



## **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS ENVOLVENTES LATERALES DE HORMIGÓN Y VIDRIO EN EDIFICIOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA, ARGENTINA. ESTUDIO DE CASO.**

**Viviana Riondet (1); Alicia Rivoira(2)**

(1) Arquitecta. Esp. En Docencia Universitaria, Prof. Titular. rionlamb@onenet.com.ar.

(2) Arquitecta. Esp. En Tecnología Arquitectónica. Prof. Adjunto. arqaliciarivoira@yahoo.com.ar

(1) (2) Universidad Nacional de Córdoba. Especialización en Tecnología Arquitectónica, Grupo de Investigación en Eficiencia Energética de Edificios. Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de Córdoba. Vélez Sarsfield 264. Córdoba. Argentina.

### **RESUMEN:**

En los últimos trece años, la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, (UNC), ha ejecutado casi la totalidad de sus obras con envolventes laterales de hormigón armado in situ y vidrio simple. La imagen de la tecnología usada se ha transformado en un sello de la Universidad, con las consecuencias que ello implica hacia el interior de la misma y hacia la sociedad en general. En el primer caso, por las condiciones de confort que brinda a los usuarios, los costos de ejecución y aquellos generados durante su vida útil, así como y el impacto ambiental provocado; en el segundo, por la importancia de la institución en la sociedad, su acción modélica y su responsabilidad de formación de gestores, diseñadores y constructores del hábitat. Se ha evaluado el comportamiento higrotérmico de envolventes laterales de hormigón armado y vidrio de la Facultad de Lenguas, como representativo de los edificios universitarios mediante normas IRAM de confort vigentes en Argentina, se monitoreó el edificio registrándose datos de temperatura y humedad relativa en verano e invierno y se ha realizado una evaluación subjetiva del confort mediante encuestas a los usuarios. Los resultados obtenidos, demuestran que las envolventes analizadas no permiten lograr el confort higrotérmico. Se proponen mejoras en edificaciones existentes y en procesos futuros.

Palabras clave: Envolvente lateral, hormigón, vidrio, comportamiento hidrotérmico, eficiencia energética.

In the last thirteen years, the National University of Cordoba, Argentina, (UNC), has executed nearly all of their buildings using reinforced concrete and one layer glasses building's skin. The image of this technology has become a hallmark of the University, with the attendant consequences to its interior and to society in general. In the first case, by the conditions of comfort provided to users, construction costs and those generated during its lifetime, as well as the environmental impact caused and, in the second, by the importance of the institution in society, his exemplary action and responsibility of training of managers, designers and builders of the habitat. The reinforced concrete skin and one layer glass hydrothermal behavior was evaluated in the School of Languages, as representative of the university buildings, according to IRAM confort standards in Argentina, the building was monitored recording temperature and relative humidity in summer and winter data and a subjective assessment of comfort has been performed through user surveys. The obtained results show that the skins do not allow achieving analyzed hydrothermal comfort. Improvements to existing buildings and future were proposed.

Words: Wall, reinforced concrete, glasses, hydrothermal confort, energetic effectiveness.

## 1. INTRODUCCIÓN.

La Ciudad Universitaria es un predio de 1.115 hectáreas ubicado en el sector suroeste de la Ciudad de Córdoba, República Argentina donde se encuentran la mayoría de las Facultades de la Universidad Nacional de Córdoba. En los últimos años, Planeamiento Universitario, el órgano competente ha ejecutado casi la totalidad de sus obras, con envolventes laterales de hormigón armado in situ y vidrio simple.



La imagen de la tecnología usada se ha transformado en un sello de la Universidad, con las consecuencias que ello implica hacia el interior de la misma y hacia la sociedad en general.

En el primer caso, por las condiciones de confort que brinda a los usuarios, los costos de ejecución y aquellos generados durante su vida útil, así como y el impacto ambiental provocado. En el segundo, por la importancia de la institución en la sociedad, su acción modélica y su responsabilidad de formación de gestores, diseñadores y constructores del hábitat. De hecho, esta propuesta de resolver la estructura y el acondicionamiento a través de pantallas de hormigón, sin otro agregado, ha trascendido la universidad y se usa en otros tipos de edificios, aún de viviendas. La tipología constructiva se ha internalizado de tal manera que sigue repitiéndose aún cuando las obras son por concurso público. Éste es el caso de la Facultad de Lenguas.

Esta situación llevó al grupo EEE (Eficiencia Energética en Edificios) a evaluar este tipo de envolventes laterales con el fin de generar un debate al respecto y de continuar su uso, sugerir mejoras. Este trabajo se enmarca en evaluaciones de edificios educacionales y viviendas promovidas por el estado, organizada en períodos históricos predeterminados según políticas públicas de diferentes gobiernos nacionales y provinciales.

Se consideraron antecedentes nacionales e internacionales. En Argentina se consideró el análisis del comportamiento higrotérmico de instituciones educacionales de los centros de investigación de Facultades de Arquitectura de Universidades Nacionales tales como la de Buenos Aires, La Plata, Tucumán y Salta. En Córdoba, el Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas (CIAL), y el Grupo de Eficiencia Energética en Edificios de FAUD, Universidad Nacional de Córdoba poseen investigaciones sobre el tema.

En general, en la revisión bibliográfica se detectó que gran parte de los establecimientos educacionales estudiados en Argentina, no cumplen con las condiciones de transmitancia térmica y en muchos casos presentan riesgo de condensación. Si bien existe una experiencia vasta en evaluaciones de los intercambios energéticos de las envolventes, no se encontraron trabajos en el ámbito nacional, que concretamente evalúen el comportamiento higrotérmico edificios educacionales realizados exclusivamente en hormigón armado y vidrio.

