

## Aplicación de tecnologías, métodos o instrumentaciones extradisciplinarias para la resolución de problemas complejos en el campo del hábitat

## Application of technologies, methodologies or instrumentations extradisciplinary for the resolution of problems in the habitat

Discoli\*, Carlos Alberto; Viegas\*\*, Graciela Melisa; Barbero\*\*\*, Dante Andrés; Martini\*\*\*\*, Irene

**Carlos Alberto Discoli\***

discoli@rocketmail.com

Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (IIPAC-CONICET-UNLP), Argentina

**Graciela Melisa Viegas\*\***

gachiviegas@yahoo.com.ar

Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (IIPAC-CONICET-UNLP), Argentina

**Dante Andrés Barbero\*\*\***

dantebarbero@yahoo.com.ar

Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (IIPAC-CONICET-UNLP), Argentina

**Irene Martini\*\*\*\***

irenemartini@conicet.gov.ar

Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (IIPAC-CONICET-UNLP), Argentina

### Estudios del Hábitat

Universidad Nacional de La Plata, Argentina

ISSN: 2422-6483

Periodicidad: Semestral

vol. 18, núm. 2, 2020

afau@fau.unlp.edu.ar

Recepción: 18 Octubre 2019

Aprobación: 18 Agosto 2020

Publicación: 30 Diciembre 2020

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/158/1581621001/index.html>

**Resumen:** El trabajo convoca y desafía a explorar diversos abordajes que cuenten con atributos y/o potencialidades, pensados para otras áreas disciplinares, que permiten resolver los problemas complejos del hábitat. Se muestran experiencias en las que se implementaron métodos y/o tecnologías poco usuales para la resolución de problemas urbano-edilicios, utilizando y adaptando procedimientos que, en función de una reinterpretación de sus atributos y potencialidades, se pudieron implementar con éxito en el campo del hábitat. Como ejemplo se exponen instrumentaciones que implementaron el uso de imágenes satelitales para el análisis de la edificación residencial desde un punto de vista tipológico y tecnológico; la utilización de lógica borrosa en el caso de la evaluación de los servicios urbanos incorporando valoraciones objetivas y subjetivas en el marco de la oferta y la demanda de los usuarios; y por último la utilización de materiales no usuales en los sistemas de climatización solar pasiva. Palabras clave: Sistemas de climatización solar pasiva; Imágenes satelitales; Lógica borrosa.

**Palabras clave:** Sistemas de climatización solar pasiva, Imágenes satelitales, Lógica borrosa.

**Abstract:** The work challenges to explore different approaches that have attributes and / or potential, thought for other disciplinary areas that allow solving the complex problems of the habitat. Experiences are shown in which methods and / or unusual technologies for solving urban-building problems were implemented, using and adapting procedures that, based on a reinterpretation of their attributes and potentialities, could be implemented successfully in the field of habitat. As an example, instrumentation is presented that implemented the use of satellite images for the analysis of residential buildings from a typological and technological point of view; the use of fuzzy logic in the case of the evaluation of urban services incorporating objective and subjective assessments in the context of the supply and demand of users; and finally the use of not usual materials in passive solar air conditioning systems.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

**Keywords:** Passive solar air conditioning systems, Satellite images, Fuzzy logic.

## INTRODUCCIÓN

El estudio de problemas complejos, en ocasiones, convoca y desafía a explorar diversos abordajes pensados para otras disciplinas. En el campo del hábitat, se implementaron métodos y/o tecnologías poco usuales para el abordaje de dicho campo de estudio, en donde se utilizaron y/o adaptaron procedimientos ideados y desarrollados para la resolución de problemas ajenos a temas propios, y que en función de una reinterpretación de sus atributos y potencialidades, se pudieron implementar con éxito.

Se ha trabajado en la relación Hábitat y Energía, en diferentes escalas de complejidad, ya sea urbana, edilicia, de componentes y materialidad. En cada una de esas escalas se han podido utilizar metodologías desarrolladas en otras áreas del conocimiento a través de la incorporación complementaria de métodos aplicados en otras disciplinas, y a partir de ellos, desarrollar aplicaciones inéditas para nuestro campo de estudio, hoy día de implementación usual. Esto condujo a la redefinición de funciones y atributos en cada uno de ellos, adaptando sus roles al nuevo contexto. Es decir, si se analizan los desarrollos realizados para abordar problemas de un campo disciplinar, se debe advertir y definir los grados de versatilidad conceptual e instrumental, y niveles de complementariedad, a los efectos de poder ser aplicados o reutilizados en otras áreas del conocimiento. En el presente trabajo se pueden citar múltiples ejemplos específicos que han permitido avanzar y profundizar el conocimiento en forma sustantiva en diferentes escalas del hábitat. Entre ellos se pueden mencionar los desarrollos relacionados con la detección y clasificación edilicia, e identificación de sistemas tecnológicos; la valoración y análisis de servicios urbanos; la detección de atributos termo-físicos de un objeto de análisis; las mejoras en la eficiencia de artefactos tecnológicos; entre otras.

Como ejemplos, se puede citar la utilización, procesamiento e interpretación de imágenes satelitales y aéreas, usualmente utilizadas en sus orígenes para las mensuras agrícolas y catastrales, y que en el campo del hábitat, han sido utilizadas para la clasificación de tipologías edilicias representativas de la trama urbana (viviendas tipo); en la detección de áreas de disipación térmica de sus componentes, así como en la evaluación de demanda térmica y posible sustitución por fuentes de energías alternativas. Como instrumentación complementaria, y en función de la diversidad de atributos contenidos en estas tecnologías de interpretación por imágenes, también se ha incorporado y aprovechado la información espectral a través de las técnicas de detección por medio de “firmas espectrales” para la clasificación de componentes edilicios y su materialidad. En este caso en particular, se debió construir una biblioteca específica de materiales locales, con el objeto de clasificar y analizar sistemas constructivos y materiales utilizados. Esto permite evaluar el grado de repetencia de los materiales y sistemas constructivos utilizados; y a través de su posible replicabilidad y atributos termo-físicos, proponer acciones concretas orientadas a la mejora de la eficiencia energética de la envolvente por medio del reciclado masivo de la edilicia.

Otro caso es la incorporación de “lógica borrosa” (Fuzzy logic), que en sus orígenes se implementaba generalmente en sistemas de control inteligente de artefactos tecnológicos. En este caso, su lógica matemática, abierta a los atributos numéricos y lingüísticos de evaluación, permitió adaptar la misma a la valoración de atributos objetivos y subjetivos asociados a las redes de servicios urbanos tales como energía, sanitarios y servicios generales, entre otras. La valoración de los atributos de cada red, permitió evaluar y comparar los servicios urbanos principales y sus sustitutos, permitiendo una calificación que afecta aspectos de la calidad de vida esperada por la utilización de dichos servicios. Su inclusión permitió validar resultados obtenidos por otros medios de valoración objetiva/subjetiva.

A partir de lo expresado se entiende que el desafío de incorporar tecnologías e instrumentaciones no habituales es permanente y enriquecen el trabajo interdisciplinar. Las experiencias mencionadas y expuestas a continuación validan las potencialidades y complementariedades de las mismas.

#### ANÁLISIS URBANO-EDIFICIO A PARTIR DE LA INTERPRETACIÓN POR IMÁGENES SATELITALES, AÉREAS Y FIRMAS ESPECTRALES.

La complejidad urbana incluye una gran diversidad temática con múltiples interrogantes, y para su evaluación se requiere la integración de diversos estudios y métodos. Históricamente, dichas instrumentaciones han estado relacionadas con un exhaustivo trabajo de campo, encuestas y muestreos representativos, auditorías, diagnósticos, entre otras técnicas de análisis. En síntesis, la complejidad del objeto de análisis, está directamente relacionada con la necesaria diversidad de métodos específicos e instrumentaciones tediosas y costosas, que usualmente han formado parte del abordaje disciplinar.

