

EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y SIMULACIÓN EN EDIFICIOS PÚBLICOS.

El caso de la ampliación del edificio de la FAUD-UNC.

Sofía Avalos¹, Gabriela Sanchez², María Lucía Calvo¹, Ornella Benvenuto, Roberto Tambussi², Mariana Pilar Gatani³

Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño - Universidad Nacional de Córdoba.
Av. Vélez Sarsfield 264, Tel. 54-351-4332096-Córdoba, Argentina. www.faudi.unc.edu.ar
mgatani@hotmail.com - gabysan7@hotmail.com - at.argavalos@gmail.com

¹ Becario doctoral CONICET. Adscripto de la Cátedra Instalaciones IB-FAUD-UNC.

² Profesor Investigador Facultad de Arquitectura Urbanismo y diseño. Universidad Nacional de Córdoba.

³ Investigador Independiente CONICET. Director proyecto SecyT-UNC.

Eje temático: 2. Construcción para un hábitat sustentable – Sub-área: 2.2.
Tecnologías y simulaciones constructivo-arquitectónicas para un hábitat sustentable

Palabras claves:

EFICIENCIA ENERGÉTICA, MONITOREO, ANALISIS DE ASOLEAMIENTO.

Resumen:

Este trabajo constituye un avance de una investigación en proceso, en el marco del proyecto “Evaluación energética de edificios institucionales. Simulaciones, monitoreo y cálculo de cargas térmicas, demandas y consumos”. El objetivo del proyecto es encontrar estrategias de optimización en la eficiencia energética de edificios de uso público para mejorar la calidad de vida de los usuarios. Para ello, se analiza la ampliación de la sede de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba (FAUD). El análisis comprende una evaluación del edificio en relación a aspectos de implantación, orientación, aspectos tecnológicos y funcionales. Se estudia su sistema constructivo y materiales. Se realiza un monitoreo de temperaturas interiores y exteriores y humedad relativa utilizando Hobos Data Logger ubicados en puntos estratégicos del edificio, para relevar su comportamiento en distintas estaciones del año. En este trabajo se da cuenta de las mediciones realizadas en verano y otoño, estableciendo gráficas comparativas que permitan evaluar la temperatura y humedad exterior e interior respectivamente. Por último, se comparan los resultados de monitoreo con una simulación del comportamiento del edificio realizada con los programas Ecotect Analysis para estudios cualitativos y cuantitativos de sombras y obstrucciones, exposición solar, acceso e incidencia solar y máscaras de sombras. Los resultados muestran el comportamiento del edificio en verano y otoño. El análisis del monitoreo del mes de enero arroja curvas de temperaturas superiores a las exteriores, dando cuenta de espacios muy calurosos, donde las envolventes acumulan el calor exterior y lo ceden al interior y lo conservan. En otoño la respuesta es similar pero las temperaturas exteriores son bajas, por lo que las curvas de temperatura interior se encuentran dentro de los valores de confort (entre 20 y 25 °C), en ambos casos las curvas interiores copian la trayectoria de la curva exterior de temperatura, con poco retardo térmico y poca amortiguación térmica en verano y media en otoño. El completo estudio del edificio con la metodología propuesta nos permitirá una evaluación completa cotejando mediciones reales con resultados de programas de simulación, plantear modelos de evaluación y estrategias de intervención.

INTRODUCCIÓN

Ante un contexto mundial de contaminación, impactos ambientales negativos y crisis energética, es necesario actuar bajo las premisas de eficiencia energética y eficiencia asignativa. La primera significa mantener o mejorar el nivel de satisfacción de los servicios energéticos disminuyendo el consumo de energía bruta, y la segunda lograr una mejor asignación de los recursos energéticos.

En la ciudad de Córdoba, Argentina, los edificios públicos representan un potencial de ahorro de energía equiparable en determinados casos al del sector comercial, que representó el 39,74% del consumo facturado en Córdoba durante el año 2010 (Ferrari y Frezzi, 2013), por lo que contribuir a su estudio y a la aplicación de metodologías para determinar el grado de eficiencia energética de dichos edificios resulta de actual importancia. En este contexto, los edificios que forman parte de la Universidad Nacional de Córdoba son espacios de uso intensivo, y presentan un amplio rango horario de ocupación diaria (de 7:00 a 23:00 hs.), por lo que las pautas de eficiencia y ahorro de energía se presentan como una necesidad ineludible. El edificio de la Facultad de Arquitectura de la UNC se incluye dentro de este tipo de espacios cuyo estudio puede posibilitar la mejora en términos de desempeño térmico.