## 3. OBJETIVO

Evaluar el comportamiento higrotérmico de envolventes laterales de hormigón armado y vidrio en el clima de Córdoba y su incidencia en el confort interior.

## 4. MÉTODO

En el marco de esta investigación se ha optado por las metodologías de evaluación establecidas por las Normas IRAM. El IRAM es el Instituto Argentino de Normalización y Certificación que fue reconocido como Organismo Nacional de Normalización por sucesivas legislaciones nacionales. En el año 1994 fue ratificado en su función por el Decreto PEN N° 1474/94, en el marco del Sistema Nacional de Normas, Calidad y Certificación.

El trabajo contempla las siguientes etapas:

- 1.- Relevamiento y presentación del edificio.
- 2.- Datos relevantes del clima de Córdoba, Argentina. Clasificación climática según norma IRAM 11603:1996. Datos aportados por el Servicio Meteorológico Nacional Argentino.

### 3.- Evaluación del comportamiento ambiental.

- Etiquetado energético del edificio. Aplicación de la metodología especificada en Norma IRAM 11900:2010, Etiqueta de Eficiencia Energética para calefacción de edificios. A partir del cálculo de la transmitancia térmica de las envolventes (no se incluyen los pisos en contacto con el suelo) y del T (tau), (variación media ponderada de temperatura entre la superficie interior de la envolvente y la temperatura interior de diseño 20°C para invierno), la Norma establece 8 niveles de Eficiencia Energética de la envolvente, desde el Nivel A, (más eficiente) hasta el Nivel H (menos eficiente). El valor de T, “está directamente relacionado con las características térmicas de los materiales que forma la envolvente del edificio y a su superficie.” ( $K$ = transmitancia térmica,  $S$ =superficie,  $\Delta_t$ = diferencia de temperatura interior/exterior.)
- Verificación del riesgo de condensación. Utilización de Programa para el cálculo de transmitancia térmica del Centro de Estudios Energía y Medio Ambiente - IAA - FAU – UNT, según Norma IRAM 11625.
- Evaluación del costo beneficio en relación al confort. Cómputo y presupuesto con datos Colegio de Arquitectos de Córdoba, en relación a la transmitancia lograda (Normas IRAM)
- Estimación de la demanda energética para el logro del confort. Aplicación de las Normas IRAM 11604, Acondicionamiento Térmico de Edificios. Ahorro de Energía en Calefacción. Coeficiente Volumétrico G de pérdidas de calor y la Norma 11659 Ahorro de Energía en Refrigeración.
- Estimación de CO<sub>2</sub> según consumo energético actual del edificio, considerando seis lecturas consecutivas y según matriz energética de la República Argentina.
- Mediciones de temperatura y humedad relativa en aulas tipo, según orientaciones. Comparación con las condiciones exteriores. Se utilizaron Datta Logger de Temperatura y Humedad Relativa marca Az, Modelo 8829. Los datos de temperatura y Humedad Relativas fueron suministrados por la Estación Meteorológica de FAMAFA, UNC. Los equipos de adquisición de datos fueron programados cada 15 minutos y se colocaron en las aulas a una altura de 2.00 m. Las mediciones se tomaron durante el mes de Enero de 2010 y Julio de 2010, períodos de receso de la Facultad, por razones de seguridad de los equipos. Por realizarse las mediciones en este período, encontrándose la Facultad sin alumnos, no presenta ganancias internas y se encuentra cerrada, aspecto que se debe tener en cuenta al valorar los resultados. La temperatura considerada como de Confort es la fijada por la Norma IRAM 11900 (20°C).
- Determinación geométrica del asoleamiento.
- Relevamiento de la situación de iluminación natural de las aulas. Se realiza el método instrumental de verificación de niveles de iluminación en situación real. Para la medición se utiliza un luxómetro digital Lux Meter, rango 200 y 2000 luxes, siguiendo el método “punto por punto” sobre plano de trabajo (altura: 0,85m desde nivel de piso).
- Los usuarios y la sensación de confort. La cantidad de usuarios al momento de la encuesta eran: 200 docentes, 44 no docentes y 5367 alumnos. Se consideró una muestra aleatoria con selección sistemática en forma proporcional al tamaño poblacional. La muestra fue de 25 docentes, 11 no docentes y 134 alumnos.
  - 4.- Análisis y evaluación de resultados.
  - 5.- Conclusiones.
  - 6.- Propuestas.

No se presentan todos los ítems evaluados dada la extensión determinada para la presente.

### Relevamiento y presentación del edificio.

Facultad de Lenguas. Universidad Nacional de Córdoba. Ciudad Universitaria. Córdoba. Argentina.

Datos Generales	
Ciudad.	Córdoba
Latitud. Longitud. Altura / nivel del mar	31°26'13'' - 64°11'13'' - 438 m s/nmar.
Zona Bioambiental	IIIA - Templado Cálida.
Uso del edificio.	Docencia y Administración.
Año de Proyecto – Año de Ejecución.	2004 - 2005
Forma del edificio.	Rectangular. Eje longitudinal Este – Oeste.
Altura.	Máxima 12.25 m. Mínima 10.18 m. 3 plantas.
Sup. Construida total.	3030 m <sup>2</sup> .
Volumen total.	9090 m <sup>3</sup> .
Indicadores de Eficiencia Energética.	
Área total envolvente lateral opaca Norte	227.93 m <sup>2</sup> .

