



INTERACCIÓN DE PARÁMETROS TÉRMICOS, ACÚSTICOS Y LUMÍNICOS EN EL DISEÑO DE LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA.

Abadía Leandra¹,

Maristany Arturo², Rivoira Alicia³.

Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas CIAL. FAUD. UNC.

(1) Vice Directora CIAL. Profesor Adjunto CIAL. Profesor Asistente Instalaciones IA.

(2) Director CIAL. Profesor Titular Instalaciones IIB. (3) Profesor Adjunto CIAL. Profesor Titular Introducción a la Tecnología A.

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de Córdoba.

Córdoba. Argentina. <http://cial.faudi.unc.edu.ar/> Te: 0351-4334158.

cial@cial.unc.edu.ar

Resumen:

La Norma IRAM 21931-1:2012 “Construcción sostenible”, establece la necesidad de incluir en la evaluación del desempeño ambiental de edificios la consideración de aspectos sociales relativos al ambiente interior y exterior que ejercen un impacto sobre el bienestar, la salud, el confort y la calidad de vida de los usuarios. La norma plantea que es recomendable realizar, entre otras, la evaluación de las condiciones higrotérmicas, visuales y acústicas a los fines de mejorar el desempeño ambiental y la calidad de vida de los usuarios.

Una de las funciones de la envolvente es proporcionar un ambiente interior saludable. Ello exige mayor atención a las cuantificaciones energéticas, valorando la cantidad y la calidad, e implica realizar un estudio integral de las envolventes y su nivel de adecuación a los agentes ambientales. El tratamiento, características de diseño y materialidad de las envolventes, transforman a la piel o fachada en un elemento negativo o positivo desde el punto de vista del acondicionamiento y el confort interior. Las envolventes modifican los gradientes paramétricos de los campos ambientales que delimitan, definiendo condiciones interiores o exteriores de confort de acuerdo al nivel de adecuación a los agentes ambientales.

El objetivo del presente trabajo es definir elementos de análisis que posibiliten evaluar el comportamiento, y la respuesta de las envolventes frente a los problemas ambientales de manera integral, considerando los aspectos térmicos, acústicos y lumínicos, de modo de optimizar el uso de la energía y el logro del bienestar del hombre, desde el inicio del proceso de diseño.

Palabras clave: Envolverte. Calor. Luz. Sonido. Confort.

1 Introducción.

El concepto de confort en la arquitectura está íntimamente relacionado con la capacidad de control de la envolvente arquitectónica a la acción de agentes ambientales. Los agentes energéticos principales que caracterizan un ambiente determinado, inciden sobre la envolvente edilicia e influyen sobre el confort son: el calor, que afecta el control de la temperatura del aire;

la luz, que incide en la vista e intimidad visual óptima y el sonido, que influye en el confort acústico.

La Norma IRAM 21931-1:2012 “Construcción sostenible. Marco de referencia para los métodos de evaluación del desempeño ambiental de las obras de construcción. Parte 1-Edificios”, establece la necesidad de incluir en la evaluación del desempeño ambiental de los edificios la consideración de aspectos sociales relativos al ambiente interior y exterior que ejercen un impacto sobre el bienestar, la salud, el confort y la calidad de vida de los usuarios. Dicha Norma recomienda incluir cuando corresponda condiciones higrotérmicas (temperatura, movimiento del aire y humedad), condiciones visuales (deslumbramiento, iluminación natural y calidad de la luz) y condiciones acústicas (aislamiento acústico)

El método de evaluación de desempeño ambiental “proporciona un medio para la cuantificación y la evaluación de los impactos ambientales de un edificio (IRAM 21931-1:2012). Los resultados de su aplicación respaldan el proceso de toma de decisiones en distintos momentos y casos:

- para la adquisición de un edificio,
- el diseño y construcción de un nuevo edificio,
- la mejora del desempeño de un edificio existente durante la fase de operación,
- la demolición y disposición final del edificio al término de su fase de operación.

Uno de los objetivos del presente trabajo considera la importancia de la aplicación de la Normativa desde el inicio del proceso de diseño y construcción de un edificio.

