el edificio no fuera lo suficientemente confortable en especial an la planta alta de oficinas. Siempre recordando que no hay calefacción sino solamente aportes por ocupación sumado al clima exterior y asoleamiento.

Dado que el diseño bioclimático puede no resultar fiable, se dimensionó un sistema convencional de calefacción por piso y muros radiantes y calor será aportado por colectores planos en los cobertizos del estacionamiento con tanques de acumulación en subsuelo.

5.2.- Comportamiento térmico estival

Una simulación térmica realizada en EnergyPlus del edificio MCH para el período de verano en el mes de enero previendo un edificio vacío con ventilación nocturna y cerrado durante el día manteniendo abiertas las ventilas en cielorraso, muestra que alcanzará una temperatura media interior mensual cercana a los 19°C, con mínimas de 27°C y máximas de 32°C. Una revisión por ambiente muestra que el aula auditorio tendrá una temperatura cuasi constante a 27°C. Similar al invierno el Hall y área de exposición tendrá variaciones diarias con una amplitud media de 5°C.

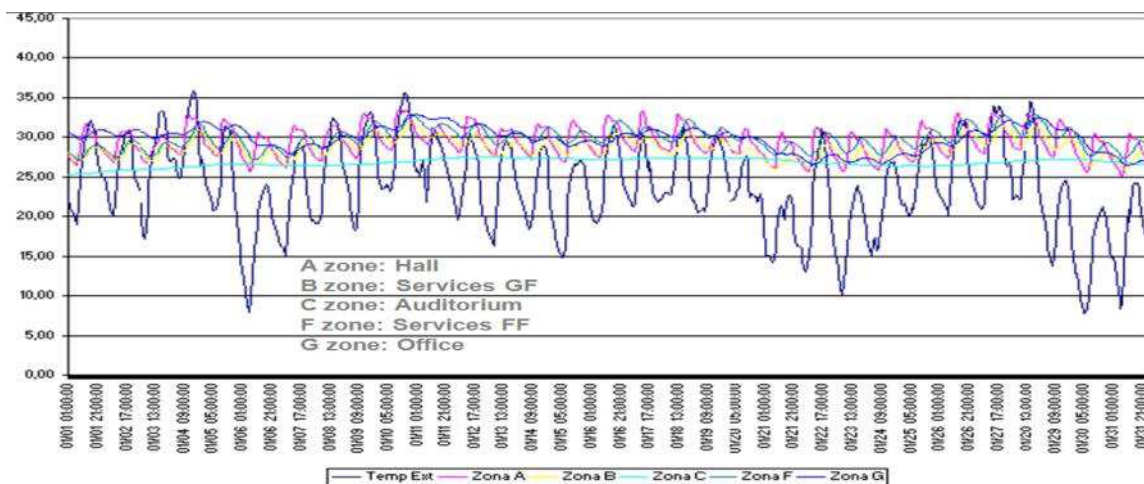


Fig. 12 “Simulación en EnergyPlus del edificio MCH en condición de verano (mes de enero) y en evolución natural (ventilación nocturna y no ocupado). Temperaturas en °C en ordenadas y días del mes de enero en absisas”. Fuente: los autores.

Si analizamos el día más cálido (04/01) con una mínima de 21°C y una máxima de 36°C y amplitud térmica de 15°C mientras el aula responde con 26° y sin amplitud significativa el hall muestra una mínima de 27°C y una máxima de 33°C [ver Fig 12]. En el caso de ocupación total y similar condición de ventilación natural, mientras el Hall y área de exposición mantiene su comportamiento, el aula auditorio y el piso

administrativo responden a la carga por ocupación sobrecalentándose. Así el aula alcanza una temperatura media de 30°C con máximas de 33°C y mínimas medias de 27°C. Siempre suponiendo uso diario de lunes a viernes. El piso de oficinas, con mayor carga térmica, alcanza máximas de 40°C con mínimas de 35°C un 25% de los días del mes. En cualquier caso no es un ámbito confortable para un trabajador y será necesario en encendido del sistema de refrigeración. En la figura 14 puede verse el efecto beneficioso de agregar masa térmica y ventilación nocturna (selectiva) donde las máximas no superan los 35°C con mínimas de 32°C.