Área total envolvente lateral vidriada Norte	372.63 m <sup>2</sup>
Protecciones.	Cortinas interiores oscuras. Exterior no posee.
Área total envolvente lateral opaca Sur	505.92 m <sup>2</sup> .
Área total envolvente lateral vidriada Sur	160.28 m <sup>2</sup>
Protecciones.	Cortinas interiores oscuras. Exterior no posee.
Área total envolvente lateral opaca Oeste	185.37 m <sup>2</sup> .
Área total envolvente lateral vidriada Oeste	55.55 m <sup>2</sup>
Protecciones.	Sin protección



Figura 1 - Vistas Norte, Sur y Oeste. Facultad de Lenguas. UNC.

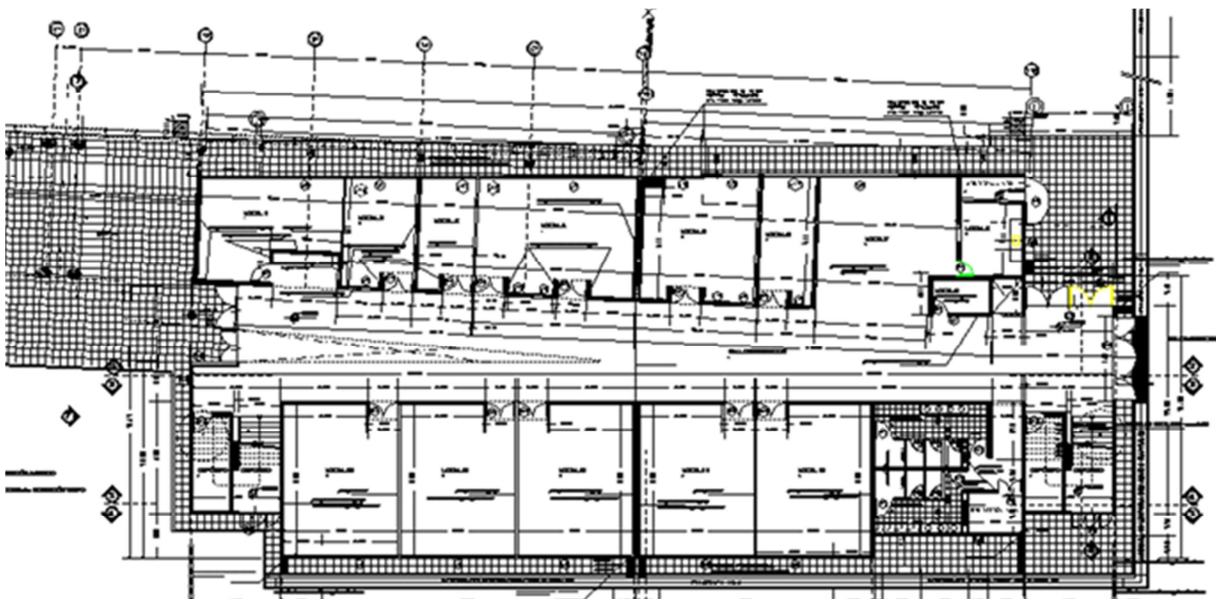


Figura 2 - Planta Baja. Facultad de Lenguas. UNC.

Los tipos de envolvente según orientación son:

<b>Área total envolvente lateral opaca Norte</b> - Tabique de H° A°, cámara de aire sin ventilar y tabique interior de yeso cartón. - Tabique de H° A° a la vista. - Tabique de H° A°, mortero de asiento y pórfido. - Revestimiento interior de medio bloque cementicio, tabique de H° A°, mortero de asiento y revestimiento exterior de pórfido.	227.93 m <sup>2</sup> .
Área total envolvente lateral vidriada Norte	372.63 m <sup>2</sup>
<b>Área total envolvente lateral opaca Sur</b> - Tabique de H° A°, cámara de aire sin ventilar y tabique interior de yeso cartón. - Tabique de H° A°, mortero de asiento y pórfido	505.92 m <sup>2</sup> .
Área total envolvente lateral vidriada Sur	160.28 m <sup>2</sup>
<b>Área total envolvente lateral opaca Oeste</b> - Tabique de H° A° a la vista. - Bloque cerámico con revoque interior y revestimiento exterior de pórfido.	185.37 m <sup>2</sup> .
Área total envolvente lateral vidriada Oeste	55.55 m <sup>2</sup>
<b>Área total envolvente lateral opaca Este</b> - Tabique de H° A° a la vista. - Bloque cementicio a la vista.	
Área total envolvente lateral vidriada	17,23 m <sup>2</sup>



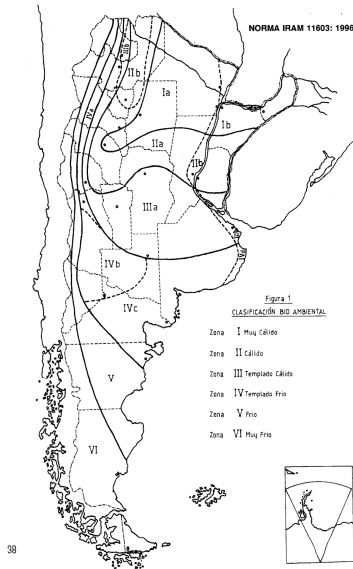
El coeficiente de transparencia es “la relación entre la superficie vidriada ( $S_v$ ) del edificio y la superficie total o global ( $S_G$ ) de este.” (Serra Florensa, Coach Roura, 2005:256) Se expresa:

$$tr = \frac{S_v}{S_G}$$

$$tr = \frac{S_v}{S_G} = \frac{605,69 \text{ m}^2}{1726,16 \text{ m}^2} = 0.35$$

Edificio de la Facultad de Lenguas, el coeficiente de transparencia de la envolvente lateral: 35%.