ANTECEDENTES

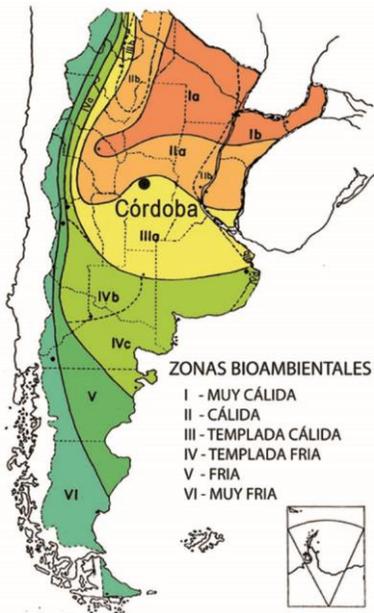
En Argentina durante las últimas décadas, se han incrementado las investigaciones relacionadas con eficiencia energética y el control térmico de los edificios institucionales destinados a la educación. De acuerdo a Filippin (2005), se han construido algunas escuelas que buscan integrar principios de respeto por el ambiente a los sitios pedagógicos, con el fin de reducir el impacto ambiental incursionando en estrategias de acondicionamiento climático que reduzcan la demanda de energía para calentar o refrescar edificios. Pueden encontrarse varios estudios de este tipo en diferentes regiones del país llevadas a cabo por especialistas en la temática: en La Pampa (Flores Larsen et al., 2002; Filippin, 2005), en Tucumán (Ledesma et al., 2003; Gonzalo et al., 2007), en Buenos Aires (Casabianca y Castellano, 2009; Schiller y Evans, 2005), en Corrientes (Bello et al., 2001), en Neuquén (Pedro, 2005) y en Salta (Flores Larsen, 2013). En el ámbito universitario podemos citar algunos estudios referidos a simulaciones: simulación térmica en una biblioteca en La Plata, y construcción de una doble envolvente ventilada, con resultados que tienden a cumplir con los valores admisibles de temperatura (Diulio, Santa Cruz y Gómez, 2010); simulación del edificio de la Facultad de Agronomía de La Pampa (Hernández et al., 1999); y simulación y monitoreo el edificio de la Facultad de Arquitectura de la UNNE en Chaco (Alias et al., 2011).

Córdoba es una región que ha sido poco estudiada en los aspectos relacionados con el desempeño energético de edificios institucionales, por lo que consideramos relevante la identificación de pautas de diseño ajustados para la construcción de este tipo de edificios en climas templados de la región centro del país. Por este motivo, se plantea como objetivo general del trabajo evaluar el comportamiento energético de una ampliación del edificio de la Facultad de Arquitectura de la FAUD-UNC, para propender a su mejora.

CLIMA DE CORDOBA

La ciudad de Córdoba (Lat.: 31°26' Sur) posee un clima templado moderado, con cuatro estaciones bien marcadas: cálida húmeda en verano y fría en invierno. Según la distinción de zonas bioambientales establecidas por la norma IRAM 11603, la ciudad de Córdoba se inscribe Zona IIIa: templada cálida. En esta zona se tienen inviernos relativamente

benignos, con veranos calurosos y amplitudes térmicas mayores que 14 °C. (IRAM 11603, 1996) (Fig.1).



	Anual	Enero	Julio
T° Máxima media	26 °C	34.1 °C	19.7 °C
T° Mínima media	11.9 °C	16.1 °C	3.5 °C
Temperatura absoluta mínima	-	-	-4.6 °C
Temperatura absoluta máxima	-	40.5 °C	-
Amplitud térmica	14.1 °C	18.0 °C	16.2 °C
Velocidad del viento media	11.5 km/h	10.3 km/h	10.9 km/h
Radiación global horizontal	16.0 Mj/m ² 4.5 Kw/m ²	21.7 Mj/m ² 6.3 Kw/m ²	9.4 Mj/m ² 2.6 Kw/m ²
Humedad relativa (%)	65 %	67 %	66 %
Calefacción grados –día (Tb = 20°C)	991	26 °C	26 °C

Fig. 1: Izq.: Mapa de las Zonas Bioambientales de la Rep. Argentina. Der: Datos climáticos de la ciudad de Córdoba. Fuente: IRAM 11.603

Los climas templados, con marcadas diferencias estacionales plantean problemas relativamente complejos: los veranos son calientes y los inviernos fríos, por lo tanto no se puede pensar en la envolvente como un problema uniforme, ya que la solución adecuada para una estación no resultaría adecuada para otra. En este caso se deben realizar estudios pormenorizados de las diferencias estacionales para diseñar las envolventes con diferentes roles de acuerdo a las necesidades específicas. Se observa que en los meses cálidos (diciembre, enero, febrero y en menor medida marzo) las temperaturas exteriores exceden el nivel de confort, y con humedad relativa media-alta. Se necesita sombra y movimiento de aire para reducir la sensación de calor bochornoso.

Los meses fríos (mayo, junio, julio, agosto) presentan bajas temperaturas y humedad relativa alta. Son necesarias estrategias de calentamiento, entre las que podemos incluir la ganancia directa y en algunos casos, los muros acumuladores.