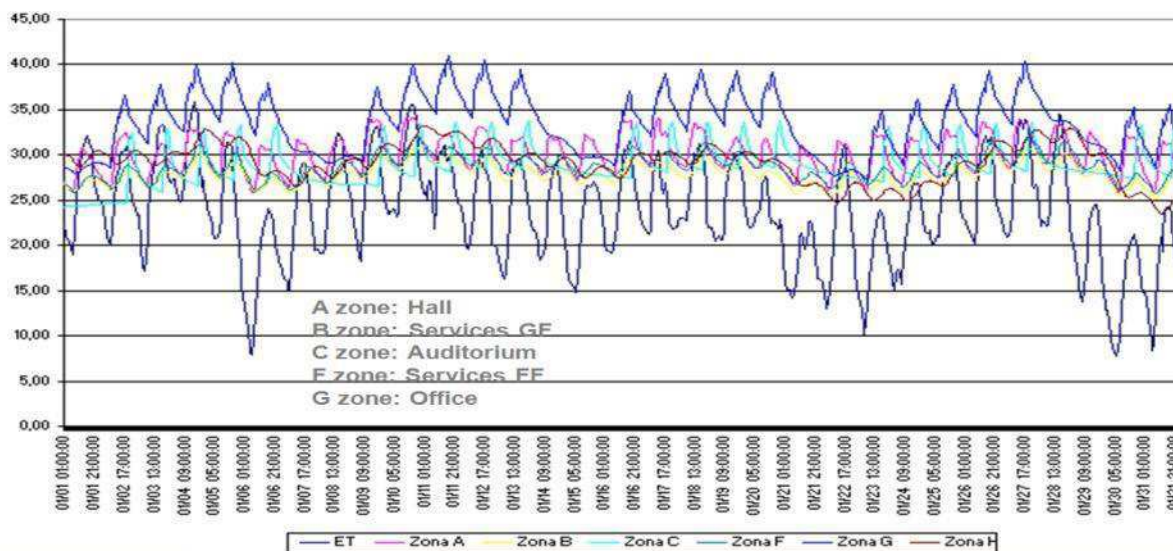


Fig. 13 “Simulación en EnergyPlus del edificio MCH en condición de verano (mes de enero) y con ocupación total. Temperaturas en °C en ordenadas y días del mes de enero en absisas”. Fuente: los autores.

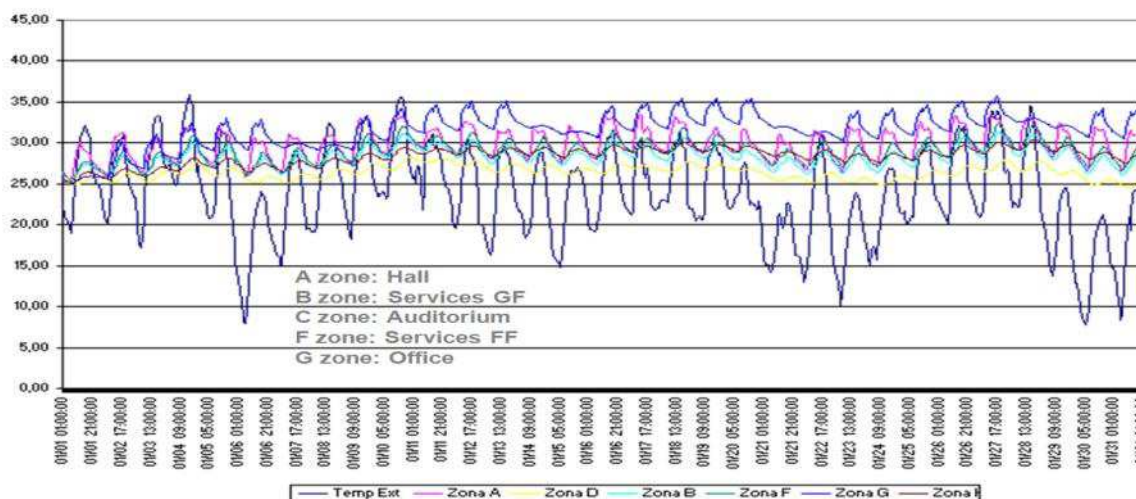


Fig. 14: “Simulación en EnergyPlus del edificio MCH en condición de verano (mes de enero), con ocupación total y masa térmica interior. Temperaturas en °C en ordenadas y días del mes de enero en absisas”. Fuente: los autores.

También puede notarse que la temperatura media mensual interior se mantiene en un valor de 30°C.

