

# ¿Utopía o realidad? Factibilidad de un proyecto de vivienda multifamiliar con materiales reciclados en el centro de Argentina<sup>1,2</sup>

Utopia or reality? Feasibility of a  
multi-family housing project with recycled  
materials in central Argentina

**Halimi Sulaiman<sup>3</sup>**

Consejo Nacional de Investigaciones  
Científicas y Técnicas de Argentina  
Centro Experimental de la Vivienda Económica  
Córdoba, Argentina

**Lautaro Oga Martínez<sup>1</sup>**

Consejo Nacional de Investigaciones  
Científicas y Técnicas de Argentina  
Centro Experimental de la Vivienda Económica  
Córdoba, Argentina

**Celina Filippín<sup>5</sup>**

Consejo Nacional de Investigaciones  
Científicas y Técnicas de Argentina  
Santa Rosa, Argentina

Cómo citar este artículo: Sulaiman, H., Oga Martínez, L. y Filippín, C. (2023).  
¿Utopía o realidad? Factibilidad de un proyecto de vivienda multifamiliar  
con materiales reciclados en el centro de Argentina. *Revista 180*, (51), 41-55.  
[http://dx.doi.org/10.32995/rev180.Num-51.\[2023\].art-1006](http://dx.doi.org/10.32995/rev180.Num-51.[2023].art-1006)

DOI: [http://dx.doi.org/10.32995/rev180.Num-51.\[2022\].art-1006](http://dx.doi.org/10.32995/rev180.Num-51.[2022].art-1006)

### Resumen

Se realiza un análisis de factibilidad, con una mirada sustentable, de un anteproyecto de viviendas multifamiliar bioclimático diseñado para la ciudad de Río Cuarto, Córdoba, Argentina, la que inició en 2019 su proceso de reciclaje de PET con el objetivo de fabricar ladrillos de PET-cemento y construir viviendas sociales con financiamiento del municipio y mano de obra local. Para el mismo, se integra la simulación higrotérmica con el manual de vivienda sustentable argentino, futuro requerimiento para la construcción de viviendas con fondos estatales. El proyecto se evalúa en: elección del sitio, diseño, energía, buenas prácticas en el proyecto y futuro uso. Se desarrolla a nivel de anteproyecto y su evaluación tecnológica, económica y energética. Se propone el uso del ladrillo de PET (polietileno tetrafluorato) reciclado desarrollado en el Centro Experimental de la Vivienda Económica. Los resultados podrán ser transferidos al gobierno local. La performance económico-energética se compara modificando en el modelo de simulación solo los muros de ladrillo: M1 cerámico hueco, M2 PET cemento y M3 hormigón celular. M2 y M3 ahorran 41 % y 34 % de requerimiento energético de climatización respecto de M1. M2 es 50 % más económico que M3. También se estima la cantidad de botellas de PET factible de ser incorporadas en la construcción de los muros de dicho anteproyecto. Resulta necesario un plan general e integrador que coordine en la gestión de residuos sólidos urbanos con el plan de vivienda social y la generación de empleo local. Se detectan las oportunidades y debilidades en contexto pandémico.

### Palabras clave

construcción con PET, eficiencia energética, simulación higrotérmica, vivienda sustentable

### Abstract

A feasibility analysis is carried out, with a sustainable perspective, of a bioclimatic multifamily housing initial project designed for the city of Río Cuarto, Córdoba, Argentina that began its PET recycling process in 2019 with the aim of manufacturing PET-cement bricks and build social housing with financing from the municipality and local labor. For this, the hygrothermal simulation is integrated with the Argentine sustainable housing manual, a future requirement for the construction of houses with state funds. The project is evaluated by: choice of site, design, energy, good practices in the project, and future use. It is developed at the initial project and its technological, economic and energy evaluation. The use of recycled PET (polyethylene tetrafluorate) brick developed at the Experimental Center for Economic Housing is proposed. The results may be transferred to the local government. The economic and energy performance is compared by modifying in the simulation model only the brick walls: M1 hollow ceramic, M2 PET cement and M3 cellular concrete. M2 and M3 save 41 and 34% of energy requirement for air conditioning compared to M1. M2 is 50% cheaper than M3. The quantity of PET bottles feasible to be incorporated in the construction of the walls of said initial project is also estimated. A general and integrating plan is necessary to coordinate the management of urban solid waste with the social housing plan and the generation of local employment. Opportunities and weaknesses are detected in a pandemic context.