Se deberá atender a las características estacionales, verificando que los recursos empleados en una situación no sean contraproducentes en la otra. En la estación cálida

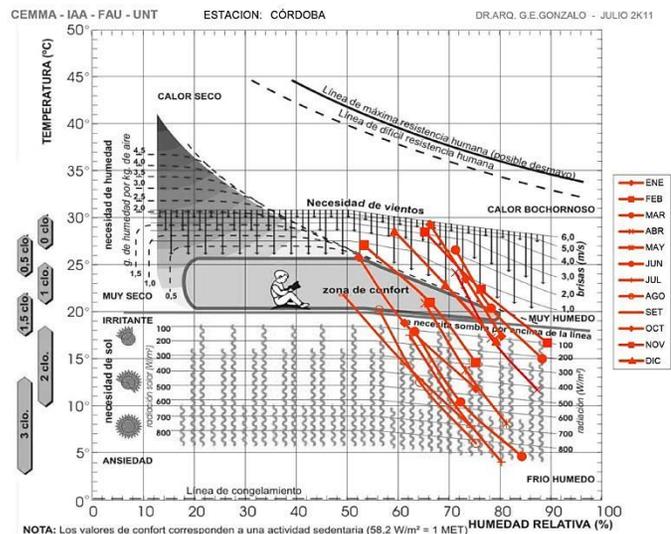


Fig. 2: Clima de Córdoba en el diagrama de Olgay.

las estrategias se basarán en evitar las ganancias térmicas, paliar los efectos de la alta humedad y no acrecentarla. En la estación fría la estrategia será facilitar las ganancias térmicas y evitar las pérdidas.

CASO DE ESTUDIO

El edificio ampliación de la sede de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba (FAUD) está destinado a alojar aulas-taller, biblioteca y aula de exposición, así como un núcleo sanitario y un área de expansión como terraza accesible. El programa se organiza en un volumen de forma rectangular con eje norte-sur y orientación este-oeste, en 3 niveles. La planta baja contiene una tira de 3 talleres y núcleo sanitario, ambos orientados al oeste, 8 boxes y el núcleo de circulación orientados al este (Fig. 3). En el primer piso se dispone la biblioteca, con orientación este, y en segundo piso un aula para exposición de tesis y acceso al área de expansión con orientación oeste (Fig.3). La superficie total del edificio es 2975,80 m² cubiertos.

El sistema constructivo utilizado se conforma en su totalidad por tabiques y vigas de hormigón armado a la vista, moldeados in-situ. Todos los muros exteriores son de 20cm de espesor de hormigón armado, sin aislaciones. Tanto las divisiones interiores entre locales como los cielorrasos fueron ejecutados con paneles de doble placa de yeso-cartón con perfilería metálica, sin aislación térmica ni acústica.

La fachada este del edificio está conformada por paños de vidrio completos de piso a techo protegidos con aleros horizontales y verticales. La carpintería de los talleres es de aluminio con DVH 3+3 con 12 mm de cámara de aire, mientras que la carpintería del taller de tesis es de aluminio con vidrio laminado float 3+3. Los paños de vidrio cuentan con una lámina plástica micro perforada, que sirve como tamiz de luz y protección visual. Sobre la fachada oeste, un talud deja semi-enterrados a los locales de planta baja, cuyas aberturas se protegen con una tira de parasoles de 3.00 m de altura.

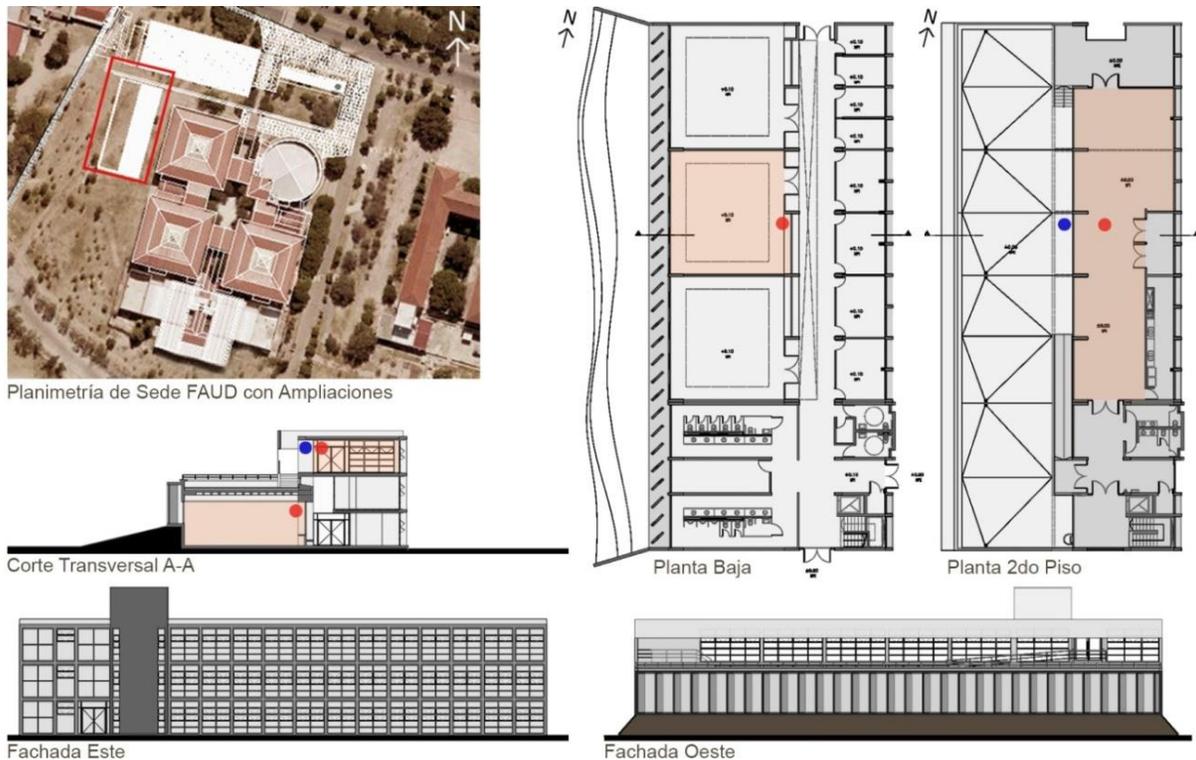


Fig. 3: Imágenes exteriores edificio Ampliación de la Facultad de Arquitectura, UNC.