6.- Instalaciones y servicios

Las instalaciones sanitarias del edificio buscan una vez cargado el sistema minimizar progresivamente el uso de agua potable de red en hasta un 80%. Para esto se separarán sistemas de provisión que usualmente están altamente integrados. La

alimentación de válvulas de inodoro, válvulas de mingitorio y canillas exteriores de servicio se realizará por cañería independiente presurizada que tomará el agua de la cisterna de mezcla de agua pluvial y tratada. El agua tratada será la que provenga de las aguas grises del sistema de desagüe secundario.

El sistema de fitotratamiento adoptado es el desarrollado por la Universidad Federal de Santa Catarina para la Casa Eficiente [7], construida en Florianópolis que ha dado buen resultado en el país. Se usarán variedades de juncos del arroyo que atraviesa el predio adaptados a la contaminación del cauce. El mismo sistema se usará en las aguas negras previo a su vuelco a la cloaca de la fábrica.

7.- Inversión y costos de construcción

Un análisis de costos de construcción al 2011 mostró que mientras este edificio construido de forma convencional tendría un costo de 470 euros/m², una versión con mayor nivel de aislamiento térmico que cumpliera la legislación y normas vigentes implicaría 634 euros/m². La opción MCH propuesta en este trabajo requeriría de 773 euros/m².

8.- Conclusión

En el presente no hay ningún edificio de baja energía construido en Argentina, para uso corriente y su materialización implicaría el acceso a la comunidad de formas de proyectación y construcción solo conocidas en países desarrollados. El proceso proyectual muestra la posibilidad de materializar edificios de baja energía a energía plus en países en vías de desarrollo, a costo razonable y con el conocimiento de profesionales, académicos y empresarios locales. Este trabajo mostró que la relación empresa - universidad permite generar propuestas innovadoras, independientemente de que sea en países centrales como periféricos. También permite anticipar un nuevo modelo de arquitectura internacional pero de menor impacto ambiental relativo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Empresa ISOVER Saint Gobain Argentina S.A., a su presidente el Lic Nestor Silva Gómez, al gerente de marketing Lic. Pablo Messineo y la Arq. Silvina Lopez Planté por la gran confianza depositada en el LayHS y la Universidad Nacional de La Plata. Además, a los estudiantes de grado y posgrado que integraron el equipo: Carolina Vagge, María Belén Salvetti, María Paz Diulio, María Natalia Alonso, Mariela Marsilese y María Gracia. Bianciotto.

REFERENCIAS

[1] Multi Comfort House ISOVER - [<http://www.isover.es/Multi-Comfort-House>]

[2] EnergyPlus - [<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>]

[3] MOP (1958). Pliego de bases y condiciones generales para la contratación de obras. Ley 6021 de Obras Públicas y Decreto Reglamentario 5488/59. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

[4] Czajkowski, Jorge; et al. (2003). Evaluación del comportamiento energético en viviendas urbanas auditadas en La Plata, Buenos Aires, Argentina. Anais ENCAC - COTEDI 2003, Curitiba, PR, Brasil. Pp 889.

[5] Vagge, Carolina y Czajkowski, Jorge. (2012) Impacto de la aplicación de la Ley 13059 de Eficiencia Energética en relación a la nueva Ordenanza de Usos del Suelo de la ciudad de La Plata y la Norma IRAM 11900 de Etiquetado de Edificios. Revista Ambiente Construido. Edit. ANTAC. Brasil. ISSN 1678-8621.

- [6] Salvetti, María Belén y Czajkowski, Jorge. (2011) Eficiencia energética en calefacción para edificios de oficinas. Propuesta de indicadores y valores admisibles. Actas ELECS 2011 Vitória ES. VI Encontro Nacional, IV Encontro Latinoamericano sobre Edificacoes e Comunidades Sustentáveis. ISBN 978-85-89478-39-7
- [7] Salvetti, M. B.; Czajkowski, J.; Gómez, A. (2010) Ahorro de energía en refrigeración de edificios para oficinas. Propuesta de indicadores de eficiencia y valores admisibles. Avances en energías renovables y medio ambiente. Edit. INENCO-UNSa, Salta. ISSN 0329-5184. Vol: 13, Tomo 1, 8 Pág.
- [8] Casa Eficiente UFSC (2009). [http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_IV_WEB.pdf]