### Clima de Córdoba, Argentina.



Según la Clasificación Bioambiental de la República Argentina (norma IRAM 11603:1996), Córdoba se encuentra en la Zona IIIa cuyas características son:

#### 4.4.3 Zona III: templada cálida

4.4.3.2 Los veranos son relativamente calurosos y presentan temperaturas medias comprendidas entre 20 °C y 26 °C, con máximas medias mayores que 30°C, sólo en la faja de extensión Este-Oeste.

4.4.3.3 El invierno no es muy frío y presenta valores medios de temperatura comprendidos entre 8°C y 12°C, y valores mínimos que rara vez son menores que 0 °C.

4.4.3.4 Las presiones parciales de vapor de agua son bajas durante todo el año, con valores máximos en verano que no superan, en promedio, los 1 870 Pa (14 mm Hg).

Esta zona se subdivide en dos subzonas: a y b, en función de las amplitudes térmicas. Subzona IIIa: amplitudes térmicas mayores que 14 °C.

Figura 3 – Zonas Bioambientales Rep. Argentina. Norma IRAM 11603.

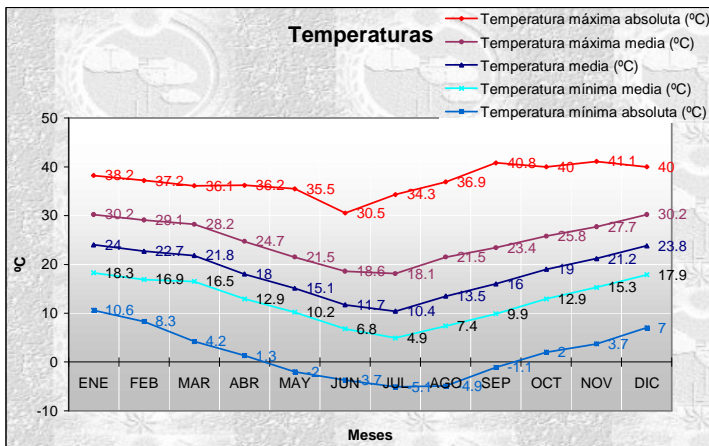


Figura 4 – Datos de Temperatura anual. (Fuente: Estación Córdoba. Observatorio. (1991-2000)

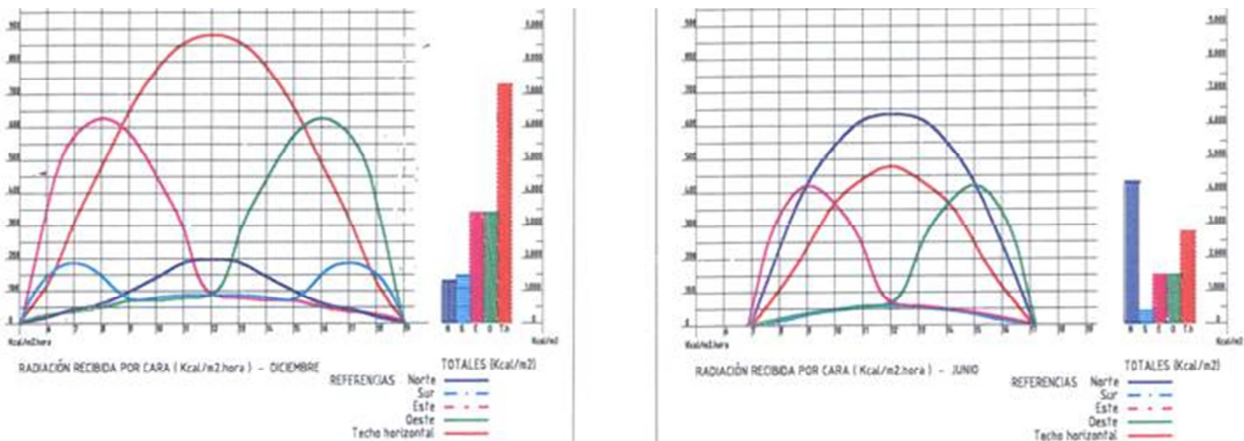


Figura 5- Radiación Global sobre plano horizontal y verticales. Fuente: CIAL – UNC.

El clima de Córdoba posee estaciones marcadas, cálidas y frías.

Estación cálida: En el período cálido (considerando Diciembre, Enero y Febrero) las temperaturas medias oscilan entre 19,8°C (mínima media) y 25,9°C (máxima media). La humedad se mantiene alta y la estación cálida corresponde a la época de lluvias.

En cuanto al asoleamiento, el plano horizontal recibe significativamente más energía, seguidas por las fachadas Este y Oeste. Los días claros 43,66% en agosto, situación que favorece al aprovechamiento solar. En diciembre contamos con una heliofanía relativa alta, 66,9 %.

Los meses cálidos poseen un bajo porcentaje de días con vientos fuertes, entre el 16% y el 24%. La frecuencia que notoriamente se destaca es la NE, son vientos cálidos.

Estación fría: En el período frío (considerando Junio, Julio y Agosto) las temperaturas media oscilan entre 7,7°C (mínima media) y 14,9°C (máxima media). La humedad es baja y las lluvias son casi inexistentes.

