

EJE 4:

TRANSPOSICIÓN TECNOLÓGICA. BIOMIMÉTICA PIEL Y POROS. BIOMIMÉTICA EN CLAVE CERÁMICA. UN CASO VIEJO A LA LUZ DE UN CONCEPTO NUEVO

Palabras clave: Autoclimatización – Filtrocerámico – Biomímesis

Carlos Zárate¹

Facultad de Arquitectura, Diseño y Arte – Universidad Nacional de Asunción –
czarate@arq.una.py

INTRODUCCION

Si bien la “Biomimética”-como concepto- es de origen reciente, su aplicación consciente o inconsciente lleva siglos en distintos campos de la cultura humana, entre ellos, el de la construcción. Dicho concepto refiere a la observación de hechos y elementos de distintos seres vivos, a fin de comprender la dinámica y lógica con que la biología resuelve determinadas situaciones que pudieran ser traspuestas por analogía a otros campos, en pos de obtener eficiencia de consumo, de funcionalidad y de rendimiento. Cuestiones referentes a esquemas estructurales, autoclimatización, morfología de materiales, entre otros.

La presente ponencia, plantea una mirada desde la Biomimética, a una estrategia del diseño arquitectónico que, si bien no es nueva, viene siendo sujeto de recurrencia cada vez más frecuente en los últimos años: los filtros cerámicos. Dichos filtros, presentan en muchos casos analogías con tejidos de seres vivos, en particular, la piel. Las analogías refieren tanto a su ubicación en el conjunto (externo, en contacto directo con el entorno), a la función de protección (contrarrestando la incidencia de elementos externos como la radiación solar y el agua), a la regulación del paso e intercambio de otros (como la luz y la humedad) y a la facilitación de procesos (como la regulación de temperatura por ventilación

y convección, dependiendo el caso).

Considerando que la propuesta desarrollada en esta ponencia representa el inicio de un proceso de investigación mucho más amplio, se aborda en esta ocasión solo un caso particular en el contexto asunceno, donde un relevamiento de carácter cuantitativo con instrumentos de medición digital, ofrece datos referidos a niveles de temperatura y humedad (en ambos casos, propia del elemento y de los ambientes interior y exterior que divide), a fin de evaluar parcialmente el comportamiento del sistema y su eficiencia.

Tanto la discusión de resultados como las conclusiones (ambas preliminares) giran por un lado, en torno a la comparación entre el filtro cerámico y el elemento análogo propuesto: la piel. Por el otro, considerando que se trata de una experiencia piloto con miras a un proceso investigativo de mayor duración y alcance, se deja constancia de cuáles aspectos del procedimiento de relevamiento y análisis de datos deberán ser revisados, cuáles corregidos y cuáles descartados.

Durante el proceso de discusión de resultados, se han hecho consultas puntuales a varios expertos en temas pertinentes a determinados aspectos de la propuesta, entre ellos, el Dr. Arq. Luis Silvio Ríos (docente de la cátedra Autoclimatización) y la Dra. Gloria

¹ Arquitecto (FADA UNA). Cursante de la Maestría en Tecnología de la Arquitectura (FADA UNA). Docente Investigador de la Dirección de Investigación (FADA UNA).

Valdovinos (médica especialista en dermatología).

Antecedente directo de esta propuesta es el contenido del material “Clima, Tecnología y diseño arquitectónico en Paraguay. Inventiones y reinventiones de la cerámica” (Carlos Zárate), capítulo incluido en el libro “Tecnología y Proyecto”, de Arnoldo Gaité (2011) que compila trabajos de alumnos de la Maestría en Tecnología, desarrollados durante el módulo “Tecnología y Proyecto”, dictado por los arquitectos Arnoldo Gaité y Walter Gómez Diz.

FILTROS CERÁMICOS

Se trata de estrategias constructivas que posibilitan la solución total o parcial de determinados problemas planteados por condicionantes internas y externas a una edificación.

Dichos problemas refieren mayormente a obtener un equilibrio entre la incidencia externa de elementos climáticos y la presión interna de los ambientes de una edificación, a fin de lograr al menos una aproximación a los parámetros estándar de confort térmico e intensidad lumínica. El control de las visuales entre interior y exterior, es otro efecto no menos importante de este sistema.

Un filtro cerámico básicamente, es una mampostería que presenta perforaciones u oquedades, sea por disposición especial de los ladrillos o porque éstos vienen ya preparados para el efecto.

Su principal característica es la permeabilidad, traducida en la posibilidad de filtrar parte de los elementos incidentes sobre una mampostería, sobre todo, incidencia solar (luz y radiación), lluvias y aire (con su correspondiente contenido de humedad).

Es un sistema de acondicionamiento climático pasivo, propio de la edificación y no dependiente de sistemas mecánicos y/o eléctricos de acondicionamiento, aunque con frecuencia se combinan ambos sistemas.