### Keywords

construction with PET, energy efficiency, hygrothermal simulation, sustainable dwellings

## Introducción

El Cuarto Informe de Evaluación de IPCC celebrado en 2014 advertía que, debido a la acción humana (con un 95 % de certeza), se estaba produciendo el aumento de la temperatura del sistema climático; hecho que provocó el posicionamiento del calentamiento global en las agendas de los gobiernos de todo el mundo. Se calcula que en el período 2046-2065 se produzca un calentamiento global de +2°C de media (escenario RCP8,5) si continuamos contaminando, con los magros resultados de reducción de emisiones de efecto invernadero, las consecuencias en los ecosistemas serán irreversibles (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2014). A su vez, la basura ya alcanza millones de km<sup>3</sup> degradando tierra, cauces de agua y océanos. De acuerdo con el estudio del Banco Mundial, *What a Waste 2.0* (Kaza et al., 2018), en el mundo se generan al año 2.010 millones de toneladas de desechos sólidos municipales, y al menos 33 % de ellos no son tratados (Figura 1). Se proyecta que la rápida urbanización, el crecimiento de la población y el desarrollo económico harán que la cantidad de desechos a nivel mundial aumenten en un 70 % en los próximos 30 años, si no se toman medidas urgentes. En las grandes ciudades de Argentina se produce 1 kg de basura diario por habitante, siendo la producción total anual de residuos sólidos urbanos (RSU) de 14.094.110 T, del cual se recicla menos del 10 %. Del total de los RSU un 13,3 % (en peso) corresponde a los plásticos (National Academy of Exact, Physical and Natural Sciences [ANCEFN], 2019), equivalente a 1.874.516 T anuales. El mundo produce aproximadamente 300 millones de toneladas de residuos plásticos cada año y actualmente solo el 14 % se recolecta para el reciclaje, según informa ONU Medio Ambiente (UN Environment, 2019). Es más, de todos los desechos plásticos que se han producido en nuestra historia, solo un 9 % se ha reciclado. Las razones son complejas; no todo el plástico se puede reciclar y la falta de conciencia ciudadana hace que muchos de los residuos recuperables estén contaminados con otros materiales, lo que aumenta los costos del proceso de reciclaje. Hay razones financieras para explicar estas carencias.

Dependiendo del precio del petróleo, a menudo es más barato fabricar plástico virgen que plástico reciclado. Además, el mercado de plástico reciclado es volátil y los inversores se muestran reacios a comprometerse con el sector (UN Environment, 2019). Según el mismo informe de la ONU, la Comisión Europea publicó una estrategia para que en 2030 todos los envases plásticos sean reciclables o reutilizables. Cada año, la Unión Europea recicla menos del 30 % de sus residuos plásticos y la mitad de eso solía enviarse a China. Del informe del Banco Mundial *What a waste 2.0* (Kaza et al., 2018), el 52 % de los residuos en Latinoamérica y el Caribe son alimentos y más de la mitad se eliminan en relleno sanitario, un 26,8 % destinan a vertederos a cielo abierto, presentando un escaso porcentaje de reciclaje.