La inclusión de otros métodos novedosos tales como la interpretación por imágenes y firmas espectrales ha permitido avanzar sustantivamente sobre el análisis cuali-cuantitativo en las diferentes escalas de la ciudad a los efectos de abordar con mayor certeza su complejidad. Su implementación permitió simplificar el análisis del tejido urbano, minimizando el relevamiento in-situ. Con estas técnicas se ha ensayado sobre áreas representativas de la ciudad a partir de la utilización de unidades de análisis definidas como mosaicos urbanos<sup>1</sup>. En una primera instancia se trabajó sobre la morfología y el grado de ocupación del suelo, diferenciando los grados de consolidación urbana, con el objeto de precisar tipos edilicios y atributos termo-físicos asociados a sus componentes y tecnologías constructivas. La clasificación de sectores urbanos característicos, así como su edificación tipológica y su materialidad, permitió evaluar la representatividad de las viviendas en el sector residencial y estudiar atributos relacionados con la superficie específica de disipación térmica, niveles de pérdida de calor superficial, niveles de ganancia solar directa, áreas posibles de reciclado de la envolvente, y potencial sustitución de fuentes energéticas convencionales por renovables. Dicha información posibilitó inferir patrones de consumo, eficiencia energética y grado de replicabilidad de acciones tendientes a mejorar la edificación; y en definitiva, estimar la demanda energética territorial existente y futura.

Estos métodos complementarios de análisis, a partir del uso de técnicas de teledetección y segmentación de imágenes aero-fotogramétricas y/o satelitales, permitieron sintetizar parte de las acciones analíticas descriptas. Inicialmente se implementaron estudios a partir de las funciones desarrolladas en el Image Processing Toolbox 7<sup>2</sup>, utilizando imágenes aéreas analógicas digitalizadas en escala 1:20.000 e imágenes satelitales de acceso gratuito. Estos ensayos aportaron información referente a morfología, tecnología y emplazamiento en la trama; y se dimensionaron variables geométricas y de localización, tales como forma, tamaño, altura, ancho, perímetro, área, volumetría, factor de forma; así como intensidad y brillo de la región y su vecindario. En particular, se analizaron variables específicas relacionadas con el cálculo de la aptitud energético-ambiental de un sector urbano determinado (Mosaico), siendo éstas: a) Delimitación y medición del área edificada obteniendo el área de disipación *térmica horizontal*; b). Clasificación del área de disipación horizontal según su color obteniendo el *sistema constructivo* - (techos -tejas, hormigón armado, chapa metálica-); c). Delimitación y medición del contorno del área edificada, obteniéndose el *perímetro de disipación vertical*; y d). Delimitación de las sombras de los edificios para conocer la *altura del área edificada* (Viegas, 2014).

Luego se continuaron explorando otras variables relevantes como las firmas espectrales de los materiales de construcción (espectro electromagnético), a los efectos de poder desagregar la envolvente según su respuesta de emisión espectral. Para dichos barridos se trabajó con imágenes de alta resolución espacial GeoEye (resolución 50 cm. y bandas R/G/B e IR cercano); WorldView (resolución 50 cm. y bandas R/G/B e infrarrojo cercano; e imágenes de Alta Resolución Espectral tipo Spot (resolución espacial con mayor

cantidad de bandas)<sup>3</sup>. Una vez establecidos los cuadrantes que abarcaban a 6 mts representativas de la ciudad, en este caso Ciudad de La Plata (mosaicos representativos: Tolosa 1, la Loma–Casco 2; Casco-eje fundacional 3, casco-circunvalación 4, San Carlos 5 y City Bell 6), se seleccionaron las imágenes satelitales del área en estudio para su análisis específico. Se identificó y clasificó la edificación de cada mosaico implementando patrones morfológicos y firmas espectrales para la individualización de materiales de construcción. Para actualizar la biblioteca de firmas espectrales, se formalizó un convenio entre el Instituto (IIPAC, CONICET-UNLP) y la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) para iniciar tareas con instrumental de espectrometría, con el objeto de generar una biblioteca local de “firmas espectrales” de los materiales utilizados en la construcción. Si bien existen algunos antecedentes en cuanto a espectros de materiales típicos, se estableció un plan de mediciones in-situ de distintos tipos de materialidades (chapa, hormigón, teja, etc.) y diferentes estados de deterioro. Esta actividad permite establecer patrones, y a partir de ellos contar con una biblioteca de firmas espectrales específica. Esta permitirá detectar y clasificar la materialidad de los diferentes componentes de la envolvente. La figura 1 muestra ensayos de firmas espectrales en diferentes superficies.

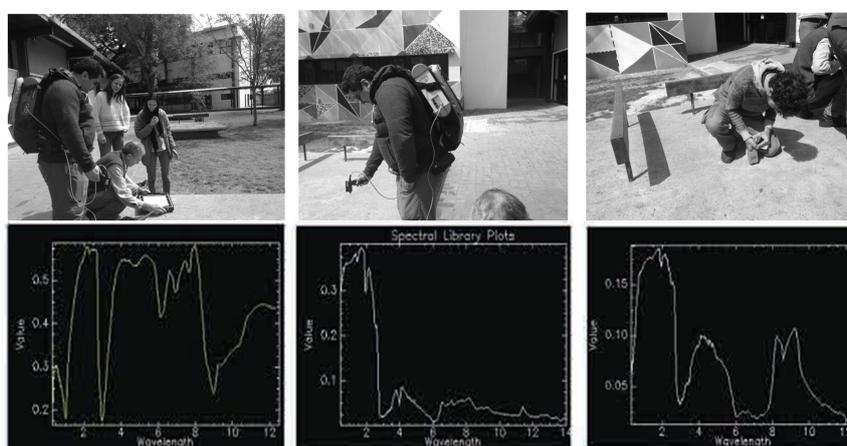


FIGURA 1

ESPECTRÓMETRO PORTÁTIL, Y RESULTADOS REGISTRADOS VISUALIZADOS EN PC. ENSAYOS DE ESPECTROMETRÍA IIPAC/CONAE. FIRMAS ESPECTRALES DE CHAPA GALVANIZADA, HORMIGÓN Y TEJAS ROJAS  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

También se trabajó en un método de identificación por imágenes aéreas de 4 bandas (visible RGB +infrarrojo cercano), sobre la misma área, estableciendo polígonos de entrenamiento a los efectos de identificar y clasificar los componentes desagregados en 9 clases de componentes y/o materiales (chapa, teja, hormigón, vereda, arbolado, sombras, etc.). Una vez cumplida la fase de verificación de los sectores seleccionados se analizó la imagen completa con el método de máxima verosimilitud del software R Studio agrupando los conjuntos de píxeles con materialidades similares. Luego, se visualizaron los resultados en QGis en función de la clasificación establecida diferenciando en la imagen los tipos de techos y superficies aledañas. Las figuras 2 y 3 muestran la secuencia del área seleccionada, la localización de los polígonos de entrenamiento, y el mapeo definitivo en QGis.

Una vez realizada la clasificación, la misma se verifica con un procedimiento de validación a través de la construcción de una “matriz de confusión” en la que se comparan los píxeles clasificados con los validados (observados) a los efectos de establecer el grado de error del análisis.

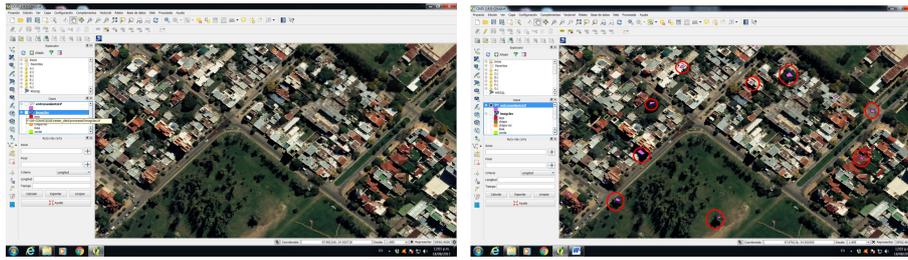


FIGURA 2

FIGURA 2. (DERECHA) IMAGEN AÉREA DE 4 BANDAS (RGB+INFRARROJA), VUELO 2013. FIGURA 2. (IZQUIERDA) POLÍGONOS DE ENTRENAMIENTO PARA CLASIFICAR LOS 9 COMPONENTES. TAMAÑO DE PIXEL: 0,25 MTS. ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A UNA IMAGEN AÉREA PROVISTA POR EL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL A TRAVÉS DE UN CONVENIO CON LA COMISIÓN DE ACTIVIDADES ESPACIALES.