Su origen como estrategia es incierto, aunque bastante antiguo, encontrándose mu-

chos ejemplos en la arquitectura occidental y oriental antigua.

En principio, el efecto era obtenido con la disposición particular de ladrillos, pero a partir de la segunda década del siglo XX, comenzó a popularizarse un tipo específico de ladrillo que ya incorporaba perforaciones, bautizado en Brasil (la tierra de sus creadores) como “Cobogó”.

En Paraguay, por adaptación fonética, es conocido con el nombre “Convocó”. Llegó al país de la mano de varios arquitectos de la modernidad brasilera, que lo incorporaron a proyectos de pequeña y mediana escala, resultando en breve tiempo de uso bastante recurrente, sobre todo en sectores de servicio de distintos tipos de edificaciones y para cubrir exteriores de edificaciones de tipo fabril y polideportivos.

Pese a su popularidad, puede verse en tales usos (ambientes de servicio y cierre de tinglados sin pretensiones de diseño) que su consideración en cuanto a valor de diseño estuvo mucho tiempo subestimado en Paraguay, hasta fines del siglo pasado, cuando surgen reinterpretaciones y reelaboraciones que vendrán en adelante a enriquecer bastante el nuevo repertorio formal y plástico local. **Ver imágenes 1 y 2.**

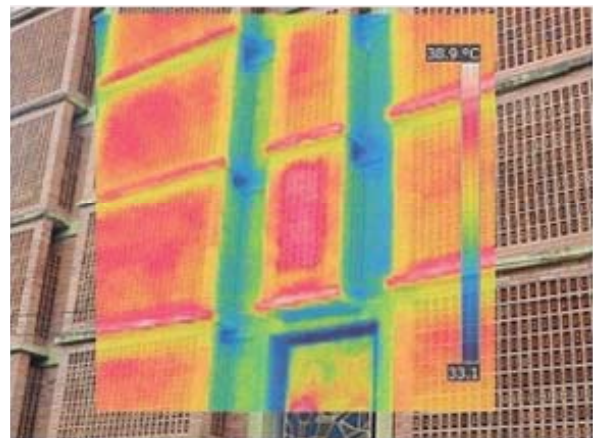


Imagen 1. Termografía del filtro cerámico



Imagen 2. Puesto de Salud. Arq. L. Elgue. Villa Oliva Edif. Centro Santa Inés. Asunción. Fuente: www.plataformaarquitectura.cl

Fuente: Archivo Carlos Zárate

BIOMIMÉTICA Y LA PIEL COMO ELEMENTO PARA LA ANALOGÍA

Biomímesis o Biomimética, es la parte de la ciencia que considera distintos elementos y mecanismos existentes en la naturaleza (especialmente en los seres vivos) que pudieran dar pistas para el desarrollo de nuevas tecnologías o la innovación de las ya existentes. Por extensión, también puede considerarse como actividad dentro de este campo, la exploración de las características de tecnologías ya existentes, comparándolas con mecanismos naturales, a fin de comprender mejor sus dinámicas internas.

Entonces, la palabra clave de esta actividad es “analogía”. Ella permite abstraer características y mecanismos de funcionamiento del mundo biótico y a partir de ahí, inferir la posibilidad de replicar dichas características en un esquema tecnológico o, como en el caso del tema de la presente ponencia, identificar las características existentes a fin de poder comprender mejor el funcionamiento de una tecnología determinada

En adelante, se planteará y desarrollará una comparación entre los filtros cerámicos del campo de la construcción, con la piel de los seres vivos.

Se considera esta analogía debido varias coincidencias a priori entre ambos elementos. Las mismas (ya puntualizadas en el apartado “Introducción”) refieren a la ubicación de

ambas dentro de sus respectivos sistemas (externas) y a las funciones de protección, regulación e intercambio que cumplen.

Habiendo igualmente visto las características principales de un filtro cerámico, corresponde ahora revisar algunas características básicas de la piel de los seres vivos.

Lo primero a mencionar es su ubicación, como transición entre exterior e interior del sistema “organismo”. Esta situación involucra el cumplimiento de varias funciones tendientes a regular el flujo de energía y materia, garantizando -al menos hasta cierto punto- la estabilidad de las condiciones al interior del sistema.

Considérese la piel humana como ejemplo específico. Por un lado, actúa de filtro, protegiendo al interior del cuerpo de la incidencia directa de factores climáticos externos como radiación solar, pérdida de calor y humedad. Por otro lado, regula las condiciones internas de temperatura, tendiendo a mantener un promedio cercano a los 37°C, teniendo a los poros como uno de los principales componentes del subsistema. **Ver imágenes 3 y 4.**

Los poros son orificios diminutos que presenta la piel en toda su extensión, que se contraen para evitar pérdidas de calor del cuerpo cuando la temperatura exterior ambiente es relativamente baja y dilatándose para permitir la pérdida de calor por evapotranspiración, cuando las condiciones (sean internas o externas) tienden a que la temperatura corporal supere el promedio antes citado.