Se ha demostrado que los edificios son grandes consumidores de energía en todos los países, fundamentalmente debido a la operación de los equipos de climatización. Las cargas térmicas generadas por HVAC (Heating, Ventilation & Air Conditions) pueden reducirse a través de diversos medios; principalmente a través de un correcto diseño morfológico, espacial, orientación, y selección de envolventes edilicias (Heywood, 2017; Sulaiman et al., 2020). Con este propósito se han desarrollado diferentes estrategias de diseño, activas y pasivas, que permiten obtener niveles adecuados de confort minimizando efectivamente el uso de energía convencional (Mazria, 1979).

El diseño de edificios es un proceso de toma de decisiones donde se seleccionan ciertas combinaciones de variables de diseño para lograr objetivos como economía, eficiencia energética, confort, etc. Pero el diseño sustentable no es solo eficiencia energética, es un enfoque interdisciplinar de los aspectos económicos, sociales, medioambientales y técnicos desde el principio. Por ello la mirada holística y local es fundamental. Hoy, el diseño sustentable es el método con el cual se intenta pensar, materializar y habitar tanto las ciudades como los edificios (Sulaiman et al., 2020), ya que las decisiones de diseño y construcción que se tomen impactarán en los próximos 100 años o más.



Figura 1

Porcentaje de composición y tratamiento de residuos América Latina y Caribe

Nota. *What a waste 2.0*. Kaza et al., 2018. <https://bit.ly/2MS54sU>

Siguiendo esta tendencia, la Argentina se ha involucrado en la agenda 2030 (Presidencia de la Nación, 2018), y ha desarrollado la herramienta del *Manual de vivienda sustentable* (Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Secretaría de Energía, 2016), para generar conocimiento tanto en el uso sustentable de los recursos renovables como en la protección del medio ambiente; y crear hábitats sustentables haciendo énfasis en el uso racional de la energía. Específicamente en el sector habitacional se propone mejorar la calidad y productividad utilizando nuevas tecnologías e industrialización de la construcción, en particular, sistemas de construcción de viviendas y obras. El *Manual de vivienda sustentable* se basa en el conjunto de normativas vigentes y se pretende aplicar para planes de vivienda de operatoría pública (Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda et al., 2016). Ello es un avance significativo que requiere de herramientas y programas de aplicación, evaluación y seguimiento locales, considerando los contextos socioeconómicos específicos. Se torna necesario entonces una vinculación más estrecha entre la investigación y la innovación tecnológica con el desarrollo urbano edilicio.

La combinación de variables del problema a resolver requiere de herramientas para la aplicación de políticas urgentes como son la concreción de un hábitat más sustentable (ECOTECT, 2010; EnergyPlus, 2020). De hecho, la concentración de pobreza, desigualdad, desechos, contaminación, transporte deficiente, escaso espacio verde, etc. posicionan a las urbes argentinas intermedias como la Ciudad de Río Cuarto, en lugares prioritarios para desarrollar soluciones concretas en investigación y desarrollo tecnológico en pos de mejorar su habitabilidad (Sulaiman et al., 2020).

A su vez, se considera estratégico incluir en las posibilidades de solución a las tecnologías de materiales y sistemas constructivos desarrollados en el CEVE (Centro Experimental de la Vivienda Económica) (Proyecto PUE-CONICET 2018-2023<sup>6</sup>; CEVE, 2011, 2014, 2018), especialmente aquellos que incorporan residuos en su composición (envolventes, carpinterías, aislantes, estructuras, etc.). De este modo, la propuesta valida la metodología realizando un diseño sustentable de vivienda social con materiales reciclados, incorporando el concepto de economía circular y reduciendo el impacto ambiental del sector residencial. La posibilidad de trabajar en ciudades intermedias en función de los actuales acuerdos de transferencia motiva el desarrollo de soluciones locales.

Los aspectos por evaluar, según el *Manual de vivienda sustentable* (2016), son siete: 1) Sitio; 2) Diseño; 3) Energía; 4) Agua; 5) Agricultura urbana; 6) Construcción; y 7) Buenas prácticas. Considerando la visión holística de la sustentabilidad y teniendo disponibles las prioridades en los siete subsistemas de selección de proyectos de vivienda sustentable, es posible plantear el problema de optimización del diseño como multidimensional.