En cuanto al asoleamiento la orientación Norte es la fachada que significativamente recibe más energía, seguida por el plano horizontal. La fachada Sur no recibe energía. Los días claros, donde el aprovechamiento es óptimo, son el 27,66% en junio y 40,66% en julio. Considerando los meses de temperaturas bajas, contamos con una heliofanía relativa alta en ellos, principalmente en julio con un 63,3 % y en agosto con 60,9 %, lo que facilita la ganancia energética.

En los meses fríos hay alrededor de un 20% de días con vientos fuertes, incrementándose abruptamente en agosto, popularmente conocido como “el mes de los vientos” con un 38%. La frecuencia que notoriamente se destaca es la N, son vientos cálidos y secos.

## Evaluación del comportamiento ambiental.

### Etiquetado energético del edificio.

<b>Energía</b>	
Facultad de Lenguas. Ciudad Universitaria. CORDOBA. ARG.	Envolvente edilicia
Más eficiente	
Menos eficiente	
Tm	5,80 °C
Km	2,34 W/m².K
Temperatura de diseño exterior	1,3 °C
Temperatura de diseño interior	20 °C
Sup. Cubierta.	1068.39 m²
Profesional responsable	Evaluador : Alicia Rivoira
Certificado N°	
Fecha evaluación	
Fecha emisión certificado	13/08/2010

Fig. 6 - Resultado etiquetado energético del edificio: H.

En Argentina, la Norma Iram 11900:2010, Etiqueta de Eficiencia Energética para calefacción de edificios tiene como objetivo establecer “una metodología simplificada para el cálculo del nivel de eficiencia energética de las envolventes de los edificios susceptibles de ser caleccionados”. La clasificación energética del edificio indica “la expresión del consumo de energía que se estima necesario para satisfacer la demanda energética del edificio en unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación”. (Baragatti: 2010). El resultado de la aplicación de la metodología arroja la calificación H.

Al aplicar la metodología, se observa que la envolvente horizontal opaca cumple con los requerimientos establecidos, alcanzando valores A y B de transmitancia térmica. En relación a la envolvente lateral, en cambio, los tabiques realizados con hormigón armado de 0.15 y 0.20 m de espesor, a la vista o revestidos, no alcanzan los valores mínimos de transmitancia obteniéndose valores de 3.42 W/m2K, 2,15 y 2,01. El máximo admitido por la Norma Iram es 2 W/m2K (verano).

Tampoco cumple la envolvente lateral realizada con bloques cementicios con ambas caras vistas: 2,70 W/m2K. Solamente cumple con las exigencias de transmitancia para la Zona Bioambiental, la envolvente realizada con bloques cerámicos, cámara de aire, tabique interior de yeso cartón y revestimiento exterior, alcanzando un valor de 1.22 W/m2K. Los cristales monolíticos utilizados en las envolventes vidriadas presentan valores de transmitancia térmica de 5.8 W/m2K.

### Evaluación del riesgo de condensación.

Se evaluó el riesgo de condensación en las envolventes laterales que conforman el edificio. Conocer el comportamiento hídrico de las mismas y verificar el riesgo de condensación superficial e intersticial, es de fundamental importancia para evitar patologías y garantizar su comportamiento térmico, ya que un material húmedo es propenso al deterioro y es más conductor térmico.

En las envolventes laterales exteriores, se obtienen resultados indicados en Tabla 1. Envolventes con revestimiento exterior de pórfido no se ha podido verificar por falta de datos de permeabilidad del pórfido.

Tabla 1 - Resultados de la verificación del Riesgo de Condensación.

	Riesgo de Condensación Superficial	Riesgo de Condensación Intersticial
<b>Características de la envolvente lateral</b>		
Tabique de Hormigón Armado (H <sup>o</sup> A <sup>o</sup> ) a la vista 0.20m	SI	SI
Tabique de H <sup>o</sup> A <sup>o</sup> a la vista exterior (0,15m), con cámara de aire y placa interior de yeso cartón	SI	SI
Tabique de H <sup>o</sup> A <sup>o</sup> a la vista exterior (0,20m), con cámara de aire y placa interior de yeso cartón	SI	SI

### Estimación de la demanda energética para el logro del confort.

Se evalúa la demanda energética, aplicando las Normas IRAM 11604, Acondicionamiento Térmico de edificios, ahorro de energía en calefacción y 11659, Ahorro de Energía en Refrigeración. Se presentan en Tabla 2 los valores obtenidos.

Tabla 2: Carga térmica del edificio.

IRAM 11604	309.218,16 Kw.h	Carga térmica anual período frío.
IRAM 11659	336.912,06 W	Carga térmica en un día de verano a las 13 hs.

El coeficiente volumétrico de refrigeración obtenido, GR, es 39,13 W/m<sup>3</sup>, superando ampliamente el admisible, de 16,3W/m<sup>3</sup>. En relación al Balance térmico de invierno, el coeficiente volumétrico calculado es de 1,55W/m<sup>3</sup>°C. (Dado que no presenta la Norma valores para edificios educacionales, se toma como valor de referencia el indicado para viviendas que es de 1,125W/m<sup>3</sup>°C)

### Medición de Temperatura y Humedad Relativa en aulas. Comparación con la temperatura exterior.

Se realizan mediciones de Temperatura del aire interior, con registradores de datos, en 3 aulas de la Facultad con distintas orientaciones cotejándolos con los datos suministrados por la Estación Meteorológica de FAMAFA, UNC, que se halla a 100m de distancia. Se consideraron: Aula 16, Orientación Norte, 1° piso, Aula 25, Orientación Norte y Oeste, 2° Piso y Aula 20, Orientación Sur, 2° Piso.