El concepto de “confort térmico”, objetivo de todo sistema de acondicionamiento climático pasivo, posee cierto grado de subjetividad, pues depende directamente del funcionamiento de la piel humana para la definición de sus parámetros, debido a que la piel, según la presión térmica a que esté sometida la persona, liberará o no calor mediante la transpiración, que a su vez pasará o no al aire por evaporación, siempre que las condiciones de humedad ambiente y ventilación lo permitan.

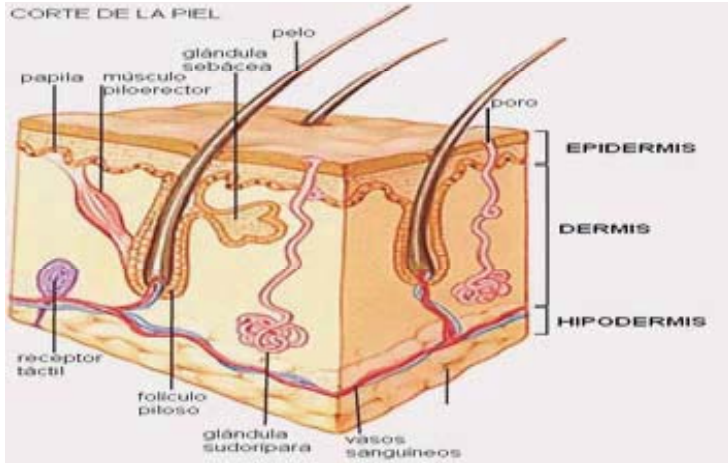


Imagen 3. Corte de la piel. Se identifican las tres capas principales y la conexión con las glándulas sudoríparas.

Fuente: www.genomasur.com

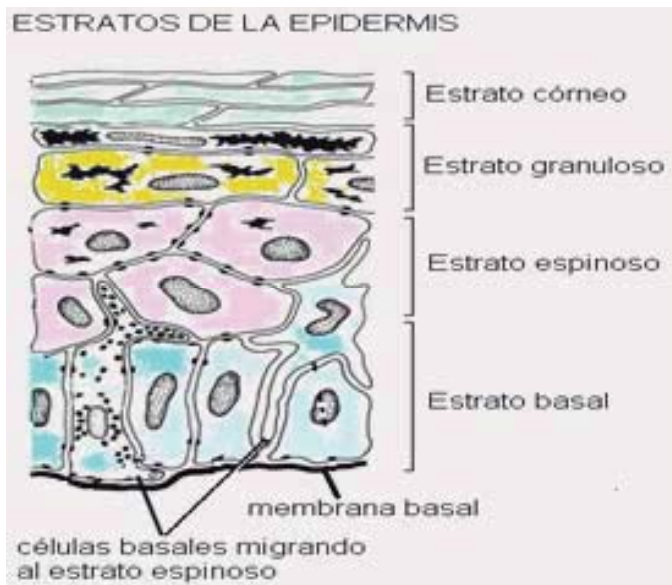


Imagen 4. Estratos de la epidermis.

Fuente: www.genomasur.com

UN CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO SAN FRANCISCO

El objeto de estudio abordado para esta ponencia es el edificio San Francisco, de carácter residencial, situado en Asunción, Paraguay. **Ver imágenes 5 al 9.**

El diseño es autoría del arquitecto José Cubilla. A la fecha, ha sido publicado en varios medios impresos y digitales, ha formado parte de selecciones oficiales de bienales internacionales y fue galardonada con el Primer Premio en la categoría edificios en altura de la Asociación Paraguaya de Arquitectos en 2014. Parte de la descripción del proyecto del propio autor señala que:

“El edificio se posiciona sobre la calle San Francisco con la particularidad de tener que mirar hacia el oeste (la orientación más radical para nuestro país).

Nuestras decisiones arquitectónicas intentan entender y valorar estas simples premisas del lugar, resolviendo el problema del exceso de luz y calor con un filtro cerámico hacia el oeste (fachada principal), y entendiendo que las ventilaciones cruzadas son fundamentales a través de sus patios interiores y exteriores.

La constante búsqueda de soluciones a pesar de los recursos limitados, o una tecnología avanzada todavía muy costosa, hacen que nuestras soluciones proyectuales sean esenciales, económicas y pertinentes.

A ello se suman serenidad, austeridad, crudeza material, economía y sobre todo lograr ese anhelado espacio o cobijo protegido, amable con el medio ambiente y pertinente, hacen a este edificio una oportunidad para concluir, sin perder la memoria de nuestras raíces, ni el respeto que nuestro clima se merece, con soluciones desde nuestras posibilidades tradicionales.

Carencia de excesos, negación del despilfarro son algunas de nuestras premisas.

Somos privilegiados por nuestros materiales y nuestra excelente mano de obra local y artesanal.