En cuanto a las herramientas de análisis del comportamiento térmico y energético de edificios, existen desde sencillas técnicas de cálculo aproximado del consumo energético (Heywood, 2017;

Mazria, 1979; Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda et al., 2016; Sulaiman et al., 2016) hasta detalladas simulaciones cronológicas con resolución horaria. Con el propósito de hacer un uso racional de los recursos, actualmente se observa una marcada tendencia a desarrollar y aplicar modelos computacionales de simulación para evaluar con mayor precisión el comportamiento energético de los edificios en sus distintas fases de diseño y durante su vida útil (Dury, 2014-2020; ECOTECT, 2010; EnergyPlus, 2020; Sulaiman et al., 2020;). El presente trabajo utiliza la herramienta computacional ECOTECT (2010).

## Objetivos

### Objetivo general

Analizar la factibilidad de un proyecto de vivienda sustentable multifamiliar en Río Cuarto, ciudad intermedia del centro de Argentina construida con ladrillos de PET cemento, determinando la performance energética con simulación higrotérmica.

### Objetivos específicos

- 1) Desarrollar un anteproyecto arquitectónico de vivienda colectiva con estrategias bioclimáticas y sustentables con soluciones constructivas de la envolvente vertical de materiales con residuos (PET) y otras opciones disponibles en una ciudad intermedia de clima templado cálido de la provincia de Córdoba, Argentina;
- 2) realizar los modelos de información en el software de simulación higrotérmico-energético Ecotect Analysis de cada tecnología a evaluar;
- 3) comparar la performance térmica energética del proyecto con las envolventes de ladrillo: M1 cerámico hueco, M2 PET cemento, M3 hormigón celular (HCCA);
- 4) determinar y comparar los costos de envolventes verticales y estimar de la cantidad de PET a reciclar anualmente por parte del municipio promotor del proyecto.

## Metodología

La metodología propuesta consiste en integrar la evaluación del manual con los resultados de la simulación higrotérmica energética del conjunto de viviendas diseñado en cada una de las tecnologías evaluadas y calcular el sobre costo correspondiente a los muros (internos y externos). Primero se utilizan los criterios de puntuación de evaluación del manual de vivienda sustentable, para el sitio, por ejemplo, en la ciudad establecida. Con base en el sitio seleccionado, se realiza un diseño con simulación desde su concepción con el software ECOTECT, mejorándolo a través de numerosas iteraciones sin llegar a utilizar un método de optimización formal. El proyecto incorpora estrategias bioclimáticas y uso de materiales reciclados (M2 PET). Se simula el mismo con diferentes envolventes, en este caso con bloque cerámico hueco (M1) y bloque de hormigón celular (M3). Finalmente, evalúan los resultados de los tres casos en cuanto al puntaje obteni-

do en el manual, la distribución de probabilidades de las temperaturas interiores y las cargas térmicas mensuales y anuales de calefacción y refrigeración. La carga térmica es la cantidad de energía térmica por unidad de tiempo (potencia térmica) que un recinto cerrado intercambia con el exterior debido a las diferentes condiciones higrotérmicas entre interior y exterior, considerando las exteriores como las más desfavorables. El cálculo de estas cargas permite disponer los sistemas adecuados de calefacción o refrigeración para compensarlas (Instituto Argentino de Normalización y Certificación [IRAM], 2004). Adicionalmente se calcula el parámetro internacional de kWh/m<sup>2</sup>/año para comparar con otros casos en diferentes contextos. Luego se analiza el sobre costo unitario global por cada material de muro [ARS/m<sup>2</sup>], considerando material, mano de obra y demanda energética esperada anual del edificio. Finalmente, se estima la cantidad de botellas de PET necesarias para la construcción del proyecto y se analizan las posibilidades de reciclado locales. La Figura 2 muestra el esquema metodológico.