Izq.: Fachada oeste, parasoles de hormigón visto; Der: fachada este, aleros verticales y horizontales.

METODOLOGIA

El presente trabajo se incluye dentro del proyecto “Evaluación energética de edificios institucionales. Simulaciones, monitoreo y cálculo de cargas térmicas, demandas y consumos”. La metodología planteada en el proyecto se resume en la tabla 1.

1 Caracterización climática Córdoba	Relevamiento de datos de temperatura máximas, mínimas y medias, humedad relativa, radiación, velocidad del viento.
2 Análisis del caso de estudio	Análisis de implantación del edificio, orientación, aspectos tecnológicos, constructivos y funcionales.
3 Análisis de asoleamiento	Simulación de la trayectoria solar para todos los días del año utilizando el programa Ecotect Analysis. Análisis de acceso solar, ingreso de radiación directa, sombras arrojadas y máscaras de sombra en cada abertura.
4 Monitoreo del edificio	Medición de temperatura y humedad relativa mediante sensores tipo HOBO data Logger.
5 Termografía	Auditoría para determinar puentes térmicos, pérdidas en las envolventes y el riesgo de condensación en paredes y techos. Se utilizará una cámara termográfica Testo.
6 Verificación a normas IRAM (11.601; 11.603 11.604; 11.605; 11.625; 11.630 11.659-1; 11.659-2)	Verificación de las condiciones higrotérmicas de los componentes de la envolvente: coeficiente de transmitancia térmica K ($W/m^2 \cdot K$), condensación superficial e intersticial, cálculo y verificación de la carga térmica anual Q .
7 Simulación del comportamiento térmico	Simulación del comportamiento mediante un modelo realizado con el software Design Builder. Calibración del modelo con los datos relevados del monitoreo.
8 Encuestas a Usuarios	Análisis del grado de satisfacción de los usuarios con el edificio y de la percepción de confort térmico.
9 Procesamiento de datos	Procesamiento de resultados y datos obtenidos en los diferentes análisis. Conclusiones finales.

Tabla 1: Metodología del proyecto. Etapas de análisis

En este trabajo se da cuenta de los avances realizados en el estudio del comportamiento de dos locales seleccionados dentro del edificio: un aula-taller ubicado en planta baja, llamado en adelante Taller 2, y el aula de exposición de tesis, ubicado en 2º piso, ambos con orientación oeste. Los dos locales fueron analizados en dos periodos: una semana del mes de enero y una semana del mes de mayo. En primer lugar, se avanzó en los análisis referentes al proyecto de arquitectura y pliegos de especificaciones técnicas. Se realizó un análisis de los sistemas tecnológicos-constructivos utilizados en los locales estudiados, teniendo como referencia la zonificación bioclimática propuesta por la norma IRAM 11603/96. En segundo lugar, se realizó un análisis de asoleamiento, determinando la posición e incidencia solar y el porcentaje de sombras de las ventanas de los locales estudiados utilizando el programa Ecotect Analysis. Por último, se realizó un monitoreo del comportamiento térmico de cada local en dos periodos, verano y otoño, utilizando sensores Hobos Data Logger. Luego se procesaron y analizaron los datos.

RESULTADOS

ESTUDIO ASOLEAMIENTO

La incidencia del asoleamiento depende de la ubicación del edificio con respecto a la trayectoria del sol. El estudio del ingreso de la radiación solar en los locales analizados se realizó utilizando el programa Ecotect Analysis. El mismo permite simular la trayectoria solar correspondiente a la ciudad de Córdoba para todos los días del año, visualizar las

sombras arrojadas y extraer gráficos de máscaras de sombra para cada una de las aberturas del edificio. Además, el programa arroja datos de la cantidad de radiación que ingresa en cada ventana, ángulos de altura solar y azimut.

En la Fig. 4 se observa el recorrido solar y las sombras arrojadas para dos días particulares del año incluidos en los períodos en los que se realizó el monitoreo. El gráfico de la izquierda corresponde al día 10/01 y el de la derecha corresponde al día 10/05, ambos a las 15:00 horas.