Nos interesa la sombra, la tradición y la ciudad.

Nos interesa a-sombrar no por el hecho de causar una impresión positiva sino por la intención de dirigirnos hacia los lugares donde la luz es controlada por el espacio. Por nuestro espacio.”

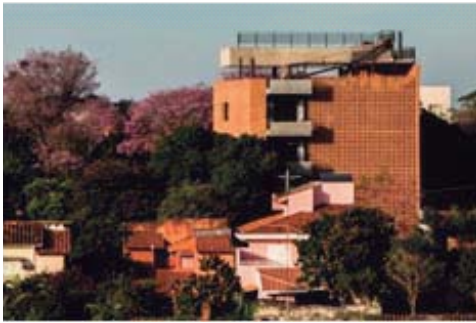


Imagen 5. Fachada ppal.

Fuente: www.plataformaarquitectura.cl



Imagen 6. Interior del filtro.

Fuente: www.plataformaarquitectura.cl



Imagen 7. Exterior del filtro.

Fuente: Archivo Carlos Zárate



Imagen 8. Detalle del filtro.

Fuente: Archivo Carlos Zárate



Imagen 9. Planta Tipo.

Fuente: www.plataformaarquitectura.cl

RELEVAMIENTO DE DATOS. RESULTADOS

El relevamiento de datos fue realizado en fecha 21 de marzo de 2015. Se ha considerado el período horario comprendido entre las 11:00hs y las 20:00hs. La información obtenida ese día refiere a:

A. Temperatura y humedad relativa al interior del edificio (primer ambiente tras el filtro cerámico).

B. Temperatura y humedad relativa al exterior del edificio.

C. Temperatura superficial de la cara exterior del filtro.

D. Temperatura y humedad relativa oficial de Asunción.

Los equipos de medición utilizados fueron:

- Termohigrómetro datalogger mod. 600-N (ítem A)

- Termohigrómetro Extech 44100 (ítems A y B)

- Termocámara Flir i7 (ítem C)

Los datos del ítem D fueron proveídos por la Dirección de Meteorología e Hidrología, dependiente de la Dirección Nacional de Aeronáutica Civil del Paraguay.

Tabla 1. Principales valores registrados para el ítem A:

Parámetros / Momentos	Inicio Registro	Valor mínimo	Valor máximo	Fin Registro
Temperatura Ambiente	27,5°C (11:00hs)	27,3°C (11:10hs)	31,7°C (16:45hs)	28,5°C (19:55hs)
Humedad Relativa	67,8% (11:00hs)	47% (16:55hs)	68,6% (11:10hs)	62,4% (19:55hs)

Tabla 2. Principales valores registrados para el ítem B:

Parámetros / Momentos	Inicio Registro	Valor mínimo	Valor máximo	Fin Registro
Temperatura Ambiente	30,3°C (11:00hs)	28,1°C (20:00hs)	36,5°C (16:10hs)	28,1°C (20:00hs)
Humedad Relativa	52% (11:00hs)	29% (16:10hs)	54% (20:00hs)	54% (20:00hs)

Tabla 3. Principales valores registrados para el ítem C (Promediado):

Parámetros / Momentos	Inicio Registro	Valor mínimo	Valor máximo	Fin Registro
Temperatura Ambiente	28,5°C (11:00hs)	27,2°C (20:00hs)	37,8°C (16:10hs)	27,2°C (20:00hs)

Tabla 4. Principales valores registrados para el ítem D:

Parámetros / Momentos	Inicio Registro	Valor mínimo	Valor máximo	Fin Registro
Temperatura Ambiente	27,7°C (00:00hs)	23,2°C (10:20hs)	33,6°C (18:10hs)	26,4°C (23:50hs)
Humedad Relativa	71% (00:00hs)	46% (18:50hs)	86% (10:10hs)	69% (23:50hs)

Respecto al margen de diferencia de lectura entre instrumentos, se deja constancia de una diferencia de 4% en la lectura de humedad relativa, tras la medición paralela a las 11:00hs entre el Datalogger600-N (27,5°C/67,8%) y el termohigrómetroExtech 14400 (27,5°C/63%).

Igualmente, se deja constancia que las mediciones del ítem D, corresponden a un sitio distante 10km aprox. del sitio de emplazamiento del edificio analizado. Esta distancia implica también un contexto distinto, con bajísima densidad de ocupación, mayor superficie verde, mayor barrido de viento y con equipos de medición bajo sombra, a un metro del suelo.

Durante la jornada mencionada, Asunción registró un clima mayormente cálido, con cielo parcialmente nublado.