## Caracterización del lugar

El anteproyecto arquitectónico desarrollado en la Ciudad de Río Cuarto es factible de realizar mediante una nueva transferencia al gobierno local de los resultados del presente trabajo en el marco de un proyecto institucional vigente (Proyecto PUE-CONICET 2018-2023).

Se realizaron transferencias previas en donde se ejercieron capacitaciones y construcción de viviendas con diferentes sistemas constructivos desarrollados en el CEVE (2011, 2018). Desde 2018 en adelante, la Municipalidad de Río Cuarto ha completado el "Primer taller de capacitación en producción de componentes en base a PET reciclado" (ladrillos, bloques y placas de ladrillos) y se encuentra actualmente en proceso de adquisición del equipamiento necesario y el montaje de la planta de producción. Como resultado de esta política, el municipio ha puesto en marcha además una planta experimental de tratamiento de plástico, inaugurada el 25 de abril de 2019 (Gobierno de Río Cuarto, 2019).

Río Cuarto se encuentra 33°07'2" S y 64°20'52" O y una altitud de 452 m.s.n.m. (Figura 3). La ciudad es atravesada por el río homónimo. Es notable la vulnerabilidad de esta ciudad a la inundación pluvial repentina en la época de lluvia, tanto en la zona céntrica (más antigua) como en sus alrededores. Esta no posee sistema de desagües pluviales subterráneos, por lo tanto, las calles actúan como desagüe, ocasionando numerosos daños materiales y dejando anegados varios barrios, en especial, hacia el sureste debido a la pendiente natural del terreno donde tarda días en desaguar.

En cuanto al clima, Río Cuarto pertenece a la zona bioclimática IIIa, caracterizada por ser templada cálida con una importante amplitud térmica como se puede observar en Tabla 1. Los vientos predominantes representan menos de 300 h/año con velocidades de 30 a 50 km/h provenientes del norte y de 10 a 20 km/h provenientes del NE, S y SO.



Figura 2

Metodología propuesta para el diseño de viviendas

Figura 3

Características del lugar (ubicación del sitio y clima local)

Nota. Adaptado de mapa satelital del sitio (Google Maps) <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/desarrollo-sostenible/vivienda/manual> y tabla de temperatura promedio mensual basado en Año Típico Meteorológico <http://climate.onebuilding.org>

Figura 4

Características termo-físicas de los materiales utilizados en los modelos simulados y mampuesto de PET y cemento CEVE

Nota. Características termo-físicas de los materiales utilizados en los modelos simulados y Mampuesto de PET y cemento CEVE (Gaggino et al., 2010, p. 171).

MATERIALES		ESPESOR (m)	P. esp. (Kg)	K (W/m²K)	ADMITANCIA (W/m²K)	ABSORCIÓN SOLAR (0-1)	ALBEDO (0-1)
Cubierta	Losa de H°A° Aislada	0.20	164	0.57	1.24	0.90	0.87
Entrepiso	Losa de H°A°	0.17	361	0.90	2.30	0.90	0.88
Ventanas	Marco de aluminio corrediza + vidrio simple 6mm	0.00	0.00	6.00	6.00	Coefficiente solar 0.94	0.75
Puertas	Pino macizo común	0.04	22.00	2.30	3.50	0.40	0.66
Alero	Si	Para la simulación solo provee sombreado					
M1	Cerámico hueco	0.15	197	1.47	3.40	0.24	0.90
M2	Ladrillo de PET	0.15	222	0.83	3.98	0.14	0.90
M3	Hormigón celular	0.15	139	0.70	5.12	0.16	0.90



## Desarrollo del proyecto

### Caracterización de las envolventes utilizadas

Se han seleccionado, por un lado, construcción y calidad convencionales para este tipo de edificios (ladrillo cerámico hueco, hormigón celular) con importante inserción en el mercado. Por otro lado, la propuesta basada en el manual y el diseño por simulación higrotérmica, el ladrillo de PET desarrollado en el CEVE. Como se observa en la Figura 3, en la evaluación se mantienen todas las demás variables del edificio constantes para determinar la influencia del material.