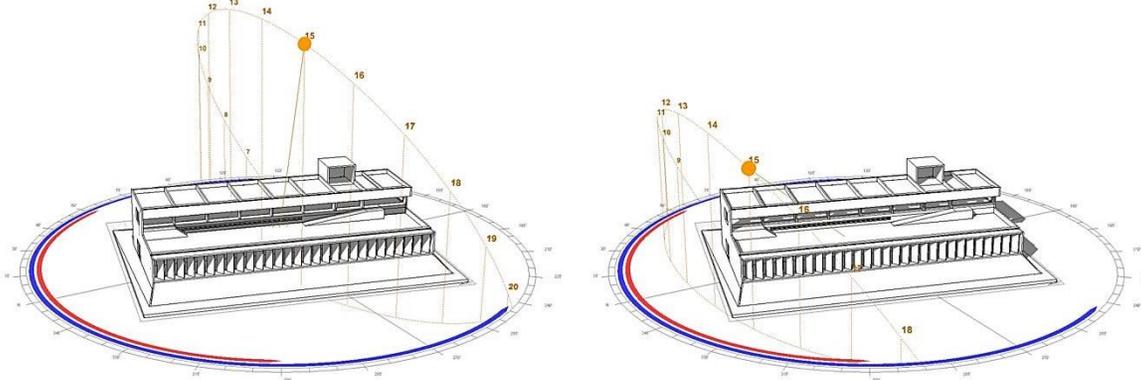


Fig. 4: Gráficos de asoleamiento para la localidad de Córdoba, Argentina. Der: Posición solar 10 de enero, 15:00hs – Izq.: Posición solar para el 10 de Mayo, 15:00hs

Se puede observar, que en ambos casos los parasoles verticales de planta baja obstaculizan el ingreso de la radiación directa al taller 2 PB. Mientras que el alero vertical de hormigón sobre las aberturas del aula de tesis reduce también el ingreso de la radiación solar directa, pero no es tan efectivo debido a la orientación oeste de la abertura.

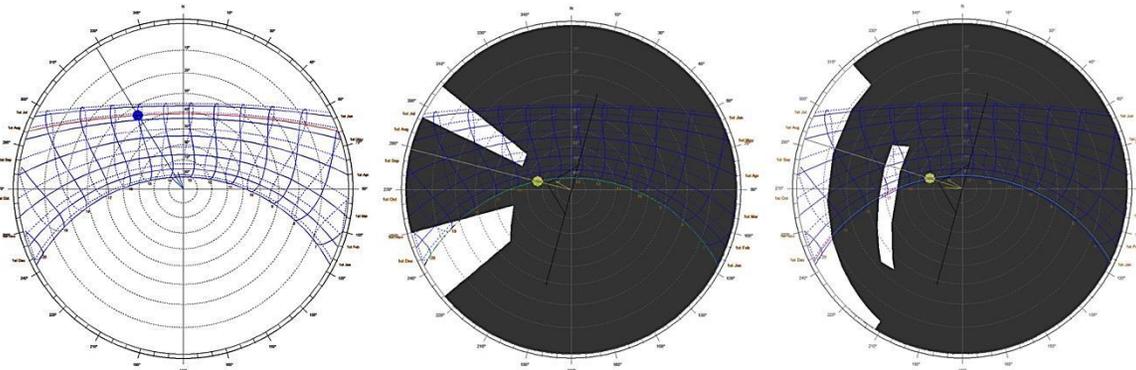


Fig. 5: Análisis de asoleamiento; Izq.: carta solar correspondiente a la ciudad de Córdoba; Centro: máscara de sombra de la abertura oeste del Taller PB; Der: Máscara de sombra de la abertura oeste del taller PA.

De las máscaras de sombra se observa que en el Taller 2 PB, la incidencia de radiación directa es continua entre los meses de Marzo a Octubre, siendo aproximadamente 1hs cerca a los equinoccios y ampliándose en los meses de invierno, llegando a ser de aproximadamente 1,30hs en Junio, desde las 17 hasta que se oculta el sol. Además, se observa una pequeña ventana solar sobre las últimas horas de la tarde en los meses de verano entre Noviembre y Febrero, que llega a su máxima magnitud de casi 2 horas en los días cercanos al solsticio de verano.

En el taller de planta alta, existe una ventana solar que se mantiene todo al año a última hora de la tarde hasta la puesta del sol. Esto corresponde siempre a una altura del sol

menor a 10°. De manera que en invierno recibe radiación a partir de las 17:30hs aprox. mientras que en el verano se extiende hasta las 19:30hs. Además, se observa una pequeña ventana solar de alrededor de 1hs en los meses de Octubre a Marzo, a las 16hs para los días cercanos a los equinoccios y un poco más tarde, a las 17hs para el solsticio de verano.

MONITOREO

El presente artículo presenta los resultados del monitoreo realizado en enero y mayo. En enero se tomaron datos del edificio cerrado y sin actividad mientras que en mayo se tomaron datos en condiciones normales de uso. Se colocaron 3 sensores Hobos Data Logger para medir datos de temperatura (°C) y humedad relativa (%). En el interior, en un taller en planta baja y en planta alta; en el exterior en galería en planta alta (ver figura 3). Las mediciones permiten comparar el comportamiento del edificio en relación a las condiciones exteriores.

Resultados periodo enero 2016: semana del 08/01 al 14/01

Local	Fecha	Temp. Media	Temp. Max.	Temp. Min.	Hum. media	Hum. Máx.	Hum. Min.
Exterior	08/01 - 14/01	27,32 °C	38,04 °C	22,33 °C	56,47 %	77,77 %	28,78 %
Taller 2 PB	08/01 - 14/01	28,80 °C	31,98 °C	27,86 °C	51,63 %	63,00 %	49,06 %
Taller PA	08/01 - 14/01	30,68 °C	33,43 °C	27,67 °C	49,50 %	60,64 %	39,88 %

Tabla 2: resultados del monitoreo semana 08 al 14 de enero: exterior, taller PB y taller PA.