La Norma IRAM 4044:2015 “Acústica. Protección contra el ruido en edificios. Requisitos de aislamiento acústico mínimo. Método de medición y clasificación. Cerramientos y aberturas, verticales y horizontales” tiene por objetivo brindar valores mínimos de aislamiento acústico de envolventes y recomienda que en etapas de diseño, se seleccionen materiales y soluciones constructivas cuyas propiedades acústicas presenten valores medidos en laboratorio, bajo condiciones de norma y que consten en informes oficiales, de modo de garantizar el cumplimiento de la misma. La calidad ambiental interior para lograr el confort adecuado supone entre otros aspectos calidad acústica, por lo que es indispensable considerar aspectos constructivos y funcionales para un correcto aislamiento acústico. Otro aspecto a tener en cuenta es la capacidad de apantallamiento o control que la forma de la fachada posee en relación al sonido incidente.

La norma UNE-EN 12354-3 (2001) considera la diferencia de nivel debida a la forma de la fachada (ΔL_f), las que pueden contribuir por apantallamiento a reducir la propagación y atenuar el impacto sobre el cerramiento propiamente.

En relación al confort térmico, la elección de materiales, considerando sus propiedades higrotérmicas posibilita reducir intercambios térmicos con el exterior, controlando de este modo las pérdidas de calor en invierno, optimizando ganancias de calor en época invernal y control el riesgo de condensación. La cantidad de calor que se transfiere por la envolvente de un edificio es el factor principal que define la carga térmica de calefacción, por pérdidas en invierno, y de refrigeración, por ganancias en verano. Las normas nacionales IRAM e internacionales ISO definen claramente los valores de referencia del aislamiento térmico de elementos o sistemas constructivos, valores establecidos en función de los requerimientos mínimos de confort higrotérmico y eficiencia energética. Estos referenciales dan por lo general valores máximos de transferencia global de calor (K), dependiendo principalmente del aislamiento térmico, en función de las condiciones ambientales exteriores.

Los elementos translucidos de la envolvente juegan un rol fundamental, tanto en las pérdidas como, principalmente, en las ganancias de calor por transmisión directa de la radiación en verano. La incidencia de la radiación solar en los espacios interiores, depende de la acción conjunta de la orientación de la fachada, tamaño de la superficie transparente, tipo de vidrio y

geometría de las protecciones. La Norma IRAM 11507-4:2010, establece que las ventanas, con todos sus componentes, deben presentar un valor de transmitancia térmica total menor a 4,0 W/m²K, y las clasifica según categorías de aislación térmica.

La estimación precisa de la cantidad de luz que ingresa a un edificio, es el primer paso requerido para la evaluación de la capacidad visual y la eficiencia energética proporcionada por la luz natural. (Li, Lau y Lam, 2004). La calidad en iluminación natural, se relaciona con el sitio y sus orientaciones, configuración del edificio, tamaño y características de aberturas y protecciones, pero además requiere de en la correcta descripción y caracterización de la fuente de luz -global y directa- (Pérez et al, 1993). La Norma IRAM AADL J 2002 “Iluminación natural en edificios” establece las condiciones generales y requisitos particulares teniendo en cuenta ese aspecto.

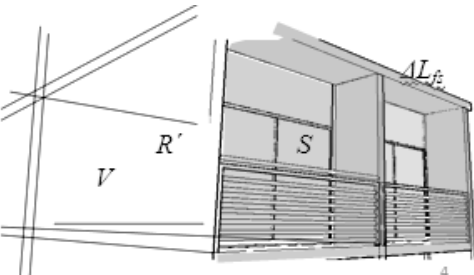
El aislamiento acústico, térmico y la iluminación natural son aspectos que se definen entre otros, por las características de las envolventes. Su tratamiento, características de diseño y materialidad transformaran a esta piel o fachada en un elemento negativo o positivo desde el punto de vista del acondicionamiento y el confort interior (Varini, 2009)

2 Las solicitaciones energético – ambientales: calor, luz y sonido

Los principales agentes activos energéticos que inciden sobre la envolvente del edificio son el calor, la luz y el sonido, pudiéndose mencionar también como agentes secundarios la energía radiante, el viento y la humedad. Las envolventes poseen propiedades físicas relacionadas con estos agentes activos (luz, sonido y calor), que se pueden identificar como agentes pasivos, como son: la resistencia y la inercia térmica, la capacidad de reflexión y absorción de la luz y del calor, la transparencia, el peso, el aislamiento, entre muchos otros. Las decisiones de diseño de los sistemas que conforman el entorno construido involucran la intervención directa sobre los agentes pasivos, dando lugar a modos de acción orientados al aprovechamiento o control del agente activo, un correcto diseño de la envolvente deberá considerar estos factores para lograr una envolvente óptima en su relación con el clima y el entorno.