Se presentan en la Figura 6, los resultados obtenidos. Se indica con una línea roja en los gráficos, la temperatura considerada de confort para la Norma IRAM 11900, 20°C.

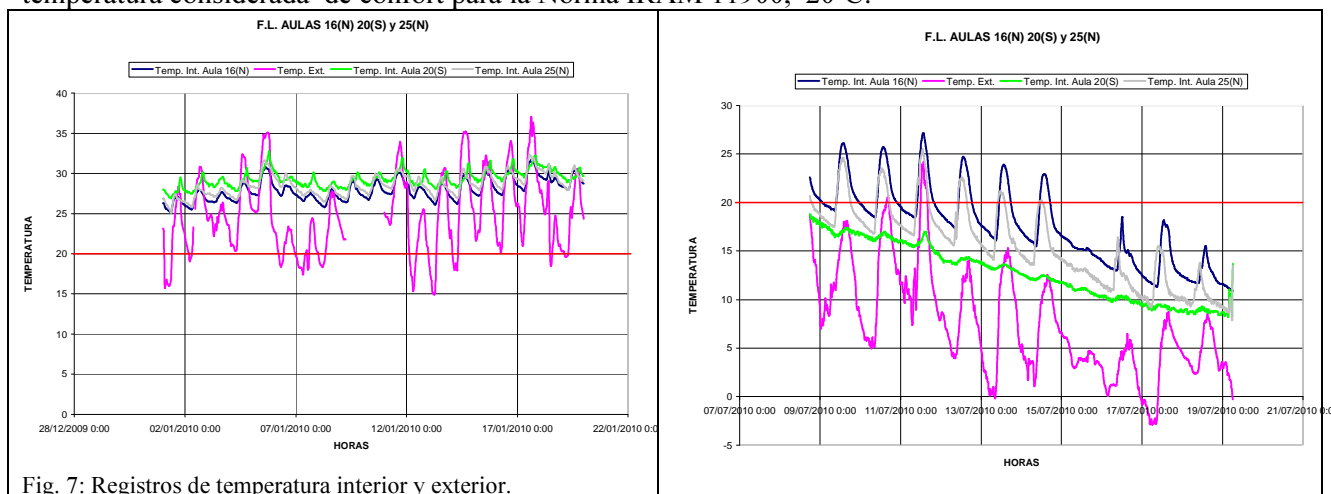


Fig. 7: Registros de temperatura interior y exterior.

Verano: Las temperaturas superan ampliamente, en las tres aulas, la temperatura de confort (20°C), manteniéndose en una franja entre 25 y 33°C. El Aula 20, orientada al Sur, y en el 2° piso, es la que registra mayores valores de temperatura interior estabilizándose entre 27° y 30°.

Invierno: en el aula orientada al Sur se registra un marcado descenso de la temperatura. En las aulas orientadas al Norte la temperatura fluctúa por arriba y por debajo de 20°C.

### Determinación geométrica del asoleamiento.

La determinación geométrica del asoleamiento, es un método que nos permite construir la mancha de radiación solar directa a una hora determinada, a partir del Azimut y la altura del sol en ese momento. Se realizó en aulas orientadas al Norte el 21/06, 21/09 y 21/12 a las 12 horas. (Fig. 7).



Fig. 7: Ingreso de radiación solar directa en aula tipo. Junio – Setiembre – Diciembre.

### Relevamiento de iluminación natural.

La variación entre los valores máximos y mínimos obtenidos, indica una gran heterogeneidad de la iluminación natural. Los resultados se indican en Tabla 3.

Tabla 3: Valores obtenidos en las aulas analizadas.

	Mínimo	Máximo	Media aritmética
Aula 16. 1º piso. N	185 Lux	1080 Lux	433,86 Lux
Aula 25. 2º piso. N	193 Lux	1092 Lux	450,14 Lux
Aula 20. 2º piso. S	270 Lux	4680 Lux	1028,84 Lux

### Encuestas a usuarios.

Se realizaron encuestas a estudiantes, docentes y no docentes, con el objeto de conocer la sensación de confort de los mismos. Se presentan en tabla 4 los resultados obtenidos.

Tabla 4: Resultados de la encuesta realizada a la comunidad educativa.

Pregunta.	Si	No	Ns/Nc
¿Es confortable en verano?		100 %	
¿Es confortable en invierno?	83.33 %	16.66 %	
¿El problema principal es el calor?	91.66 %		8.33 %
¿El problema principal es el frío?	8.33 %	91.66%	
¿Hay radiación solar directa que es molesta para sus tareas?	41.66 %	50 %	8.33 %
¿Hay suficiente iluminación natural para sus tareas?	50 %	50 %	

## ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

A pesar de que el clima de Córdoba es biestacional, su problema principal es la época de calor, más prolongada, de alta humedad y sin vientos significativos. La estación fría, seca y por lo tanto con alta heliofanía, ofrece muy buenas posibilidades de ganancia de calor.

Las envolventes laterales de hormigón armado, aún las que tiene agregados (pórfido o placa interior de yeso cartón) y el vidrio simple, no cumplen con las exigencias de transmitancia térmica en ninguna situación, lo que implica en estos casos que el mayor costo no deriva en mejoras en las prestaciones. Esto se pone de manifiesto en el resultado del Etiquetado energético H. Todas las envolventes laterales exteriores del edificio presentan riesgo de condensación.