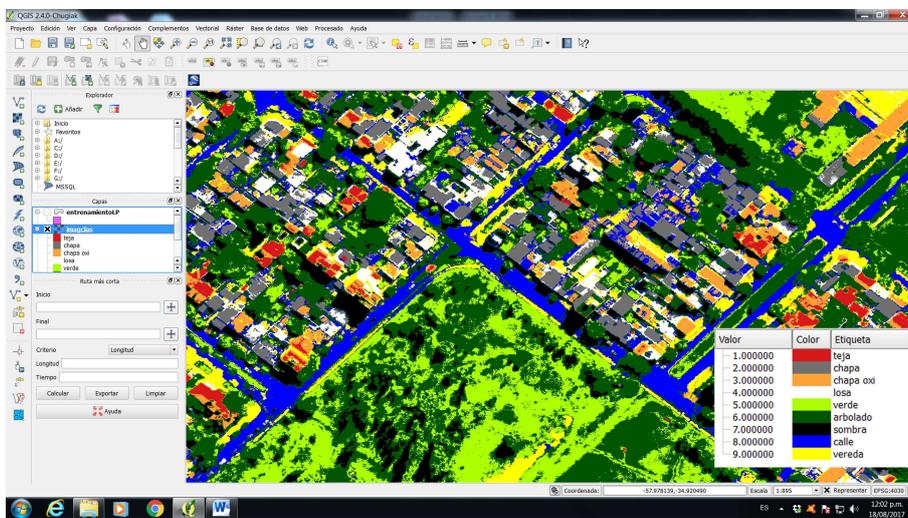


FIGURA 3

IMAGEN CON LA CLASIFICACIÓN DE LOS 9 COMPONENTES UTILIZANDO EL MÉTODO DE MÁXIMA VEROSIMILITUD CON EL SOFTWARE “R STUDIO”, VISUALIZACIÓN EN Q-GIS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Este conjunto de métodos permitieron iniciar una identificación masiva de componentes para la clasificación de las tecnologías y evaluar su repitencia. Dichas instrumentaciones simplifican significativamente el relevamiento de campo, y ayudan a la evaluación e implementación de mejoras tecnológicas en la edilia.

## APLICACIÓN DE LÓGICA BORROSA

Esta metodología se aplicó para la valoración de atributos objetivos y subjetivos orientados a calificar las redes de servicios urbanos: infraestructura, saneamiento y generales (transporte, educación, salud, etc.), el equipamiento y los aspectos ambientales. Asimismo, fue utilizada para la construcción de un índice de calidad de vida urbana<sup>4</sup>.

En este caso, para evaluar el complejo urbano se recurrió a estrategias novedosas de abordaje que permitieron comprender, discernir e integrar su diversidad. Su complejidad comprende aspectos objetivos y subjetivos con diferentes grados de interacción. La comprensión de las mismas a través de los métodos e instrumentaciones habituales presenta serias limitaciones de análisis. La convergencia de dimensiones objetivas y subjetivas y el estudio de sus atributos requieren la incorporación de otras lógicas de abordaje

con mayor versatilidad. Ante este desafío, se incorporaron metodologías estructuradas en el marco de la lógica borrosa, que incluyen instrumentaciones orientadas a valorar y analizar las cualidades de variables tanto numéricas (objetivas), como lingüísticas (subjetivas). Esto permitió integrar información alfanumérica que incluye datos objetivos tangibles asociados a datos subjetivos relacionados con la opinión o la percepción del problema en estudio. Con este enfoque se logró modelar las variables que describen el estado de una ciudad en sus diferentes dimensiones escalares (ciudad, barrio, manzana); y sus componentes (servicios, infraestructura, ambiente, etc.). El análisis incluyó la valoración de los servicios urbanos, entendiendo a los mismos como la oferta de servicios, y su contraste con la opinión/percepción de la demanda a través de los habitantes como usuarios, en su carácter de beneficiarios y/o afectados del servicio. Dicha lógica se aplicó inicialmente en redes de servicios (salud y educación) (Discoli & Romero, 1996) y luego en un modelo que integró y analizó la complejidad urbana en el marco de la calidad de vida brindada por la ciudad a través de sus servicios urbanos de carácter colectivo (Discoli, y otros, 2006). El modelo incluyó el análisis de las redes de servicios de infraestructura (electricidad, gas y sustitutos), saneamiento (agua y cloaca y sustitutos) y generales (transporte, educación, salud, etc.); y los aspectos ambientales. Se buscó evaluar a cada uno de ellos valorando la calidad a través de calificar las cualidades que los constituyen (disponibilidad, continuidad, frecuencias, seguridad, costos/precios, accesibilidad, riesgo, contaminación, importancia de la perturbación, etc.); relacionando el grado de cobertura/cubrimiento del servicio; y ajustando el algoritmo con la opinión/percepción de los usuarios/ciudadanos. Respecto a los aspectos ambientales, se adoptaron criterios similares incluyendo las patologías frecuentes, el área de perturbación ambiental y la percepción de los habitantes.

Como ejemplo se desarrolla una aplicación donde se utilizó la lógica borrosa para la valoración de los servicios. Los resultados obtenidos fueron cotejados con otros métodos numéricos clásicos de valoración (por ej.: métodos ponderados), dando resultados similares. Dicha lógica incluye un razonamiento por aproximación, obteniendo de esta manera resultados perfectibles, logrando en su recorrido buena precisión. Este proceso es de importancia para su aplicación ya que es semejante al razonamiento humano (aproximado por naturaleza).

La *lógica borrosa* difiere de la lógica clásica en los detalles y en su espíritu (Kosko, 1993). La clásica responde a una lógica bivalente donde la valoración puede tener dos opciones: verdadero o falso; 0 o 1; sí o no. En cambio la borrosa, se caracteriza por ser multivaluada, es decir, el valor de verdad es un número en el intervalo 0.1 donde sólo los extremos corresponden al verdadero (1) y falso (0), el resto de valores en el intervalo corresponden a verdades parciales o con cierto grado de certeza. Por ejemplo, si se observa el ejemplo de la figura 4, en la lógica clásica una persona que mide 1,80 será considerada baja pues según el gráfico sólo será alta si alcanza o supera los 2 mts. En cambio, en la lógica borrosa, dará como resultado que la persona es alta con valor de verdad 0,8 y tiene altura media con valor de verdad 0,25. Así, se puede tener, que una persona es de estatura alta y media a la vez, aunque con diferentes grados de verdad. Esto último nunca se da en la lógica clásica en la que todo tiene que ser o que no ser (ley del tercio excluido).

La inclusión de la lógica multivaluada en la teoría de conjuntos realizada por (Zadeh, 1965) y (Bracc & Rutherford, 1978), permite introducir el concepto de conjunto borroso. Un conjunto clásico o de pertenencia bivaluada o bivalente incluye o excluye enteramente a sus elementos. En cambio, un conjunto borroso no tiene un límite claramente definido y puede contener elementos con sólo un grado parcial de pertenencia. Es decir, en lógica borrosa, la verdad de cualquier sentencia es una cuestión de grados, en donde el razonamiento borroso da la posibilidad de responder una pregunta sí-no con una respuesta sí o no en determinado grado.

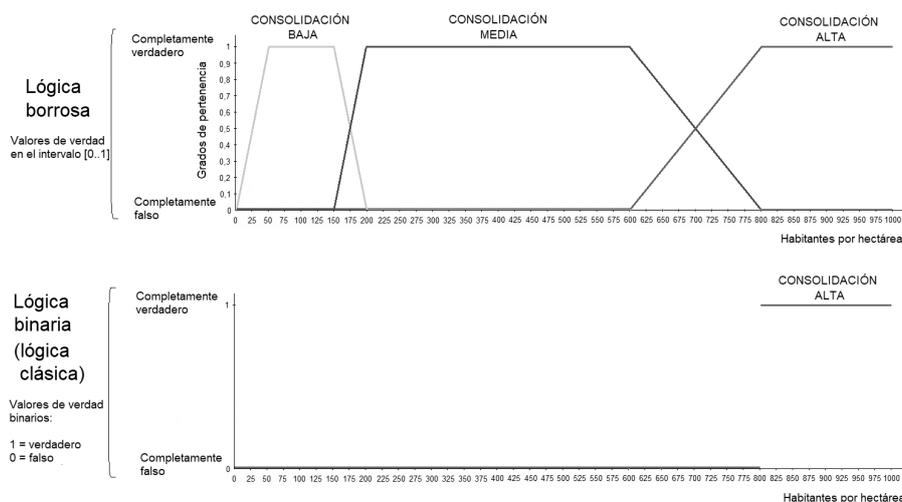


FIGURA 4  
 EL GRADO DE CONSOLIDACIÓN EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE HABITANTES POR HECTÁREA USANDO LÓGICA BORROSA (ARRIBA) Y LÓGICA CLÁSICA (ABAJO).  
 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En consecuencia, se entiende por conjunto borroso, como aquella función que asocia a cada valor, perteneciente al dominio de una función, con su grado de pertenencia (el grado de pertenencia siempre es un valor en el intervalo 0..1. Dichos conjuntos se asocian a valores lingüísticos, los cuales definen distintas categorías de una variable (por ej.: baja, media, alta). Es decir, una variable (ej.: densidad en habitantes/hectárea) puede tener diferentes categorías (ej.: baja, media, alta). A las diferentes categorías se las conoce como valores lingüísticos y a la variable de interés en un sistema se la denomina variable lingüística.