2.1 Análisis Acústico

Las envolventes de edificios son decisivas en la contribución del aislamiento acústico, R' (dB), entre el exterior y el interior y por lo tanto en el confort y calidad acústica de los espacios interiores. El aislamiento integral de las envolventes depende del proceso de propagación del ruido a través de cada uno de los elementos que las componen. Un estudio integral de la envolvente debe considerar no solo el aislamiento acústico (R) de los elementos constructivos que la componen, sino que también debe ser tenido en cuenta la capacidad de apantallamiento o control que la misma forma de la fachada posee en relación al sonido incidente En la figura 1 se muestran las variables de atenuación de ruido para fachadas.

$$D_{2m,nT} = R' + \Delta L_{fs} + 10 \log \frac{V}{6T_o S}$$


El diagrama ilustra un edificio con una fachada que tiene una ventana. Se muestran tres variables clave para la atenuación de ruido: R' (aislamiento acústico de la fachada), ΔL_{fs} (atenuación por la fachada) y V (volumen interior del edificio). El diagrama muestra un edificio con una fachada que tiene una ventana. Se muestran tres variables clave para la atenuación de ruido: R' (aislamiento acústico de la fachada), ΔL_{fs} (atenuación por la fachada) y V (volumen interior del edificio).

Figura 1: Variables consideradas en la atenuación de ruido en fachadas

Normativamente las envolventes que dan al exterior deberán cumplimentar con un aislamiento mínimo (R') de 35 dB. Para los sistemas constructivos más usados en Córdoba el aislamiento varía entre 45 y 55 dB. El principal problema para el cumplimiento de los niveles mínimos de aislamiento lo representan las grandes superficies vidriadas. El aislamiento global de la fachada depende fundamentalmente del comportamiento del vidrio que se utilice así como del tipo de carpintería y del sellamiento de la misma.

En un caso de estudio se indica la reducción del aislamiento acústico de la envolvente y la influencia de las características del aislamiento discontinuo de fachadas (Maristany et al, 2016). El comportamiento se evalúa según las relaciones de superficies puestas en juego en función del porcentaje de vidriado, del tipo de vidriado, el aislamiento global de la superficie opaca en relación al tipo constructivo, la forma de la envolvente y el tipo de materiales superficiales que las conforman.

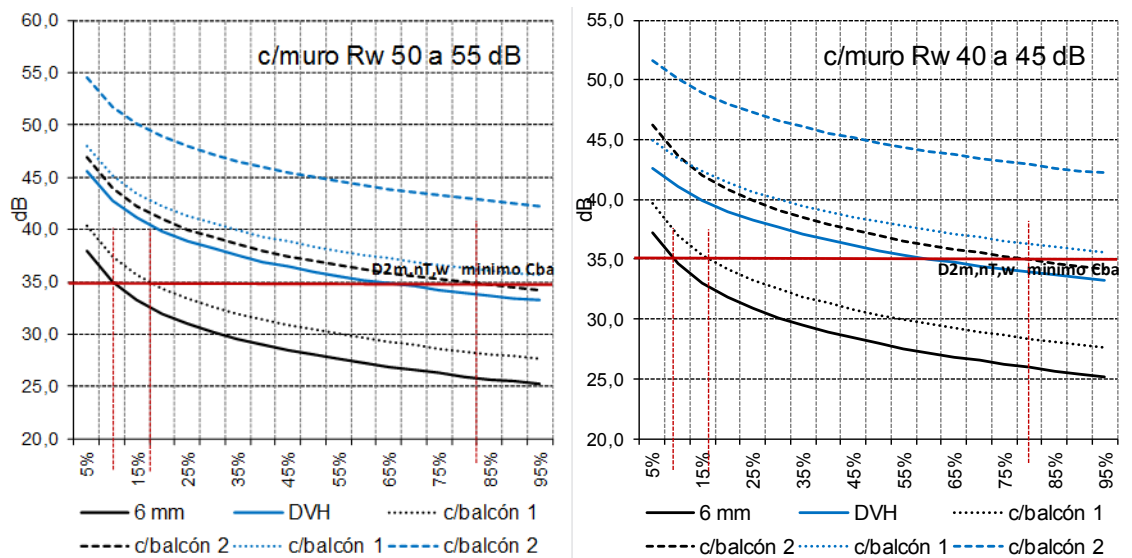


Figura 2: Reducción del aislamiento acústico. Influencia del aislamiento discontinuo