El coeficiente de transparencia de la envolvente lateral en el caso del edificio de la Facultad de Lenguas, es del 35%. Un edificio con alto grado de transparencia en un clima templado cálido, como el de Córdoba, sin el diseño adecuado de protecciones, atenta contra el confort térmico de los usuarios generando altas temperaturas durante el día, y bajas temperaturas durante la noche. Los “huecos acristalados”, desde el punto de vista energético son los elementos más vulnerables que constituyen la envolvente.

Las mediciones de temperatura indican que las interiores, debido a la masa del hormigón, y la gran ganancia directa por la fachada norte totalmente vidriada, se estabilizan por arriba de la temperatura exterior, lo que lleva a valores fuera de la zona de confort en verano. En invierno, sin embargo esta estabilización interior de la temperatura, aún a pesar de la gran pérdida nocturna, resulta beneficiosa. Ello se constata en el valor del consumo de energía para satisfacer la demanda energética del edificio para calentamiento en condiciones de ocupación y funcionamiento normal ( $309.218,16 \text{ Kw.h}/3030\text{m}^2 = 102,5 \text{ Kw.h/m}^2$ ), que no se considera excesivamente alta, si tomamos como referencia el valor de  $70 \text{ Kw.h/m}^2$  indicado por Sartori, para un edificio de bajo consumo energético. (Sartori y Hestnes, 2007:252)

La totalidad de usuarios encuestados, docentes, alumnos y personal no docente, indican que el edificio no es confortable en verano. En relación al período invernal, el 83 % de los encuestados manifiesta que el edificio es confortable en ese período. Es importante destacar que en el período en que se realizó la encuesta se encontraba en funcionamiento la calefacción central del edificio, no así cuando se realizaron las mediciones (período de receso), aún así esta situación estaría en consonancia con las diferencias de confort en invierno y verano provocadas por la envolvente de hormigón y vidrio.



La iluminación natural de las aulas es muy heterogénea, presentando gran variación entre los valores máximos y mínimos obtenidos, lo que indica que no es correcta la relación entre envolvente opaca y vidrio en las fachadas, u orientación de éstos. Los resultados de las encuestas referidas a iluminación natural indican que el 50 % de los usuarios considera que no hay suficiente iluminación natural para sus tareas.

En relación al asoleamiento el 41,66 % de los entrevistados plantea la incomodidad que representa el ingreso de radiación solar directa, detectado en la determinación geométrica del asoleamiento. La radiación solar incide directamente sobre el plano de trabajo de los estudiantes en las seis mayores aulas de la Facultad.

## CONCLUSIONES.

La variable del confort higrotérmico es muy poco considerada en el diseño arquitectónico. No se diseña para la biestacionalidad (verano/invierno) característica de los climas templados, ni tampoco se reconoce cual es la situación crítica anual. La desatención de esos aspectos lleva a depender del acondicionamiento artificial, incrementando el consumo energético y los picos de consumo en particular, de los que es necesario analizar la carga ambiental que traen aparejados.

Se puede concluir que la Facultad de Lenguas no ha sido concebida con parámetros de confort ambiental para lograr el confort térmico natural de sus ocupantes, ni para cumplir con objetivos de eficiencia energética. La envolvente arquitectónica, se compone de elementos opacos y transparentes y en su diseño se deben contemplar ambos, ya que constituyen un todo y el funcionamiento energético del edificio depende de la eficiencia de ambos.

## PROPUESTA.

En un diseño ambientalmente consciente es necesario “plantear una reducción de la superficie vidriada sobre el total de la envolvente. Esta reducción debe ir acompañada con una mejora de la calidad técnica de los aventanamientos, la cual debe ser más rigurosa cuanto mayor sea la proporción de este tipo de cerramiento sobre el total de la envolvente. El proyectista podrá aumentar el nivel de aislamiento en áreas opacas, generar sectores diferenciados de refrigeración en planta, mejorar la calidad técnica de vidriados o una combinación de todas (...) (Salveti et al: 2010:07-24)

Se realizaron diversas alternativas, evaluando sus posibles resultados. Se contempla:

Propuesta de mejora del edificio existente.

Propuesta de mejora de procesos futuros

De diseño.

De Gestión de calidad higrotérmica del edificio.

### De mejora del edificio existente:

Los recursos propuestos para el mejoramiento del comportamiento higrotérmico de verano: Reducir el Factor solar del vidrio, Disminuir la transmitancia de las superficies vidriadas, Disminuir la ganancia directa, Utilizar protección solar sobre las superficies transparentes de las aulas, Reducir el ingreso de calor por la envolvente lateral opaca; Minimizar el riesgo de condensación intersticial.