La secuencia de imágenes térmicas del exterior del edificio (ajustadas al mismo intervalo, entre 20°C y 45°C) permite identificar al filtro cerámico como el componente con menor temperatura al inicio del registro, alcanzando un pico térmico a las 16:10hs (tras cuatro horas de incidencia solar directa) y con una baja de temperatura importante tras hora y media de la puesta del sol. **Ver imágenes 10 al 15.**

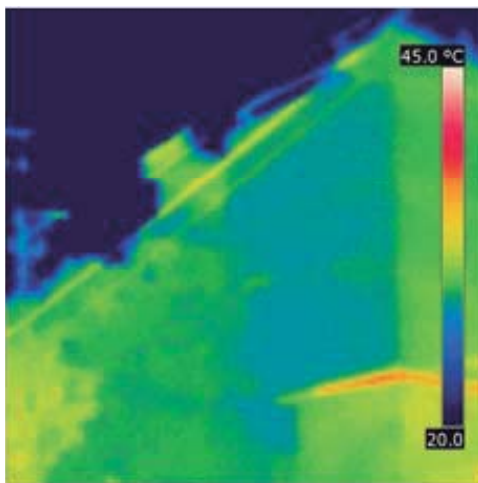


Imagen 10. Termografía. 11:00hs.

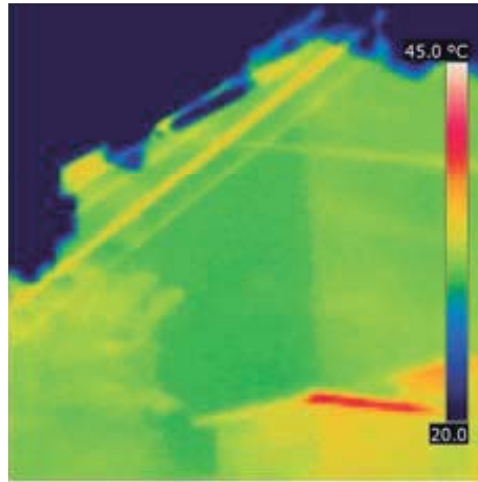


Imagen 11. Termografía. 12:10hs

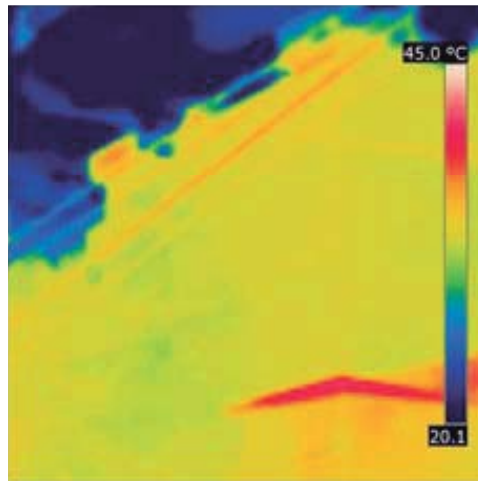


Imagen 12. Termografía. 14:10hs

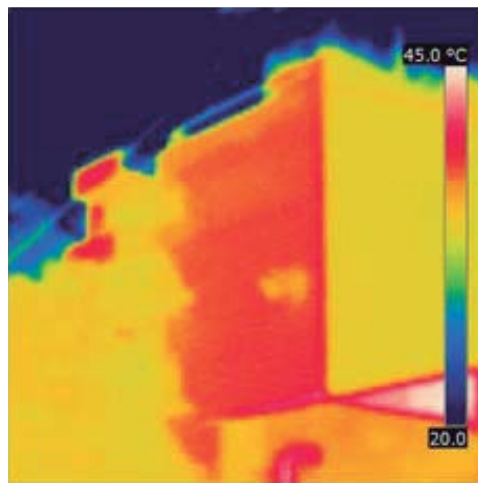


Imagen 13. Termografía. 16:10hs

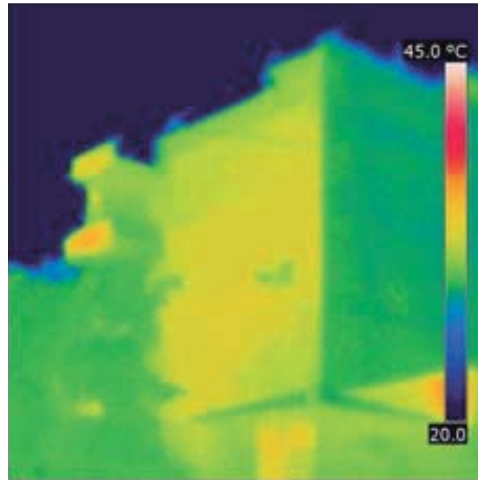


Imagen 14. Termografía. 18:20hs.