Se puede observar que cuando se utilizan vidriados con mayor capacidad de aislamiento (DVH), el porcentaje vidriado puede ser hasta un 60% del total del cerramiento, mientras que si se utilizan vidrios menos aislantes (vidrio de 6 mm) no se debería superar el 10% del total, para alcanzar un aislamiento mínimo de 35 dB.

Un importante aporte al control del ruido en envolventes exteriores lo realiza la forma de las fachadas es necesario el estudio del aporte del aislamiento debido a la forma de la envolvente como contribución al diseño integral de la misma. En los resultados obtenidos a partir de un relevamiento de distintos tipos constructivos de balcones en edificios ubicados en las principales avenidas del área central de la ciudad de Córdoba simulados acústicamente, (Maristany et al, 2016) se demostró la influencia que tiene el uso de materiales absorbentes, el ancho de los balcones y las características superficiales y formales de los diferentes tipos de barandas en el aislamiento integral de las envolventes. En la figura 3 se muestran ejemplos de balcones de diferentes conformaciones y su contribución al aislamiento acústico

Baranda de mampostería 0,30 m con pasamano de reja	Baranda de mampostería 0,70 m con pasamano de reja	Baranda de vidrio o chapa separada de la losa y con pasamanos de acero	Baranda de mampostería y/o vidrio
--	--	--	-----------------------------------

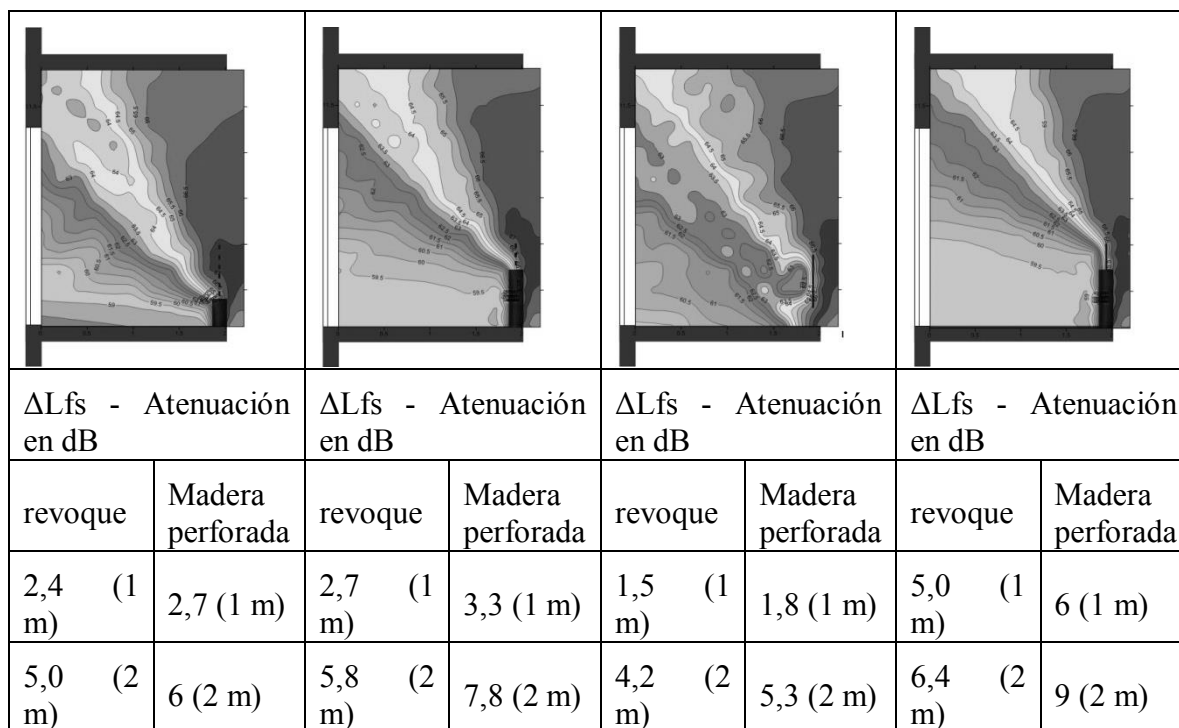


Figura 3. Balcones de diferentes configuraciones y su contribución al aislamiento acústico