Es decir, en el ejemplo de la figura 4 se tiene una variable lingüística (densidad) con 3 valores lingüísticos (alta, media y baja). Cada valor lingüístico tiene un conjunto borroso cuya función es de tipo trapezoidal. Se puede observar en la figura 4 las funciones de pertenencia (conjuntos borrosos) asociadas a cada uno de los 3 valores lingüísticos: baja, media y alta. Cada una de estas funciones de pertenencia define el grado de verdad para cada valor del dominio de la función. El grado de verdad (o grado de pertenencia) 1 corresponde a un hecho completamente verdadero en tanto que el grado de verdad 0 significa un hecho completamente falso. Valores intermedios entre 0 y 1 expresan hechos parcialmente verdaderos (o parcialmente falsos).

Siguiendo con el ejemplo de la figura 4; si se aplica lógica borrosa, el valor de densidad de 400 habitantes por Ha. corresponde a una consolidación media con grado de pertenencia igual a 1 (completamente verdadero), en tanto que el valor 175 tiene un grado de pertenencia de 0,5 a la consolidación media y también de 0,5 a la consolidación baja. En cambio, el valor 180 tiene un grado de pertenencia de 0,4 a la consolidación baja y de 0,6 a la consolidación media. Es decir, a medida que el valor se va acercando a 200, el grado de pertenencia a la consolidación media aumenta (lo cual es lógico pues en 200 alcanza su máximo valor: 1) y el de la consolidación baja disminuye. El caso anterior muestra que un mismo valor de una variable lingüística puede pertenecer (en el mismo grado o diferente grado) a diferentes valores lingüísticos. Esto se diferencia claramente de la ley del tercio excluido de la lógica clásica donde un elemento (ej.: un valor) pertenece o no pertenece a un determinado conjunto (no puede pertenecer a medias o en cierto grado). En el caso de aplicar la lógica clásica, el valor de densidad de 400 habitantes/hectárea significaría que es completamente falso que pertenezca a una consolidación alta. El mismo resultado se obtendría para una densidad de 799 hab./ha. Valores superiores o iguales a 800 indicarían, recién entonces, una consolidación alta.

La complementariedad de dichas lógicas, la borrosa y la clásica, permitió implementar una metodología versátil y abarcativa que incluyeron instancias de análisis objetivo/subjetivo. Su instrumentación se potenció con la implementación de sistemas de control moderno de múltiples entradas y salidas. Esto permitió

generar un instrumento apropiado para poder cuantificar de forma precisa, por ejemplo, los servicios de infraestructura y de saneamiento a través de la evaluación de ciertas cualidades que los identifican y caracterizan. Entre ellas podemos mencionar por ejemplo: *continuidad de los servicios, cortes, tiempos de reposición/solución, costos, propiedades físico-químicas, riesgo de utilización, atención al cliente, etc.*

El mecanismo de evaluación de la calificación mediante lógica borrosa se implementó a través de un sistema de inferencia borroso (SIB). El sentido del SIB es mapear valores de un espacio de entradas en un espacio de salida, y el mecanismo para hacerlo es a partir de una lista de sentencias if-then (si...entonces...) llamadas reglas. Estas reglas se utilizan para definir el comportamiento del sistema. Para transformar el conjunto de valores de entrada en un conjunto de valores de salida se realiza un proceso de inferencia. El SIB permite diseñar el funcionamiento del sistema usando reglas escritas en lenguaje natural, evitando reglas matemáticas rígidas. Las reglas son sentencias que sirven para relacionar variables de entrada con variables de salida en un sistema. Su estructura tiene la forma:

Si  $x$  es  $A$  entonces  $y$  es  $B$

En la regla anterior se denomina antecedente a “ $x$  es  $A$ ” y consecuente a “ $y$  es  $B$ ”. El consecuente especifica uno o más conjuntos borrosos a ser asignados a la salida. En la regla anterior “ $x$ ” e “ $y$ ” son variables lingüísticas y “ $A$ ” y “ $B$ ” son valores lingüísticos asociados a “ $x$ ” e “ $y$ ” respectivamente.

En el desarrollo de software, donde se aplica la lógica clásica, la regla anterior se lee como si el antecedente es verdadero entonces el consecuente también lo es. No obstante, en la lógica borrosa el antecedente puede tomar valores distintos al verdadero (1) y falso (0) en el caso de sentencias parcialmente verdaderas (o parcialmente falsas).

Normalmente, el diseño de un sistema de inferencia borroso consiste en seleccionar las variables de interés (variables lingüísticas) que se pretende modelar. Una vez seleccionadas las relevantes, se procede a definir los valores lingüísticos asociados a cada una de las variables lingüísticas (cada uno con su función de pertenencia asociada). Luego se definen las reglas que relacionen las variables de entrada con las variables de salida del sistema. En síntesis, el concepto de inferencia borrosa es un método que interpreta los valores de un vector de entrada (representado por las cualidades del objeto en estudio), evaluado por una lista de sentencias if-then (llamadas reglas), y un vector de salida (10).

Por ejemplo, en la figura 5 se evalúa la calidad del vector “servicio de gas Natural por red (GNr)”. Se configuró con cuatro variables de entrada identificadas por los atributos de valoración (cualidades del servicio: Continuidad, Costo, Propiedades y Riesgo; cinco reglas, que se configuran en función de sus cualidades, a las que se le asignó una etiqueta (por ejemplo “Muy Baja”; “Baja”; “Regular”; “Buena” e “Ideal”) y una cadenas lógicas de comportamientos en función de las salidas requeridas. En este caso, dado que se trata de un insumo en red, la información pertinente recabada para este vector manifiesta alta “continuidad” (Entrada 1 de la figura 5); bajo costo; y buenas propiedades calóricas. Pero cuenta con cierto “riesgo” en el caso de cortes de servicio, dado que las consecuencias de un corte pueden ocasionar problemas significativos de operación y de uso (Entrada 4 de la figura 5). En otros servicios, las cualidades pueden ser etiquetadas de diferente manera (en Energía Eléctrica la red presenta otras dificultades en cuanto a continuidad, costo y riesgo). En consecuencia, la configuración de reglas para cada vector debe abarcar la diversidad de situaciones de un servicio.

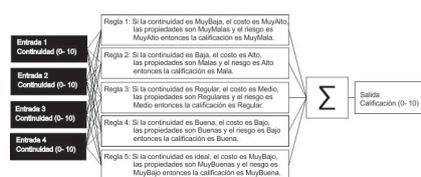


FIGURA 5

Estructura de un sistema de inferencia borroso para determinar la calidad de un servicio.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Para obtener resultados a partir de un sistema de inferencia borroso se deben seguir 5 pasos o etapas (Hilera & Martínez, 1995) que van desde el ingreso de datos a las variables de entrada hasta la obtención de los resultados:

i. Fuzzificación de los valores de entrada:

- i. Se define para cada cualidad del un servicio, el rango de entradas y el grado con el cual ellas pertenecen a cada uno de los conjuntos borrosos, debiendo establecer en consecuencia funciones que caractericen a la cualidad analizada. En el caso de Gas Natural (GN), se trata de las cualidades que identifican y describen las especificidades del servicio de la red. Las entradas siempre tienen un rango en el universo de discurso de la variable de entrada (en el ejemplo, el intervalo va entre 0 y 10), y la salida es un grado de pertenencia a un conjunto borroso (número en el intervalo [0, 1]). Las funciones de pertenencia que representan a cada cualidad, permiten determinar, a partir de un valor de entrada, su situación en un conjunto borroso asociado a un valor lingüístico. Estas funciones pueden definirse a partir de información previa (estadística determinística, lógicas clásicas); la experiencia; la intuición; y/o simplemente utilizando el sentido común. Suelen ser funciones triangulares, trapezoidal, gaussiana o combinación de ellas (ver figura 6). Los datos necesarios para la fuzzificación, tales como universo de discurso, etiquetas lingüísticas, funciones de pertenencia etc. dependen directamente de la base de conocimientos que se tenga de cada objeto de análisis; y dicha base debe cumplir con ciertas condiciones: completitud, consistencia e interacción entre reglas (Discoli & Romero, 1997). En síntesis, el primer paso consiste en calcular para cada valor de cada entrada su situación usando las correspondientes funciones de pertenencia en cada uno de los conjuntos borrosos asociados a valores lingüísticos.