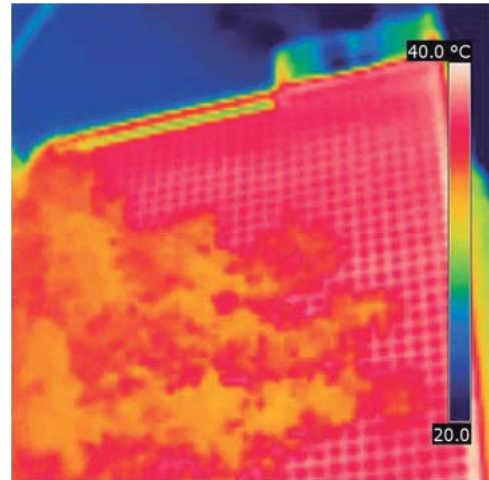


Imagen 16. Termografía. 16:15hs.

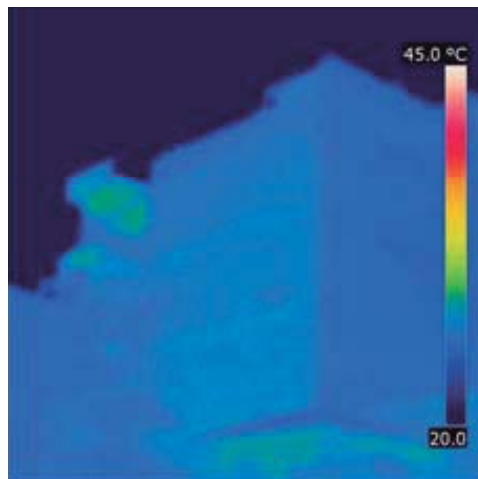


Imagen 15. Termografía. 20:00hs

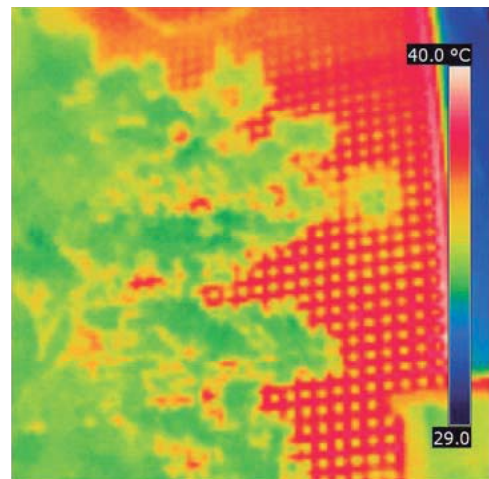


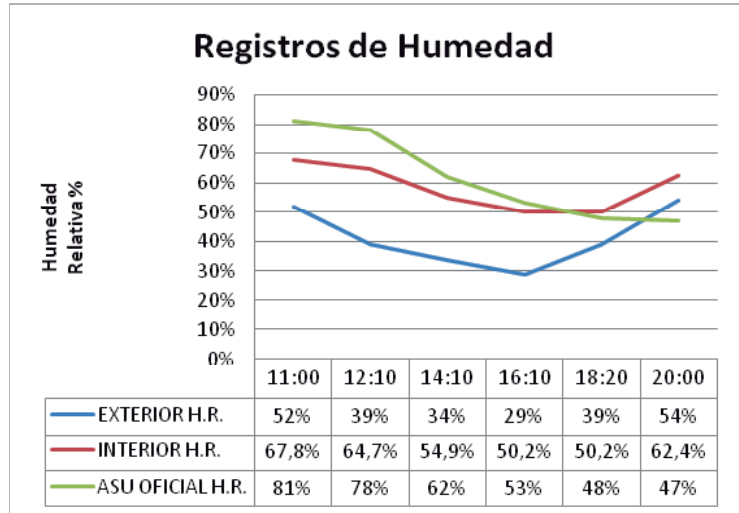
Imagen 17. Termografía. 16:15hs.

En un acercamiento de imágenes durante el horario de pico de temperatura, puede notarse el comportamiento térmico uniforme del filtro, con una variación aproximada de 5°C entre llenos y vacíos (donde el lleno corresponde al filtro cerámico y el vacío al plano ubicado un metro por detrás de ella). Las grandes manchas en primer plano corresponden a un árbol en la vereda. **Ver Imágenes 16 y 17.**

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

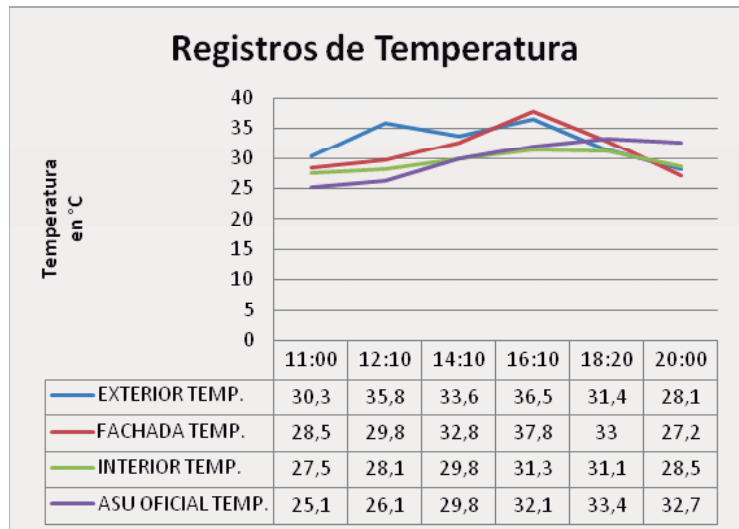
Como los datos de medición son de frecuencias distintas (el datalogger ha registrado datos con intervalos de 5 minutos, los registros oficiales son a intervalos de 10 minutos y los datos de medición externa a intervalos de entre una y dos horas) se ha optado por realizar comparaciones a partir de la coincidencia de momentos de lectura entre todos los instrumentos, esto es, seis momentos comprendidos entre las 11:00 y las 20:00hs.