2.2 Análisis Lumínico

Existe una falta de aprovechamiento de la luz natural en los edificios y se recurre a sistemas artificiales de iluminación que no se complementan con la natural y son calculados como fuente principal de iluminación. La iluminación natural es un recurso para reducir los requerimientos de iluminación artificial en los edificios con el consiguiente potencial de ahorro energético, sin embargo es uno de los recursos naturales menos explotados desde el punto de vista de la conservación de la energía. Es importante recordar que la iluminación natural proviene de una fuente de energía renovable, posee la característica de ser dinámica, pero la visión humana está adaptada a estas variaciones, y su cantidad permite altos niveles de iluminancia, mayores que la iluminación artificial.

La mayoría de los métodos de cálculo y verificación de la iluminación natural se basan en la determinación del coeficiente de luz diurna (CLD). El CLD es la relación entre la iluminancia (E_i) producida por la luz natural en un punto (P_i) en el interior de un local, y la iluminancia horizontal exterior (E_{he}) con horizonte libre:

$$CLD (\%) = E_i / E_{he}$$

En nuestro país estudios realizados en iluminación natural por diversos equipos de investigación (Gonzalo, 2004), (Patini, 2005), (Ledezma, 2005), (Casabianca, 2009), destacan la importancia del estudio de la iluminación natural en nuestro medio y especialmente la aplicación de las técnicas de simulación en maqueta como herramienta de análisis.

En múltiples trabajos se considera que una iluminación natural adecuada, es aquella, cuyos niveles de iluminación son aceptables, es decir, responde a los mínimos establecidos por IRAM, y además, posee una correcta obstrucción de la radiación solar directa, sobre los planos de trabajo. (Gonzalo et al, 2004). La importancia de considerar el diseño de las protecciones solares en los aventanamientos, radica en varias razones, pero fundamentalmente en la necesidad de brindar niveles adecuados de iluminación natural en los espacios interiores, de modo que se garantice el confort visual así como también favorecer el ahorro de energía.

De los estudios comparados realizados para la Ciudad de Córdoba se concluye que los porcentajes de ahorro energético en los sistemas de iluminación artificial cuando se diseñan

los sistemas de control solar de manera integrada con la luz natural, pueden alcanzar entre un 20 a un 25%.

En la figura 4 se observan alternativas de sistemas de protección solar dimensionados en este caso para la orientación norte, basado en el concepto de estantes de luz o lightshelf. Las seis alternativas fueron simuladas mediante maqueta en cielo artificial, alcanzando incrementos de la CLD importantes.

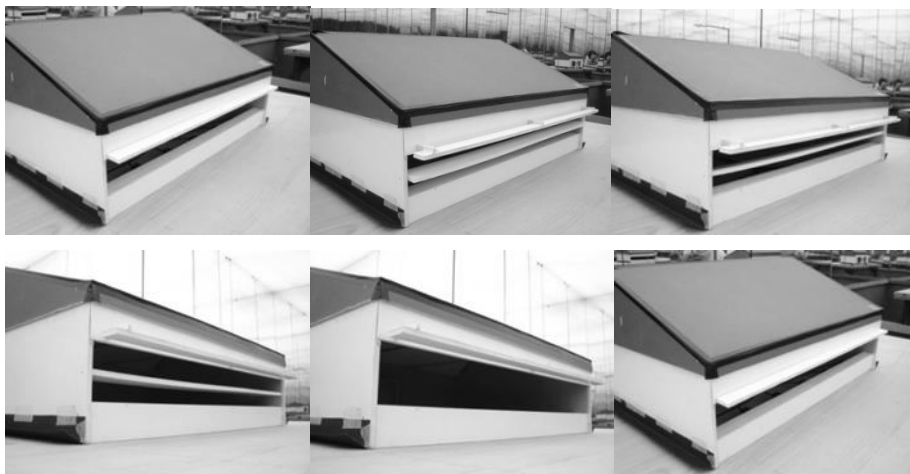


Figura 4 Alternativas de sistemas de protección solar

El sistema propuesto contribuye sustancialmente a optimizar el aprovechamiento de la luz natural como recurso permitiendo un importante ahorro de energía en iluminación al mismo tiempo que permite aprovechar los aspectos cualitativos inherentes a la luz natural

2.3 El análisis higrotérmico

Una envolvente lateral que en su diseño no contempla la variable del confort higrotérmico, no reconoce la estacionalidad y la situación crítica del clima del lugar, atenta contra el bienestar higrotérmico de los usuarios, desaprovechando el posible acondicionamiento natural y aumenta el consumo energético del edificio.