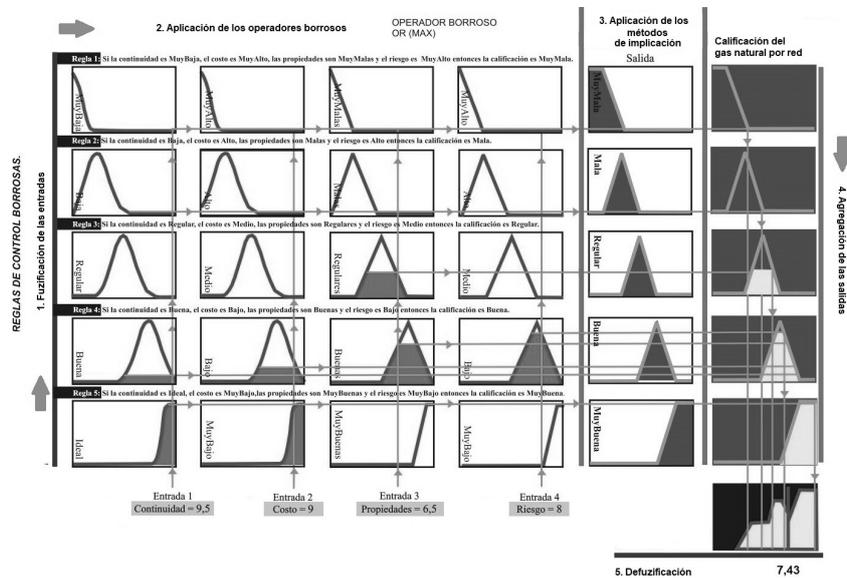


FIGURA 6  
ETAPAS DE PROCESAMIENTO EN UN SISTEMA DE INFERENCIA BORROSO.

Fuente: Elaboración propia

ii. Aplicar los operadores borrosos:

- i. Una vez concluido el paso anterior se sabe con qué grado se satisfizo cada término del antecedente de cada regla. En el caso de que una regla involucre el uso de operadores se emplean los operadores borrosos que correspondan a los efectos de obtener un único número que represente el grado en que se satisface el antecedente de la regla. Este paso toma como entrada un vector de números (donde

cada posición del vector es un número entre 0 y 1 que corresponde a un valor lingüístico) y devuelve como resultado un único número que representa el grado con que se satisface el antecedente de la regla (punto 2 de la figura 6).

### iii. Aplicación de los métodos de implicación:

- i. Ciertos programas como el Fuzzy Logic Toolbox<sup>5</sup> (The MathWorks, 2019) implementan un sistema de prioridades entre las distintas reglas; esto significa asociarle un peso a cada regla el cual se aplica al valor con que se satisfizo el antecedente (una vez que se han fuzificados todas sus entradas y aplicado los operadores correspondientes en caso de ser necesario) antes de aplicar el método de implicación. Este peso normalmente es un número entre 0 y 1. Asignando un 1 como peso a cada regla se obtiene entonces un sistema en el que todas las reglas tienen igual prioridad, es decir, no tendrá ningún efecto sobre el método de implicación que se aplicará.

Una vez establecidas las prioridades de las distintas reglas se procede a aplicar un método de implicación para cada regla. Para cada una de las reglas, el método de implicación toma el número obtenido al evaluar el antecedente de la regla en el paso anterior y modifica a cada conjunto borroso de salida en función de dicho valor.

Resumiendo, un método de implicación recibe 2 parámetros: un número entre 0 y 1 y un conjunto borroso de salida, y produce como resultado un nuevo conjunto borroso.

En el ejemplo de la figura 5 se puede observar, en la regla 3, que el operador borroso utilizado es el OR=máx pues, de las 4 variables de entrada, el valor que se aplicó para truncar la variable de salida fue el correspondiente a la variable Propiedades, que es la que posee el mayor grado de pertenencia.

### iv. Agregación de las salidas:

- i. Para cada variable lingüística de salida, los conjuntos borrosos parciales, obtenidos luego de aplicar el método de implicación correspondiente a cada regla, punto 3 de la figura 6, son combinados para obtener un único conjunto borroso final. En síntesis, un método de agregación recibe un conjunto de conjuntos borrosos (parciales) y retorna un conjunto borroso (final) agregado (punto 4 de la figura 6).

### v. Defuzificación:

- i. La etapa de defuzificación toma como entrada un conjunto borroso (el producido en el paso anterior) por cada variable lingüística de salida, y produce como salida un número en el rango de valores de cada variable de salida del sistema. Existen diferentes métodos de defuzificación tales como el del centroide, la media de los máximos, y el más grande de los máximos, entre otros. En el caso del ejemplo se utilizó el método del centroide que se basa en hallar la abcisa del centro de masa del área de la poligonal resultante del proceso de agregación, el cual produce en general un error cuadrático medio menor que los demás (punto 5 de la figura 6),

La figura 6 muestra la síntesis del funcionamiento de todas las partes del proceso antes expuesto (etapas i. a v.), se indica como fluye la información a través del sistema y por último se muestra el proceso de inferencia completo para el caso concreto del cálculo de la calificación del Servicio básico de Infraestructura GNr (Gas Natural por red).

En síntesis, la implementación de lógica borrosa en el estudio de sistemas complejos, ha permitido incluir una herramienta muy útil para el proceso de análisis y valoración de las cualidades objetivas/subjetivas, en este caso, de los servicios urbanos (en este caso para el gas natural por red). Los resultados obtenidos demostraron que esta herramienta dio respuestas razonables, permitiendo valorar las capacidades de los sistemas. Es preciso

recordar aquí que su potencialidad está en la capacidad de incluir en el análisis variables tanto objetivas (tangibles) como subjetivas (opinión/percepción), de las cuales se obtienen valoraciones numéricas para cada cualidad, y cuya posterior integración permite calificar cada servicio urbano.

En consecuencia, consideramos que la implementación de “lógica borrosa” es una alternativa viable y precisa para la problemática urbana, teniendo en cuenta que el territorio es un área extensa y con diversos grados de heterogeneidad. Esta implementación ha permitido valorar la oferta de los servicios básicos que conforman el complejo urbano.

#### UTILIZACIÓN DE MATERIALES NO HABITUALES EN SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN DE ESPACIOS HABITABLES Y DE PRODUCCIÓN: UTILIZACIÓN DE PIGMENTOS EN HORMIGONES PARA USOS TÉRMICOS.

Las experiencias realizadas en el área de materiales permitieron innovar en desarrollos asociados a sistemas de climatización pasiva en viviendas y espacios productivos. En particular, nos referimos a los “Muros Acumuladores de Calor (MAC)”, que se utilizan habitualmente para acumular energía térmica en su masa a partir de la irradiación de energía del sol. Sus antecedentes se remontan al siglo XIX con los preceptos enunciados por Edward Morse (Trombe, & Michel, 1881), los que fueron continuados y desarrollados en la década de 1960 por Félix Trombe y Jacques Michel en las casas pasivas de la localidad francesa de Font-Romeu-Odeillo-Via, localizada en los Pirineos orientales (Mazria, 1983). Décadas más tarde en Estados Unidos, se desarrollaron algunas aplicaciones que permitieron establecer criterios básicos de funcionamiento y uso de dichos sistemas en base a modelos simplificados de los complejos fenómenos físicos y térmicos involucrados, permitiendo la aplicación cotidiana en edificios (Balcomb, Barker, & Hancock, 1998) (Balcomb & Hedstrom, 1980). En 1997 investigadores franceses relacionados con J. Michel desarrollaron avances a los diseños originales incorporando al muro trombe tradicional una aislación interna para evitar las pérdidas nocturnas y ganancias diurnas indeseables (Zalewski, et al, 1997).