Es así, que en un comparativo de HR (Humedad Relativa), puede verse una curva similar entre cara externa e interna del filtro, pero con diferencia promedio de 15% más húmedo al interior. Se ve también que el momento de menor valor de HR corresponde a las 16:10hs. Por su parte, la curva del registro oficial indica valores más altos al inicio del relevamiento y un descenso ininterrumpido hasta el final del mismo, con valores inferiores respecto a los otros dos. **Ver Cuadro 1.**



CUADRO 1. Comparativo de registros de HR
Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la comparación de temperatura, resalta similitud de lecturas entre medición exterior del aire y el valor promedio de la cara externa del filtro (excepto las 12:10hs). También resalta la similitud entre el registro del interior del edificio (tras el filtro cerámico) y el registro oficial. Pero sin dudas lo más resaltante de todo es la variación mínima de temperatura (una diferencia máxima de 4,4°C a lo largo del día) en el interior del edificio, mientras las mediciones oficiales indican una variación de casi 10°C durante el mismo lapso de tiempo. **Ver Cuadro 2.**



CUADRO 2. Comparativo de registros de Temperatura.
Fuente: elaboración propia.

Este último dato (variación mínima de temperatura al interior del edificio tras el filtro cerámico) sugiere que, en este caso de estudio, el filtro no solo sirve como atenuante de la incidencia térmica externa sino también como **estabilizadora** de la temperatura.

Esta característica -de estabilización térmica- amplía las similitudes con la piel de los seres vivos (ya se ha referido con anterioridad otras similitudes que refieren a la ubicación del filtro y la piel dentro del conjunto, a la función de filtro y a la de intercambio).

También se ha indicado antes que el confort térmico (uno de los principales objetivos de los sistemas de acondicionamiento climático pasivo, entre ellos, los filtros cerámicos) si bien es subjetivo y variante, dependiendo del contexto físico, climático, momento del año, del día e incluso de cada persona, ha sido abordado por varios estudiosos que fueron estableciendo parámetros y tabulaciones estandarizadas. Al respecto, dos de los modelos más aceptados y difundidos son los diagramas psicrométricos de Víctor Olgyay y Baruch Givoni.

Al bajar los datos a ambos modelos, puede notarse que en el momento de registro de mayor temperatura y menor humedad relativa (16:10hs), el ambiente tras el filtro se ubica dentro del sector de confort con ventilación cruzada, situación que se daría de hecho, a juzgar por la disposición de elementos y aberturas en la planta tipo. **Ver imágenes 18 y 19.**

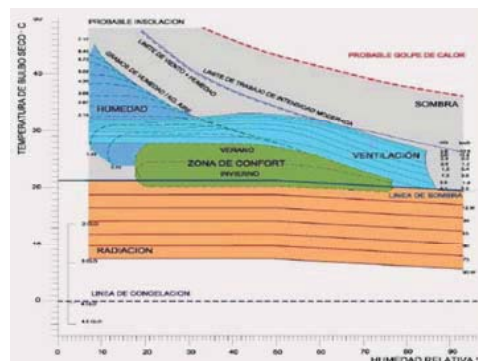


Imagen 18. Climograma de Olgyay. El punto azul indica la situación de máxima temperatura detrás del filtro. El punto rojo indica misma situación al exterior.

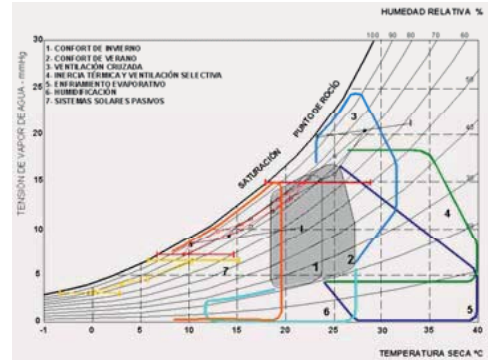


Imagen 19. Climograma de Givoni. El punto azul indica la situación de máxima temperatura detrás del filtro. El punto rojo indica misma situación al exterior.