Entre los sistemas constructivos más utilizados en la construcción en Córdoba están las envolventes realizadas exclusivamente en bloque cementicio común o ladrillo cerámico hueco, sin la incorporación de aislantes. Estudios realizados comprueban que, la incorporación de dos centímetros de algún aislante térmico en cualquiera de los casos mencionados produce un incremento de aproximadamente 50 al 60% en la resistencia térmica, incidiendo directamente en la carga térmica del edificio, en la demanda de energía y por lo tanto en la eficiencia energética del edificio casi en los mismos porcentajes.

Entre las alternativas constructivas destinadas a optimizar el comportamiento higrotérmico de la envolvente externa del edificio, la fachada ventilada (FV) es una solución apropiada principalmente en climas templados, pues contribuye no solo a disminuir las pérdidas de calor en invierno sino principalmente a controlar las ganancias en verano. En las gráficas de la figura 5 se muestran los porcentajes de energía ahorrada (S) al utilizar FV sobre cuatro alternativas de muros, sin y con aislante térmico en la capa interna. Se indican tres alternativas del material para la FV en las dos estaciones (Maristany et al, 2016).

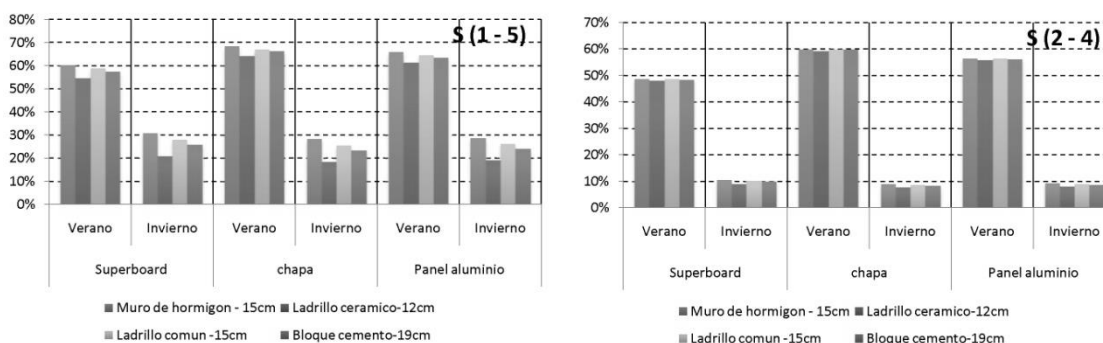


Figura 5: Tasas de ahorro de energía (Maristany et al, 2016)

Se observa claramente que el rendimiento en verano es muy superior al de invierno. En invierno la eficiencia está relacionada con la incorporación del material aislante mientras que en verano, el rendimiento alcanza valores del 50 al 60% en el caso de FV con aislante térmico incorporado y del orden del 40 al 50% para la FV sin aislamiento. Los rendimientos mayores, por encima del 60% en verano, se logran con la capa externa de chapa, debido a que el mayor calentamiento por radiación eleva la pérdida por convección en la cámara de aire.

La envolvente arquitectónica se compone de elementos opacos, translucidos y/o transparentes. En su diseño, deben contemplarse integralmente, ya que constituyen un todo y el funcionamiento energético del edificio depende de la eficiencia del conjunto. Una mejora en la calidad técnica de los aventanamientos y la selección adecuada del tipo de vidrio, contribuye a una mejora del funcionamiento integral de la envolvente. La transmitancia térmica del doble vidriado hermético, disminuye aproximadamente un 50 % en relación a un cristal monolítico. El porcentaje de energía solar total transmitida también disminuye, pero no en los mismos porcentajes.