- Reemplazar el vidriado simple por Doble Vidriado hermético con lámina exterior de cristal float gris e interior transparente, con protección exterior. Ello lograría, aún sin protección, una Transmitancia de la envolvente de  $2.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ . (Fig. 8)
- Fachada transventilada en las Fachadas Este, Oeste y Sur, incorporando a la existente, aislación térmica, elementos de fijación cámara de aire ventilada, placas exteriores. Ello lograría una Transmitancia de la envolvente opaca de  $1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ . (Fig. 9)

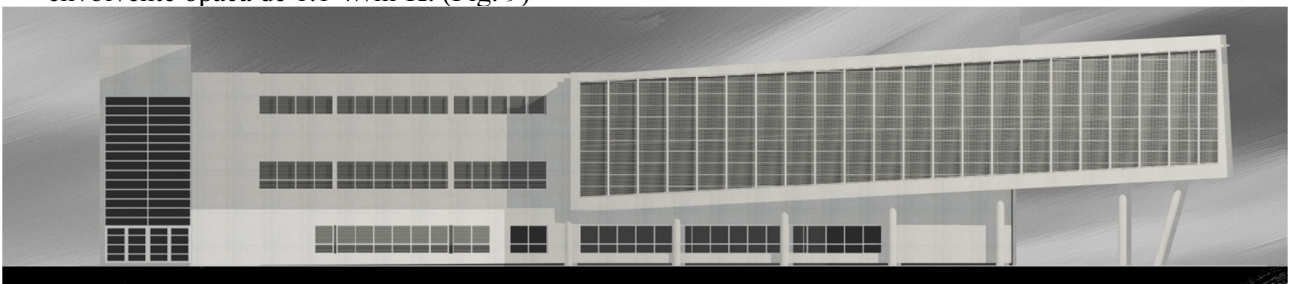


Fig. 8: Fachada Norte propuesta. Parasoles de lamas horizontales

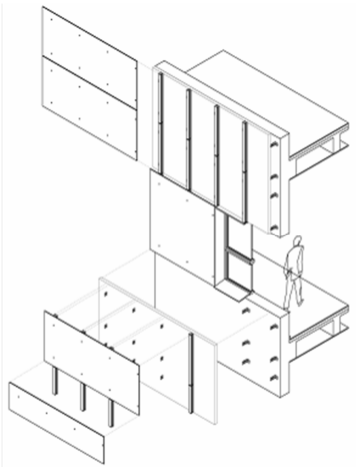


Fig. 9: Fachada transventilada propuesta.

### De mejora de procesos futuros:

#### De Diseño.

- Propender a que la idea de diseño nazca con la variable de confort incorporada, eligiendo la ubicación de las actividades según sus requerimientos.
- Replantear la importancia de la variable de confort en el proceso de diseño, cuidando que no sea la que siempre se postergue por la prepotencia de otras variables como la imagen.
- Partir de un profundo conocimiento de los complejos fenómenos físicos que se producen en las envolventes y el comportamiento de los materiales en relación a ellos.
- Que la vida útil (uso y mantenimiento) estén presentes en las consideraciones.
- Que las propuestas respondan a la normativa vigente. (Normas IRAM, Códigos).
- Utilización del Doble Vidriado hermético con protección exterior según orientación.
- Selección de materiales a partir de estudios de ciclo de vida.

#### De Gestión de calidad higrotérmica del edificio:

El criterio actual de calidad, abarca todas las actividades del proceso de diseño y construcción de una obra de arquitectura, desde la administración y diseño, hasta su uso y conservación.

- La aplicación en la construcción del PDCA (Plan, do, control, act), desde el inicio del proceso de diseño hasta el final de la vida útil del edificio.
- Contemplar a los parámetros climáticos del lugar y su relación con necesidades del edificio. Considerar el impacto ambiental desde el momento que se inicia la planificación de la obra.
- Legajos de proyecto: Mejorar la calidad documental gráfica y escrita del proyecto.
- Concursos, licitación, adjudicación y ejecución de obras: Incorporar Eficiencia Energética entre los criterios de selección.
- Uso y conservación: Generar un sistema de expedientes por reclamo, para realizar estadísticas de los inconvenientes, ver que problemas se repiten y analizar causas.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

BARAGATTI, A. Eficiencia Energética: El Programa Argentino: Avances y expectativas. Ponencia presentada en el III Seminario Latinoamericano y del Caribe de Eficiencia Energética. Panamá. Julio de 2010.

GONZALO, G.; LEDESMA, S.; NOTA, V. Habitabilidad en edificios. Propuesta de normas para Tucumán. Centro de Estudios de Energía y Medioambiente. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. UNT. Tucumán. Santamarina y asociados. 2000.

LAMBERTUCCI, R., RIONDET, V. & RIVOIRA, A. (2010). Eficiencia Energética en relación a los materiales de las envolventes usados en Córdoba. En Actas Primeras Jornadas de Arquitectura Verde. Córdoba, FAUD, Universidad Nacional de Córdoba.

SARTORI, I., & HESTENES, A. G. (2007). Energy use in life cycle of conventional and low energy buildings: A review article. *Energy and buildings*, 39(3), 249-257

SERRA FLORENSA, R. & COCH ROURA E. (1996:5). Arquitectura y Energía Natural. Barcelona: Ediciones UPC.

IRAM Norma 11601. Acondicionamiento térmico de edificios. Método de cálculo. Buenos Aires. 1996.

IRAM. Norma 11604. Acondicionamiento Térmico de edificios. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G.Cálculo y valores límites. Buenos Aires. 1997.

IRAM. Norma 11900. Etiqueta de Eficiencia Energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia. Térmica de la envolvente. Buenos Aires. 2010.

JOHN, V.; DE OLIVEIRA, D. P.; AGOPYAN, V. Criterios de sustentabilidade para selecao de materiais e componentes-uma perspectiva de sustentabilidade para países em desenvolvimento. *Building Environment*, 2006.

SALVETTI, M; et al. Ahorro de energía en refrigeración de edificios para oficinas. Propuesta de indicadores de eficiencia y valores admisibles. *Revista AVERMA*. Vol 14.07.17 – 07.24. 2003.