La tabla 2 resume los datos registrados por los hobos. La temperatura máxima exterior monitoreada fue de 38,05°C el día 14 de enero a las 16:30 horas y la menor temperatura de 22,33°C el 08 a las 2:00 a.m. Mientras que la mayor temperatura interior (33,43°C) fue registrada en el taller planta alta, y la menor temperatura (27,67°C) en el taller de planta baja.

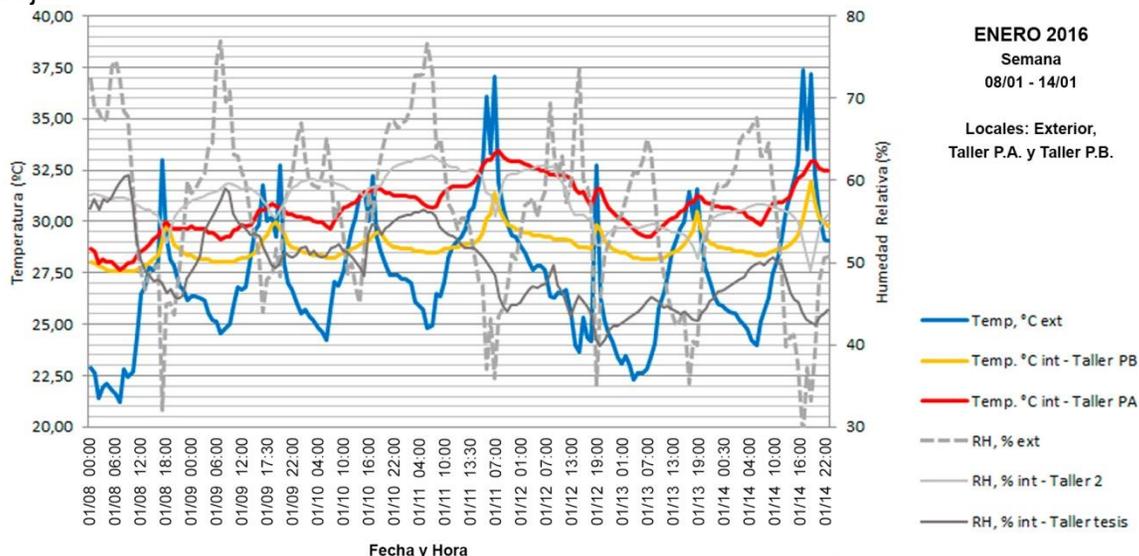


Figura 6: Curvas con datos obtenidos del monitoreo con Hobos Data Logger para el taller PB y taller PA – Temperatura (°C) y Humedad relativa (%) (Enero 2016, semana 08/01 – 14/01)

En la figura 6 se muestran las mediciones realizadas durante la semana. Es posible observar que los espacios interiores fluctúan a la par de las condiciones externas. Las

temperaturas máximas exteriores registradas se presentan entre las 17:00 y 18:00 horas, mientras que en los locales interiores entre las 18:00 y 19:00. Estos resultados muestran un retardo promedio de 1 hora, reflejando poca capacidad de conservación de la energía en las envolventes. Las temperaturas del taller planta alta se encuentran por sobre las temperaturas medias exteriores, y presentan relativamente poca variación diaria, lo cual indica que el local no pierde calor durante la noche. Esto parece estar relacionado a la condición de falta de uso del edificio, con la consecuente inexistencia de accionamiento de sistemas de ventilación.

Con respecto a la diferencia de temperatura interior y exterior, el taller planta baja presenta una mayor amortiguación térmica siendo de 3°C, mientras que para el taller de planta alta esta valor es de 1,98°C. Las temperaturas son mayores en el taller de planta alta, lo que puede estar condicionado por la cantidad de superficie vidriada presente en su fachada oeste y la cubierta expuesta. Los resultados muestran altos valores de temperatura interior, poca amortiguación térmica y escaso retardo.

Resultados periodo mayo 2016: semana del 03/05 al 09/05

En mayo, las mediciones fueron realizadas en un periodo de actividad normal, siendo el horario de uso del edificio desde las 08:00 hasta las 23:00 horas, con movimiento constante de personas. El edificio cuenta con un sistema de calefacción central pero el mismo no se encontraba en uso durante la semana relevada.

Local	Fecha	Temp. media	Temp. Max.	Temp. Min.	Hum. media	Hum. Max.	Hum. Min
Exterior	03/05 - 09/05	15,47 °C	19,81 °C	12,16 °C	66,06 %	89,2 %	44,5 %
Taller 2 PB	03/05 - 09/05	20,12 °C	25,61 °C	15,28 °C	59,29 %	68,05 %	48,17 %
Taller PA	03/05 - 09/05	19,40 °C	24,44 °C	15,28 °C	60,50 %	71,36 %	44,25 %

Tabla 3: resultados del comportamiento térmico: exterior, taller PA y taller PB.

La temperatura máxima exterior detectada fue de 19,81°C el día 05 de mayo a las 16:00 horas, mientras que la menor temperatura fue de 12,16°C el mismo día a las 10:00 a.m. La mayor temperatura interior (25,61°C) se registró en el taller PB, y la menor temperatura (15,28°C) en ambos talleres por igual.