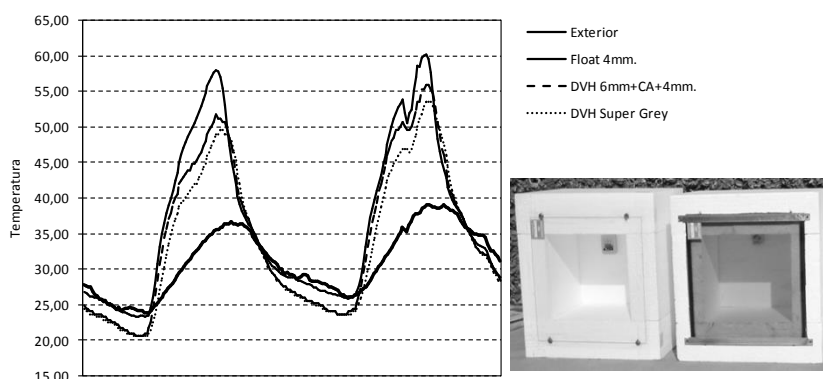


Figura 7: Variación de temperatura int/ext para tres tipos de vidrio. Módulo de ensayo.

A partir de un estudio comparado (Rivoira, 2011) del impacto de diferentes tipos de vidrio en el confort térmico, se deduce que el uso de un doble vidriado hermético en fachada norte contribuye a reducir la temperatura interior en aproximadamente un 5 %, en verano. En la figura se muestran las variaciones de temperatura en el módulo de ensayo aislado. El porcentaje de energía solar transmitida disminuye a medida que el vidrio incorpora pigmentos que lo oscurecen, pero también disminuye, el porcentaje de luz visible que se transmite a través de él, aumentando las necesidades de iluminación artificial. Un valor elevado de transmisión de luz visible disminuye la necesidad de iluminación artificial, pero la disminución de las temperaturas interiores no es significativa. En la figura 7 se observa la variación de la temperatura interior/ exterior para vidrio float de 4 mm, DVH de 6 mm + cámara de aire + float de 4 mmm y DVH Super Grey + cámara de aire + float de 4mm.

Otros recursos para evitar el sobrecalentamiento de los espacios interiores en época estival son el color y la terminación. Una terminación en colores claros, refleja un gran porcentaje de radiación solar, evitando un aumento de la temperatura de las envolventes, con su consiguiente transferencia de calor hacia el interior de los espacios habitables. Simpson y Mc Pherson (1997) utilizando modelos de edificios a escala en Arizona, encontraron que la temperatura superficial de cubiertas marrones, supera en 10°C a las grises y en 30°C a las que presentan terminaciones blancas. El color es una variable de impacto en la temperatura superficial.

3 Conclusiones

Se analizaron las variables energéticas destinadas a optimizar el uso de la energía en donde se han explicado algunas alternativas que pueden ser utilizadas en la construcción a los fines de lograr condiciones de confort térmico, acústico y lumínico. Se tomaron como referencias normas nacionales e internacionales.

Se analizó la envolvente desde el punto de vista acústico e higrotérmico, considerando la respuesta de los diferentes sistemas constructivos más utilizados en Córdoba a la transferencia del calor y al aislamiento acústico. Desde el punto de vista higrotérmico, considerando la respuesta de los materiales opacos y transparentes a la transferencia de calor y las alternativas constructivas para optimizar su comportamiento. Desde el punto de vista acústico, el aislamiento de las distintas superficies que conforman una fachada así como la forma de la misma y su influencia en el aislamiento acústico global.

Desde lo lumínico la determinación del tamaño de los aventanamientos, ubicación en relación a la orientación y optimización mediante el uso de protecciones solares

Asimismo se consideran elementos de análisis que posibiliten evaluar el comportamiento, y la respuesta de las envolventes frente a los problemas ambientales de modo de ser considerados durante el proceso de análisis en el procedimiento de diseño que posibilitaría evaluar un proyecto previo al proceso de construcción. Dicha evaluación es importante a los efectos de garantizar protección térmica, acústica y lumínica mediante la determinación de valores óptimos en los parámetros de diseño.

4 Referencias.

CASABIANCA, Gabriela, EVANS, John Martin. Estantes de Luz: Verificación de Iluminación Natural, Asoleamiento y Protección Solar en Maquetas de Ensayo. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 2003, vol. 7, nº 1.