Existen múltiples diseños y alternativas para muros acumuladores que han dependido de la disponibilidad del recurso solar, de la demanda energética, y principalmente de la materialidad y de la diversidad climática relacionada con la amplitud térmica del sitio, así como su grado de heliofanía. Los antecedentes muestran diversidad en cuanto a los modos de transferencia térmica; los materiales utilizados; la morfología; en las capacidades de acumulación de calor; en las respuestas al retardo; y al amortiguamiento de la onda térmica. Los sistemas se diferencian por las capacidades termo-físicas de los materiales utilizados; el estado de la materia y cambio de fase de la misma; de sus calores específicos; y de la absorptancia superficial. También se diferencian en cuanto a la capacidad de carga y descarga térmica intrínseca del material y sus efectos sobre la onda térmica.

En todos los casos se incluye un tratamiento superficial en la masa de acumulación (superficie expuesta al sol), con el objetivo de mejorar la absorptancia del área colectora de cada sistema (pinturas o tratamientos selectivos). En cuanto a la masa térmica de acumulación de los MAC, las mismas pueden variar en su materialización, utilizando elementos sólidos, materiales con cambio de fase, materiales líquidos, o configuraciones mixtas en la que coexisten diferentes estados. Dentro de los materiales sólidos se utilizan diferentes piedras; ladrillos de tierra cocida; u hormigón. En el caso de materiales con cambio de fase, podemos mencionar sales o parafinas utilizados en forma unitaria o integrados en la masa de hormigón ( ) y ( ). Dentro de los materiales líquidos, si bien su utilización ha sido menos frecuente, se puede mencionar el agua, por ser económica y poseer una alta capacidad de acumulación de calor (calor específico: 4,18 J/kg).

En Argentina, a partir de la década del '70, y dada la diversidad climática y de recurso solar (0,5 a 7,5 kWh/m<sup>2</sup>, (Grossi Gallegos & Righini, 2007) se desarrollaron diferentes sistemas tecnológicos de climatización implementando Muros Acumuladores de Calor (MAC). Dicha diversidad la podemos clasificar a partir de sus sistemas de transferencia y sus masas de acumulación diferenciándose en: a. muros con retardo de la onda térmica; b. muros de entrega de calor continua; c. muros con acumulación en material sólido; d. muros

con acumulación en fluido; e. muros con acumulaciones mixtas. (Alanis, Saravia, & Lesino, 1978a)(Alanis, Saravia, & Lesino, 1978b) (Urriol, 1980) (Guerrero, et al, 1984). La figura 7(Guerrero, et al, 1979) muestra los esquemas simplificados de las diferentes alternativas de muros acumuladores de calor (MAC).

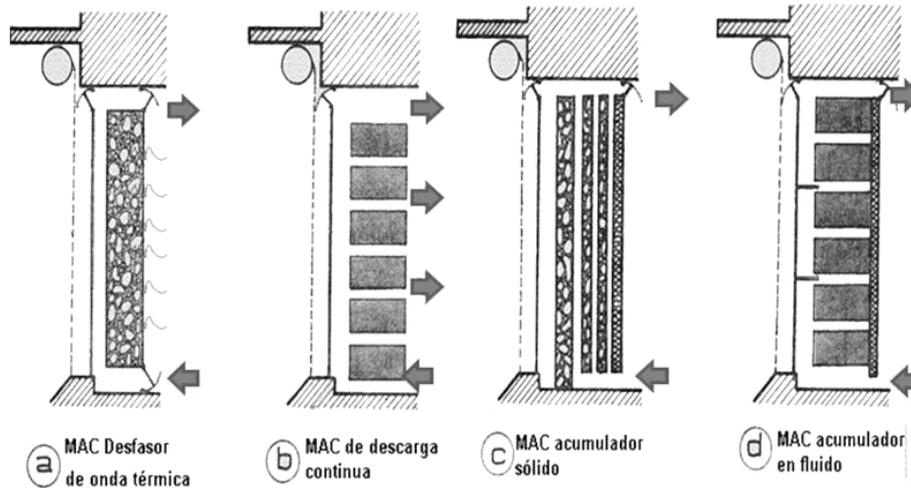


FIGURA 7  
TIPOS DE MUROS ACUMULADORES DE CALOR (MAC).  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Los MAC en materiales sólidos como piedra, ladrillo, hormigón, etc., permiten acumular la energía de origen radiante en térmica en la masa sólida, y desfasar la carga térmica entre el período diurno y el nocturno; reiniciando el ciclo en el día siguiente (Lesino, Ovejero, & Saravia, 1978). Se han aplicado en regiones climáticas extremas de Argentina con recurso solar alto, Zona IV, V, VI, Norma IRAM 11603- (Radiación solar global horizontal total anual entre  $8000 \text{ MJ/m}^2$ ), climas secos y fríos con gran amplitud térmica y alta heliofanía relativa.

Los MAC líquidos utilizan solamente materiales fluidos (por ejemplo agua), encriptados en celdas estancas. Cuentan con un calor específico mayor y un proceso de transferencia radiativo, convectivo y conductivo con mayor dinámica. Se han utilizado en regiones con recurso solar medio, Zona IIIb, Norma IRAM 11603- (Radiación solar global horizontal total anual entre  $4500$  y  $5500 \text{ MJ/m}^2$ ) y temperaturas templadas con altos niveles de humedad, en general costeras, donde la amplitud térmica es menor y la heliofanía es variable por la alta nubosidad.

Recientemente se comenzó a trabajar con los MAC resueltos con materiales mixtos (hormigón y agua). Estos se desarrollaron e instrumentaron a partir de una masa sólida cuyas propiedades intrínsecas le dan inercia térmica y retardo, en la cual se inserta una vaina plástica rellena con material fluido con alto calor específico (en este caso agua) cercana a la cara asoleada a los efectos de acumular mayor cantidad de energía en dicho volumen (Díscoli, Viegas, & San Juan, 2011). De esta manera se maximiza la capacidad de carga a través de una mayor capacidad calorífica dada por el agua, conservando la inercia térmica y el retardo suministrado por el hormigón. Se han aplicado en regiones mediterráneas con recurso solar medio, Zona IIIa, IVb y IVc, Norma IRAM 11603- (Radiación solar global horizontal total anual entre  $4500$  y  $5500 \text{ MJ/m}^2$ ), con temperaturas templadas-frías, bajos niveles de humedad, con amplitudes térmicas intermedias y heliofanías medias y altas.

La figuras 8 muestra ejemplos de aplicación de los diferentes MAC descriptos. La figura 8a muestra la casa de Abra Pampa con MAC sólidos resueltos en piedra (Lesino, et al, 1981); la figura 8b muestra la casa de La Plata con muros MAC con descarga controlada resueltos con acumulación en celdas de agua; y la

figura 8c muestra la casa de Tapalqué con MAC mixtos resueltos en piezas de hormigón con celdas plásticas encriptando agua.