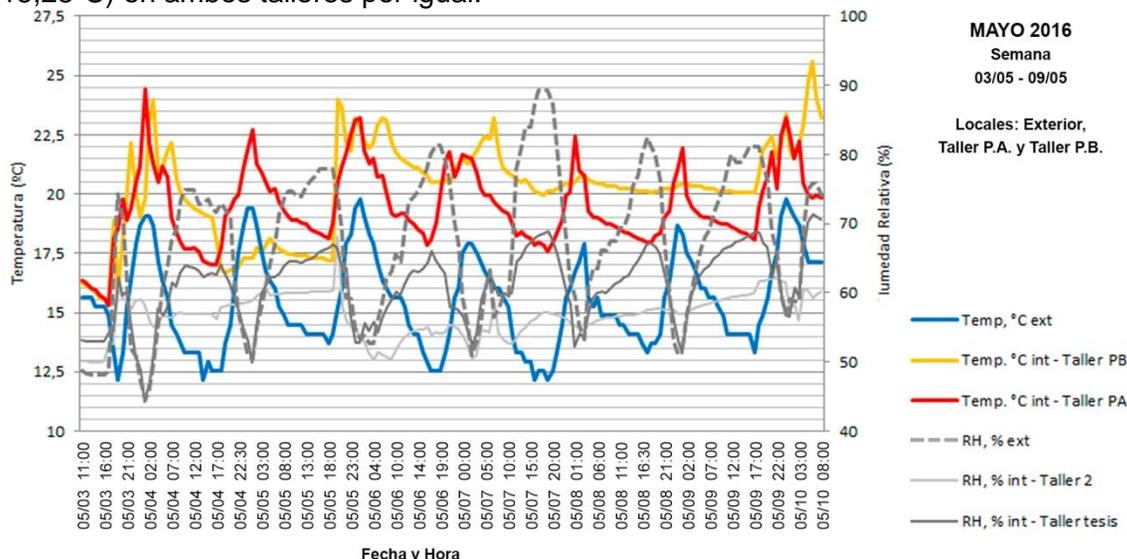


Figura 7: Curvas con datos obtenidos del monitoreo con Hobos Data Logger para el taller PA y taller PB – Temperatura (°C) y Humedad relativa (%) (Mayo 2016- semana 03/05 – 09/05)

En la figura 7 se muestran las mediciones realizadas durante la semana del 03 al 09 de mayo. Los espacios interiores en el taller de tesis PA fluctúan a la par de las condiciones externas, mientras que en el taller PB se detectan algunas variaciones. Las temperaturas máximas exteriores registradas se detectaron entre las 14:00 y 17:00 horas, mientras que en los locales interiores entre las 15:00 y 18:00. Estos resultados muestran un retardo promedio de media hora para el taller PA y dos horas para el taller PB.

A diferencia de los resultados obtenidos en enero, tanto las temperaturas del taller PA, como las del taller PB están por sobre las temperaturas exteriores. El primero, presenta una curva de temperatura parecida a la exterior demostrando un comportamiento similar, con una amortiguación promedio de 3,95 °C. Mientras que el taller PB, muestra variaciones en la curva de temperatura, con una amortiguación promedio de 3,40 °C. Consideramos que esta diferencia, en relación a enero, puede estar relacionada al régimen de uso del edificio.

En general, las temperaturas son mayores en el taller PB, lo que puede estar condicionado por la cantidad de personas y frecuencia en que se utiliza el espacio y condiciones de envolventes. Mientras que el taller PA tiene mayor superficie de exposición al exterior, razón por la cual en este último la curva de variación de temperatura se comporta de manera similar al exterior con una amortiguación de casi 4°C.

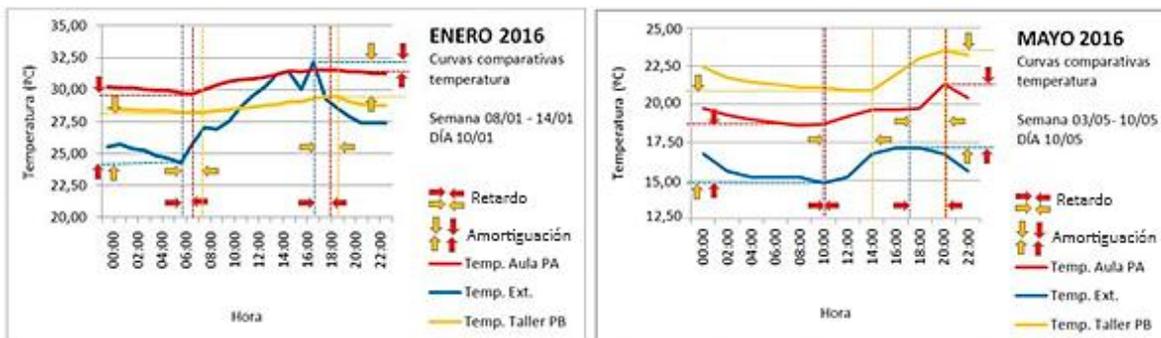


Figura 8: Curvas de análisis de retardo y amortiguación para el taller PA y taller PB – Temperatura (°C) (10/01 Y 10/05 de 2016).