CASABIANCA, Gabriela, EVANS, John Martin, SNOJ, M. Evaluación de Condiciones de Iluminación en Aulas del Área de Educación Deportiva de la UBA. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 2009, vol. 13.

GONZALO, Guillermo et al. Evaluación Comparativa de Eficiencia de Parasoles y su Incidencia en la Iluminación Natural de Aulas en San Miguel de Tucumán. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 2004, vol. 8, nº 1.

IRAM 21931-1:2012. Construcción sostenible. Marco de referencia para los métodos de evaluación del desempeño ambiental de las obras de construcción. Parte 1 - Edificios.

IRAM 4044:2015. Acústica. Protección contra el ruido en edificios. Requisitos de aislamiento acústico mínimo. Método de medición y clasificación. Cerramientos y aberturas, verticales y horizontales.

KISCHKOWEIT-LOPIN, M. An Overview of Daylighting Systems. Solar Energy 2002, vol. 73, no. 2, pp. 77–82, 2002. Elsevier Science.

- LI, LAU, LAM. En: MONTEOLIVA, J. VILLALBA, A. PATTINI, A., Impacto de la utilización de bases climáticas regionales en la simulación de alta precisión de iluminación natural. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 2012, vol. 16, 01-57 a 01-64.
- LEDESMA S.L., CISTERNA M.S., MÁRQUEZ VEGA G., QUIÑONES G., NOTA V.M., GONZALO G.E. Evaluación del Ahorro Energético en Iluminación Artificial en Aulas de Edificios Escolares en Tucumán. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 2005, vol. 9.
- MARISTANY, Arturo, BRANCO, Claudia, DURÁN, Marcelo, VARAS, Martín. Aproximación al potencial de uso y desempeño energético de fachadas ventiladas en Córdoba, Argentina. XX Congreso ARQUISUR. 2016 a. Universidad del Bio-Bio. Concepción. Chile.
- MARISTANY, Arturo, Rivoira, Alicia, ASBERT, Alejandro, DI FORTE, Gastón, LAMBERTUCCI, Marcelo, PALACIOS, Marcela. Materiales fríos en la envolvente urbano – arquitectónica como aporte a la construcción sostenible. Caso Córdoba”. VIII Creta Congreso Regional de Tecnología de la Arquitectura. 2016b. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de San Juan.
- MARISTANY, Arturo, ABADÍA, Leandra, AGOSTO, Miriam, CARRIZO MIRANDA Lorena. Control del ruido en fachadas como aporte a la sustentabilidad acústica. 2016c. XX Congreso ARQUISUR. Universidad del Bio-Bio. Concepción. Chile.
- MARISTANY, Arturo, ABADÍA Leandra, AGOSTO, Miriam, CARRIZO, Leandra, CHITARRINI, M. Optimización del Diseño Formal de Envolventes para el Control del Ruido de Tránsito. IX Congreso Iberoamericano de Acústica – FIA 2014, Valdivia, Chile.
- PATTINI, Andrea. Evaluación de la Iluminación Natural en Edificios. Modelos a Escala. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 2005, vol 9.
- PEREZ, R., SEALS, R. y MICHALSKY, J. All-Weather Model for Sky Luminance Distribution - Preliminary Configuration and Validation. *Solar Energy* 1993, 50(3), 235-245.
- RIVOIRA, Alicia. Comportamiento higrotérmico del hormigón y el vidrio en el clima de Córdoba. Un caso: Facultad de Lenguas. Universidad Nacional de Córdoba. Trabajo Final Especialización en Tecnología Arquitectónica, dirigida por Riondet Viviana. 2011. FAUD-UNC.
- SIMPSON y MC PHERSON. En ZINZI, M., AGNOLI, S. Cool and green roofs. An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean region. *Energy and Buildings*, 2012, 1997, 55, 66-76.
- UNE-EN (2000) 12354-3 Acústica de la Edificación. Estimación de las Características Acústicas de las Edificaciones a partir de las Características de sus Elementos. Parte 3 – Aislamiento Acústico a Ruido Aéreo contra Ruido del Exterior.
- UNE-EN ISO 7730:2006. Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local.
- VARINI, Claudio. Envolventes arquitectónicas: Nueva frontera para la sostenibilidad energético-ambiental. ¿Cuáles modelos y cuáles aplicaciones? *Revista Alarife*, 2009, 17, p79. Colombia.