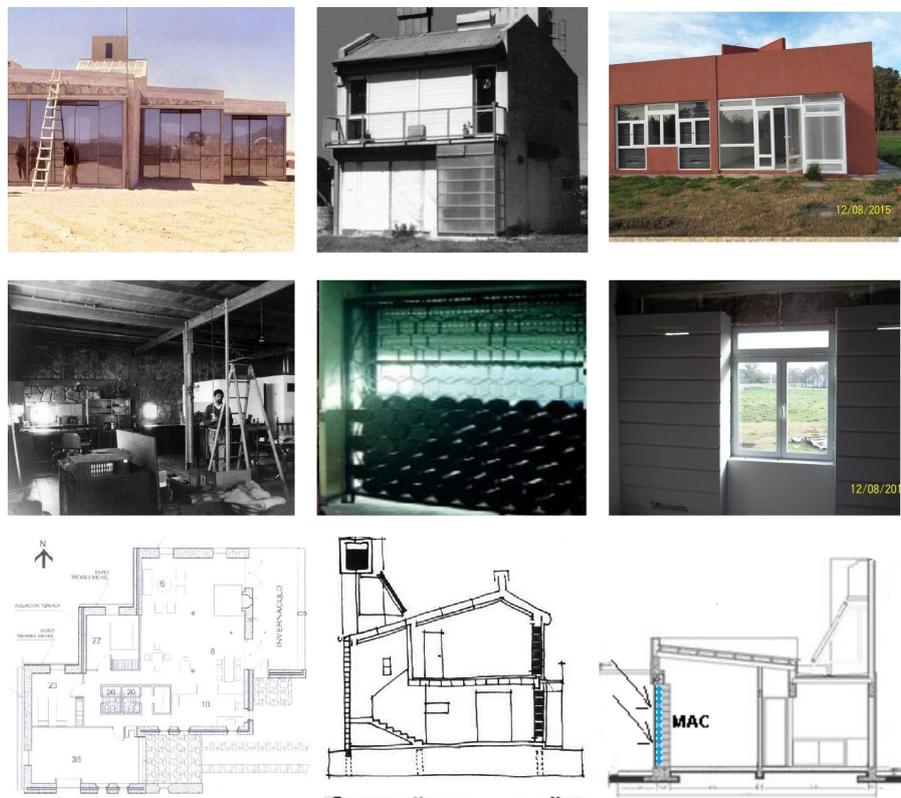


FIGURA 8

Figura 8a. Casa de Abra Pampa. Figura 8b. Casa de La Plata. Figura 8c. Casa de Tapalqué.  
8A. INENCO, CONICET/UNSA; 8B. IAS-FABA. IIPAC/UNLP; 8C. IIPAC, UNLP. LA PLATA. BS. AS.

En función de los antecedentes enunciados y de las experiencias realizadas recientemente en el IIPAC, CONICET-UNLP con los MAC mixtos (figura 9), se iniciaron ensayos incluyendo “pigmentado” en algunas de las piezas de hormigón que lo constituyen, los que mejoraron sus prestaciones térmicas. Hasta el momento, en todos los casos precedentes a esta tecnología, para mejorar la absorción sólo se utilizaban tratamientos superficiales en la cara expuesta a la irradiación solar. También debemos recordar que, en general, el uso de los pigmentos en hormigones tiene como objetivo aplicarse en piezas que cumplan funciones de señalización (usos viales, rampas, etc.), o usos estéticos. No se han observado aplicaciones orientadas a usos térmicos, y específicamente aplicados en muros acumuladores de calor. En consecuencia, se realizaron ensayos de MAC con el agregado de pigmentos (2% de negro de humo) en las piezas de hormigón, modificando la coloración en toda la masa de hormigón (piezas de núcleo negro), ennegreciendo el interior del material a nivel granular.



FIGURA 9

PIEZA DEL MAC PIGMENTADAS Y SIN PIGMENTAR (HORMIGÓN NATURAL); Y PROBETA DE ENSAYO DEL INTI  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Dicha inclusión se orientó en principio a mejorar la absorción térmica del hormigón evitando el uso de pinturas de terminación superficial con alta absorción. Los ensayos registraron niveles térmicos superiores a los alcanzados con las piezas de hormigón tradicional. La mayor temperatura alcanzada en la masa mejora sustantivamente la capacidad de carga térmica del sistema. Dicho comportamiento no cuenta con antecedentes en cuanto a los atributos termo-físicos de hormigones pigmentados para usos térmicos y de climatización.

En síntesis, la incorporación de “pigmentos” en la masa sólida de hormigón permitió mejorar el estado térmico de la acumulación, ampliando la capacidad de acumulación, y una mayor eficiencia energética. Es decir, ante una misma exposición a la irradiación solar y a igualdad de masa, las piezas de hormigón de núcleo negro registraron mayores temperaturas que en un sistema habitual (sin pigmentar). Esto implica una mayor carga térmica para climatizar y/o estabilizar un espacio durante el ciclo nocturno. Dado que no existían antecedentes en cuanto a las propiedades termo-físicas del hormigón pigmentado, se realizaron ensayos en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial, departamento de construcciones, con diferentes dosajes y tipos de pigmentos. Dichos ensayos permitieron establecer la conductividad térmica, difusividad y absorción de cada composición, a los efectos de completar información técnica vacante, y establecer los patrones de comportamiento térmico de dichos materiales.

La figura 9 muestra un BOX con MAC Sólidos y Mixtos conformados con piezas pigmentadas y sin pigmentar a los efectos de analizar térmicamente dichas tecnologías.

Las características técnicas de los MAC se especifican en la patente “Muro climatizador Acumulador de Calor Mixto con vainas líquidas estancas, desarrollada por el IIPAC, UNLP-CONICET (Díscoli & San Juan, 2010). Para la construcción de ambas tecnologías se trabajó con hormigón H30 con piedra 6,20 natural; y pigmento de color negro (nombre comercial Meramoe), con una proporción del 2% de carbón negro de humo amorfo, exento de materiales extraños (Composición: negro de humo - 100%, N° CAS: 1333-86-4).

Los resultados obtenidos en los MAC pigmentados y sin pigmentar, mostraron diferencias térmicas significativas. La figura 10 visualiza los niveles térmicos alcanzados en ambas tecnologías.

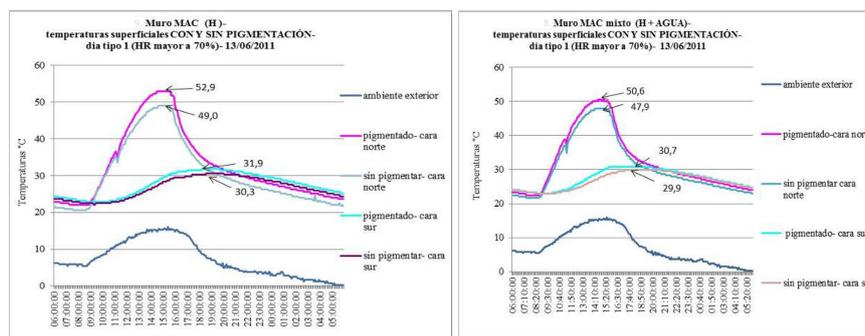


FIGURA 10

COMPARACIÓN DE AMBAS TECNOLOGÍAS CON Y SIN PIGMENTACIÓN (NEGRO DE HUMO).  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Las temperaturas alcanzadas en las piezas pigmentadas de ambos sistemas (MAC Sólido y MAC Mixto), registran un mayor nivel térmico. Esto significa que la capacidad de carga de energía final acumulada será mayor en dichas piezas respecto a las sin pigmentar. Sobre la cara norte se observa en ambos MAC una diferencia de temperaturas de  $3.7^{\circ}\text{C}$  y  $2.7^{\circ}\text{C}$  entre las piezas pigmentadas y las de hormigón natural. Se verifica entonces que la incorporación de pigmentos mejoró el estado térmico y la carga final en las masas de acumulación.

En consecuencia, la inclusión de pigmentos en la composición de los hormigones permitió mejorar la performance de los sistemas solares pasivos para climatización, incorporando conocimiento agregado a su utilidad. Dicha implementación amplió la frontera del conocimiento en cuanto a sus nuevas aplicaciones para uso térmico, abriendo un camino poco explorado aún.

## CONCLUSIONES

A partir de los ejemplos desarrollados se puede observar la importancia de explorar nuevos instrumentos y/o métodos provenientes de otras disciplinas y materiales inusuales, a los efectos de ser utilizados y/o adaptados a las demandas complejas de los problemas del hábitat. Es un desafío permanente que permite avanzar en las fronteras del conocimiento de las diferentes disciplinas detectando áreas de vacancia concretas. Las experiencias desarrolladas afirman y validan la importancia de transgredir esquemas metodológicos habituales, generando rupturas que ayudan a pensar y analizar los problemas desde otra posición.

Es así que la implementación de métodos, instrumentos y/o tecnologías poco usuales permitió en su momento avanzar sustantivamente en campos de estudio propios, y que en función de una reinterpretación de sus atributos y potencialidades, se pudieron implementar con éxito soluciones en otras áreas y/o líneas de investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alanis, E., Saravia, L., & Lesino, G. (1978a). Material de alto calor específico para muro Trombe-Michel. *AVERMA* 4, 241-248
- Alanis, E., Saravia, L., & Lesino, G. (1978b). Propiedades térmicas y ensayo de materiales para acumulación. *AVERMA* 4, 67-99
- Balcomb, J. D., Barker, G., & Hancock, C. E. (1998). *An exemplary building case study of the Grand Canyon South Rim Residence*. NREL/TP-550-24767. Golden, Colorado: National Renewable Energy Laboratory.