Las curvas de temperatura interiores en verano se mantuvieron siempre por encima de la curva de temperatura exterior, presentando una diferencia de hasta 6 °C y sin variaciones diarias, mientras que la exterior sí varía notablemente entre el día y la noche (8 °C). En invierno las curvas de temperatura interiores se encuentran siempre por encima de la curva exterior pero copiando su trayectoria, sin presentar un retardo térmico considerable.

CONCLUSIONES

Las características constructivas definen el edificio como construcción de espacios interiores con mucha constancia térmica, atribuible a la inercia de la masa edificada que no puede disipar el aporte diurno, fundamentalmente vespertino, de la envolvente exterior.

Si bien Córdoba tiene veranos muy calurosos, particularmente este final de diciembre y enero presentaron temperaturas superiores a los 30 °C, llegando a picos de 37,5 °C. La situación de elevada masa térmica y vidrio de alta transmitancia se vio agravada al permanecer el edificio cerrado, manteniendo en su interior las temperaturas muy altas y sin variación en contraposición al exterior. Las estrategias fundamentales para el verano en Córdoba son sombreado para no acumular calor en las envolventes expuestas y ventilación, las cuales no se contemplaron al momento de la toma de datos.

Comparativamente, este invierno las temperaturas medias registradas en estos meses otoñales fueron hasta 4 °C inferiores en relación a los últimos datos históricos. Frente a este panorama el edificio se comportó eficientemente, ya que las curvas interiores presentaron si bien poco retardo, una amortiguación media, con una curva con valores entre 20 y 25 °C encuadrada dentro de la zona de confort. Sin embargo, en el caso de registros de temperaturas exteriores más altas, las temperaturas interiores registrarían valores sobre-elevados. Los talleres, además presentan un uso intensivo con gran cantidad de usuarios y computadoras. El hecho de que la curva copie el comportamiento del exterior está evidenciando la escasa capacidad de retardo de la envolvente, sin responder a las estrategias para Córdoba, que es de propiciar el retardo térmico por la gran amplitud de temperaturas diarias.

Finalmente se puede decir que el edificio presenta condiciones de diseño diferentes para cada taller analizado. El taller de planta baja tiene un comportamiento más favorable que el de planta alta, por encontrarse semi-enterrado y con protecciones solares, a pesar de tener una gran masa térmica radiante. El taller de planta alta demuestra un comportamiento más desfavorable, ya que posee grandes superficies vidriadas hacia una orientación poco recomendada por las normas IRAM, como es la oeste.

BIBLIOGRAFIA

- Alías, H., Jacobo, G., Coronel Gareca, C., Martina, P., Corace, J., & Gallipoliti, V. (2011). Simulaciones del desempeño térmico de aulas de la Facultad de Arquitectura de la UNNE y contrastación con mediciones en días de invierno. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol 15*, pp. 05.37-05.45.
- Bello, C., Buzzo, A., Vera, L., & Cadena, C. (2011). Demanda energética de una escuela rural equipada con un sistema fotovoltaico autónomo: un caso de estudio en la Provincia de Corrientes. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol 15*, pp. 04.59-04.64.
- Casabianca, G., & Castellano, J. (2009). Evaluación de características térmicas de dos escuelas ubicadas en Alte. Brown, Prov. de Buenos Aires utilizando programas sencillos desarrollados en el CIHE. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol 13*, pp.05.09-05.16.
- Diulio, M., García Santa Cruz, M., & Gómez, A. (2010). Simulación numérica del funcionamiento de doble envolvente ventilada en la refuncionalización de la biblioteca de la sala de instrumentos musicales Dr. Emilio Azzarini. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol 14*, pp. 08.167-08.184.
- Ferrari, C., & Frezzi, P. (2013). Modelo de crecimiento del sistema eléctrico de la Provincia de Córdoba. Período 2010-2040. En S. Devalis, *Matriz de recursos energéticos de la Provincia de Córdoba* (págs. 15-53). Córdoba, Argentina: Copiar editora.
- Fillippín, C. (2005). *Uso eficiente de la energía en edificios*. (1° ed.). La Pampa, Argentina: Amerindia.
- Flores Larsen, S., Filippín, C., & Lesino, G. (2002). Análisis de la performance de ductos enterrados de una escuela de EGB3 en Catrilo, La Pampa. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol 6*, pp. 08.103-08.107.
- Gonzalo, G., Quiñones, G., Llabra, C., & Marquez Vega, G. (2007). Evaluación del comportamiento térmico y propuestas de mejora para una escuela en Hualinchay, Tucumán. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol 11*, pp. 05.105-05.112.
- Hernandez, A., Flores Larsen, S., Salvo, N., & Lesino, G. (1999). Simulación no estacionaria mediante Simedif del ala oeste del edificio de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*.
- IRAM 11603. (1996). *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina*. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- Ledesma, S., Gonzalo, E., Nota, V., Cisterna, S., Quiñones, G., Marquez Vega, G., y otros. (2007). Estudios Ambientales en aulas de escuelas públicas en San Miguel de Tucumán. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol 7*, pp. 05.19-05.24.
- Pedro, G. (2005). Estudio comparativo de sistemas fotovoltaicos y grupos electrógenos en escuelas rurales. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol 9*, pp. 04.37-04.42.