Se asume que al tamizar la incidencia solar directa, la temperatura será menor tras un filtro cerámico pero ¿Qué es lo que hace posible la variación mínima de la temperatura de un ambiente tras ese filtro? Es posible que la circulación de aire (ventilación cruzada) tenga mucho que ver con la disipación del calor a medida que aumenta la temperatura exterior a lo largo de la jornada, pero el alto contenido de humedad al interior del ambiente (respecto al exterior) parece contradecir (a priori) la existencia de una óptima circulación de aire.

Retomando el tema de la analogía entre filtro y piel, las oquedades de un filtro cerámico pueden ser consideradas como los poros de determinado sistema arquitectónico donde el filtro hace el papel de la piel en los seres vivos.

Pero bajando la lupa sobre el subsistema filtro y sus componentes, la analogía puede extenderse. Al respecto, es resaltable que los ladrillos que componen el filtro tienen una constitución porosa en su exterior y con múltiples capilares en su interior, por lo que cabe la pregunta respecto a cuánto incide el contenido de humedad (y su proceso de evapotranspiración) existente en los ladrillos que conforman el filtro, para la regulación de la temperatura del propio filtro, así como del ambiente contiguo. ¿Serían similares los resultados con elementos menos porosos?

CONCLUSIÓN PRELIMINAR Y PERSPECTIVAS

El capítulo “Clima, Tecnología y diseño arquitectónico en Paraguay. Invenciones y reinventaciones de la cerámica” (2011, ya referido en la Introducción de esta ponencia) versaba sobre el uso cada vez más recurrente de filtros cerámicos en la arquitectura paraguaya. A modo de cierre, se sugería en dicho texto la necesidad de investigaciones de medición que acoten de manera más precisa el comportamiento interno y la efectividad de tales filtros, en un intento por reforzar con datos científicos el conocimiento empírico y trascender la mera consideración estética de ese elemento.

La investigación presentada en esta ponencia (o pre-investigación, si se quiere) puede considerarse como el primer paso en esa línea sugerida.

Aun cuando el estudio de un único caso (y en un único momento del año) resulte insuficiente para plantear conclusiones taxativas, puede afirmarse que los resultados incluidos y considerados en este informe refuerzan la noción de efectividad del filtro cerámico como sistema de acondicionamiento climático pasivo, pues las mediciones indican sensibles diferencias de temperatura entre interior y exterior del filtro, con porcentajes promedio de humedad más altos al interior que al exterior, pero en todos los casos dentro de un rango aceptable (entre 30 a 70%, cuando al exterior dichos porcentajes han quedado fuera de rango en algunos momentos de la jornada).

Respecto a estos datos, puede afirmarse además, que aportan una hipótesis respecto al rol de la evapotranspiración del filtro, para la estabilización de la temperatura en los ambientes interiores. Situación que amerita o requiere investigaciones más amplias, profundas y precisas, que necesariamente deben incluir otros casos y en distintos momentos del año.

A dicho efecto, deberán ser tenidas en cuenta varias situaciones, como la calibración y sincronización entre instrumentos de medición (pues se ha resaltado en la exposición de resultados la diferencia de lectura del porcentaje de humedad entre instrumentos), la sincronización de intervalos de medición, el emplazamiento y la orientación de los filtros a evaluar, los sistemas de ventilación (considerando además uso de anemómetro para medición de velocidad y frecuencia del movimiento del aire). Igualmente, deberán considerarse las cualidades de los materiales que conforman el filtro (porosidad, conductividad térmica, dimensiones, etc.). A modo de complemento, podría considerarse también el uso de fotómetros, que permitan medir la intensidad de la luz que permea el filtro.

Es de resaltar también, que la consideración de valores oficiales de temperatura y humedad proveídos por la Dirección Nacional de Meteorología, si bien no deben ser descartados, no pueden considerarse como parámetro principal, debido a la distancia que separa los equipos de medición oficial del edificio estudiado, así como las diferencias entre los contextos de inserción entre tales equipos de medición y el filtro ya analizado (y los que serían analizados en siguientes ocasiones).

Finalmente, respecto a la “biomimética” y su consideración como concepto en este trabajo, puede indicarse que el ejercicio de comparar filtro cerámico con la piel, si bien no da respuestas precisas, da pistas útiles para entender no solo la relación del filtro con los ambientes que separa sino también para entender la dinámica interna del mismo y la implicancia de esto último en los resultados de autoclimatización y confort térmico deseados.

BIBLIOGRAFIA

-
- AAVV (2013-2015). Materiales y apuntes de cátedra de varios módulos de la Maestría en Tecnología de la Arquitectura. Facultad de Arquitectura, Diseño y Arte UNA
 - Canese, R.; Pino, J. (2012). Sitio y clima. San Lorenzo (Paraguay). Facultad de Arquitectura, Diseño y Arte UNA
 - Gaité, Arnoldo (2011): Tecnología y proyecto. Buenos Aires. Ed. Nobuko
 - Olgyay, Víctor (1998): Arquitectura y clima. México. Ed. GG