- Balcomb, D., & Hedstrom, J. (1980). Determining heat fluxes from temperature measurements in massive walls. *5th National Passive Solar Conference. American Section of the International Solar Energy Society*. Amherst. Newark.
- Bracc, M., & Rutherford, D. (1978). Fuzzy relation in a control setting. *Kybernetes* 7 (3), 185-188
- Díscoli, C. A., & Romero, F. (1996). Desarrollo metodológico aplicando control borroso a las bases de datos del sector terciario, subsector salud. *AVERMA* 19, 621-624.
- Discoli, C., & Romero, F. (1997). Control borroso aplicado a las bases de datos del sector terciario. Primer modelo simple capa para el subsector salud. *AVERMA* 20, 129-132.
- Díscoli, C., & San Juan, G. (2010). *Patente n° IMPI 20110100010*, Oficina de patentes de CONICET. Argentina
- Discoli, C., Dicroce, L., Babero, D., Amiel, D., San Juan, G., & Rosenfeld, E. (2006). Modelo de calidad de vida urbana. Formulación de un sistema de valoración de los servicios urbanos básicos de infraestructura aplicando lógica borrosa. *AVERMA* 29, 1.21-1.28.
- Díscoli, C., Viegas, G., & San Juan, G. (2011). Viviendas bioclimáticas en Tapalqué. Sistema de climatización por muros acumuladores de calor (MAC): Resultados preliminares. *AVERMA* 34, 1.21-1.28
- Grossi Gallegos, H., & Righini, R. (2007). *Atlas de energía solar de la República Argentina*. SECYT-UNLu.
- Guerrero, J. L., Rosenfeld, E., Ravella, O., & del Cueto, R. (1979). Muro colector acumulador para el programa CESAD. *AVERMA* 5, 491-499
- Guerrero, J., Díscoli, C., Rosenfeld, E., Ravella, O., & Ferreyro, C. (1984). Prototipo experimental de La Plata: Primera campaña de ensayos de habitabilidad y comportamiento energético. *AVERMA* 9, 113-120
- Hilera, J. R., & Martínez, V. J. (1995). *Redes neuronales artificiales. Fundamentos, modelos y aplicaciones*. RA-MA
- Kosko, B. (1993). *Pensamiento borroso*. Drakontos.
- Lesino, G., Ovejero, R., & Saravia, L. (1978). Anteproyecto y análisis térmico de una vivienda con uso de energía solar para la Puna. *AVERMA* 4, 269-305.
- Lesino, G., Requena, R., Saravia, L., Fontanilla, E., Echazú, R., & Canelada, A. (1981). Edificios solares en la Puna: Estado de avance de su construcción y monetización. *AVERMA* 7, 138-153.
- Martini, I., Barbero, D., Discoli, C., Rosenfeld, E., Dicroce, L., & Esparza, J. (2007). Determinación y análisis de las variables edilicias, energéticas y productivas para la valoración del servicio educación en el marco de un modelo de calidad de vida urbano. *AVERMA* 30, 01.65-01.72
- Mazria, E. (1983). *El libro de la energía solar pasiva*. Gustavo Gili S.A
- Szokolay, S. (1975). *Solar Energy and building*. Halsted Press
- The MathWorks, I. (2019). Fuzzy Logic Toolbox 2. User's guide. <http://www2.cs.siu.edu/~rahimi/cs437/slides/fuzzy.pdf>
- Torcellini, P., Long, N., Pless, S., & Judkoff, R. (2004). Evaluation of the Low-Energy Design and Energy Performance of the Zion National Park Visitors Center. <https://www.nrel.gov/docs/fy05osti/34607.pdf>
- Trombe, F., & Michel, J. (1881). PATENT N 246626. Perfectionnements apportés aux habitations équipées d'installations de climatisation naturelle. Francia.
- Urriol, G. (1980). Sistema de ensayo comparativo de muros colectores-acumuladores y simulación de un muro homogéneo. *AVERMA* 6, 247-272
- Viegas, G. (2014). *Evaluación del potencial energético e intervenciones de mejoramiento del entorno edilicio en áreas de media y baja consolidación: La ciudad de La Plata como caso de estudio*. El Autor.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control* 8, 338-353.
- Zalewski, L., Chantant, M., Lassue, S., & Duthoit, B. (1997). Experimental thermal study of a solar wall of composite type. *Energy and Buildings* (25), 7-18

## NOTAS

- \* Investigador Principal del CONICET. IIPAC/CONICET-UNLP. Doctor en Ciencias de la Universidad Nacional de Salta. Máster en Ambiente y Patología Ambiental de la Universidad Nacional de La Plata en convenio con la Escuela de los Altos Estudios de Siena, Italia. Ingeniero Mecánico de la UTN, Regional la Plata. Director de proyectos de investigación CONICET, ANPCyT y UNLP; cuenta con 14 libros publicados de diferentes temáticas, y 184 publicaciones científicas de carácter internacional, regional y nacional. Ha asistido como expositor a múltiples congresos desde 1984.
  - \*\* Investigadora Adjunta CONICET. IIPAC/CONICET-UNLP. Doctora en Ciencias de la Universidad de Salta. Investigadora Adjunta del CONICET en el IIPAC-CONICET-UNLP. Arquitecta FAU-UNLP. Desarrolla su actividad en investigación en los campos del hábitat, la energía y el ambiente. Cuenta con más de 30 artículos a congresos y en revistas con referato de la especialidad. Ha participado en más de 14 proyectos de investigación CONICET, ANPCyT, UNLP y BID. Es ACD ordinario de la cátedra de Arquitectura de la FAU-UNLP. Es Docente – Investigadora Categoría IV.
  - \*\*\* Investigador Adjunto del CONICET. IIPAC/CONICET-UNLP. Es egresado de la Universidad Nacional de Córdoba en la que obtuvo el título de Posdoctorado y de la Universidad Nacional de La Plata, en la que obtuvo los títulos de Doctor en Ciencias Informáticas, Licenciado en Informática y Analista de Computación. Ha ganado 2 becas por concurso de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) y participado como autor o co-autor en 3 libros y más de 70 publicaciones científicas.
  - \*\*\*\* Investigadora Independiente CONICET. IIPAC/CONICET-UNLP. Doctora en Cs de la Universidad de Salta. Magister en Políticas Ambientales y Territoriales, en el Instituto de Geografía UBA. Arquitecta FAU-UNLP. Desarrolla su actividad en investigación en los campos del hábitat, la energía y el ambiente. Cuenta con más de 80 artículos a congresos y en revistas con referato de la especialidad. Ha participado en más de 26 proyectos de investigación CONICET, ANPCyT, UNLP y BID. ACD ordinario de la FAU-UNLP. Es Docente – Investigadora Categoría II.
- 1 Un mosaico puede entenderse a partir de la diversidad de sus componentes (ya sean materiales y/o formales), y su distribución espacial reconociendo patrones de territorio. Se puede definir al mosaico como una estructura que conforma un área de contrastes. En su interior se determinan grados de similitud u homogeneidad en función del estudio de las variables significativas (por ej. dominancia de un tipo de componente).
  - 2 Image Processing Toolbox 7 es un producto de The MathWorks Inc. <https://es.mathworks.com/products/image.html>
  - 3 En estos trabajos se está recibiendo asesoramiento de la Dra. Daniela Marchi, Investigadora de la CIC y de la Dra. Graciela Salinas Salmuni y la Lic. Natalie Horle n a través de un convenio de cooperación con la Comisión Nacional de Actividades Aeroespaciales (CONAE) y a través de ella, por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).
  - 4 El índice de calidad de vida urbana se construyó a partir del proyecto: “Modelo de calidad de vida urbana. Metodología de diagnóstico orientada a evaluar el uso eficiente de los recursos, las necesidades básicas en infraestructura, servicios y calidad ambiental”. PIP 112-00801-00606. CONICET. El mismo incluye un algoritmo que evalúa los componentes urbanos y ambientales orientados a brindar un bienestar colectivo, a partir de su calidad intrínseca, alcance territorial, cobertura y opinión ciudadana. Este índice muestra la diversidad existente en cada uno de los componentes, localizándola en el territorio y estableciendo niveles de calidad de vida urbana.
  - 5 Fuzzy Logic Toolbox es un producto de The MathWorks Inc. <https://es.mathworks.com/products/fuzzy-logic.html>