Por tanto, el espesor de los muros es el mismo junto con las características de cubierta, ventanas, estructura, orientación, etc. Incluso el albedo dependiente del color de la terminación es el mismo para todos los casos. Las variaciones se observan en las propiedades térmicas de los materiales donde, por ejemplo, el ladrillo cerámico hueco M1 en la transmitancia térmica K, es prácticamente el doble que el muro PET.

### Manual

La evaluación de vivienda sustentable es una herramienta de información y divulgación de buenas prácticas arquitectónicas y urbanísticas que permite evaluar el grado de sustentabilidad de los distintos proyectos de vivienda de modo cuali-cuantitativo. Cabe destacar que hasta el momento sería obligatorio para las futuras viviendas hechas con

fondos del Estado nacional, con posibilidad de adhesión por parte de las provincias y municipios.

La metodología propuesta incorpora los siete aspectos del manual (Figura 2). En este caso, por ser un proyecto teórico, se evalúan 47 de los 51 ítems. Los no considerados son: participación del usuario y del público en el diseño del barrio (2.1.2 y 2.1.3), confort acústico con sonómetro una vez construido (2.2.2) e incorporación del plan ambiental en los pliegos de licitación (6.1). No obstante, se consideran otros aspectos como la huerta urbana (5.1), ya que se prevé el espacio en la implantación del terreno. Incluso se ha previsto considerar una superficie para estacionamiento de vehículos y bicicletas sectorizados para los vecinos, algo que no se prevé en la evaluación propuesta por el manual. Cabe destacar que esta herramienta apenas se publicó a mediados de 2019, por lo cual, hasta el momento todos los proyectos de vivienda social construidos y en ejecución no han sido evaluados por la misma. Solo algunos aspectos se han considerado voluntariamente en casos aislados.

### Sitio

Un aspecto fundamental que incorpora por primera vez como obligatorio en la Argentina dicho manual, es la puntuación en aspectos de selección del sitio. Este es el que suma mayor cantidad de ítems de los siete a evaluar (25/51). La elección del sitio en función de la posibilidad de inundación, integración en la trama urbana, infraestructuras como redes de agua, luz, cloacas, electricidad, etc., servicios como

transporte, educación, deporte, cultura, salud, etc., incrementan sustancialmente el puntaje de cualquier proyecto.

La evaluación de este aspecto tendría un impacto muy favorable en cuanto a completar la trama urbana y disminuir la extensión futura de las ciudades, evitando la elección de terrenos alejados sin servicios, los cuales deben ser provistos por el Estado, aumentando los costos y la insustentabilidad de modo sustancial.

La Figura 5 muestra el análisis de los radios de influencia de los principales servicios cercanos al sitio elegido (salud, educación y espacios verdes públicos) disponibles actualmente. Según determina el manual (Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda et al., 2016) se clasifican en verde, amarillo o rojo según su ubicación en radios de hasta 5, 10 y 20 cuadras, donde tener un servicio a menos de 500 m es lo recomendable, ya que posibilita el libre acceso a pie. El sitio cuenta con dos establecimientos educativos y cuatro espacios verdes en el radio más próximo. En el intermedio encontramos varios servicios de salud y educación, junto con otros espacios verdes, en especial en el cuadrante noreste hacia el centro de la ciudad. Luego el mapa topográfico (Figura 5b), ilustra que el emplazamiento elegido se encuentra fuera de las cotas inundables. Por último, la foto satelital (5c) indica el entorno urbano próximo, con su densidad edilicia, inserción en la trama urbana y vacíos intersticiales.

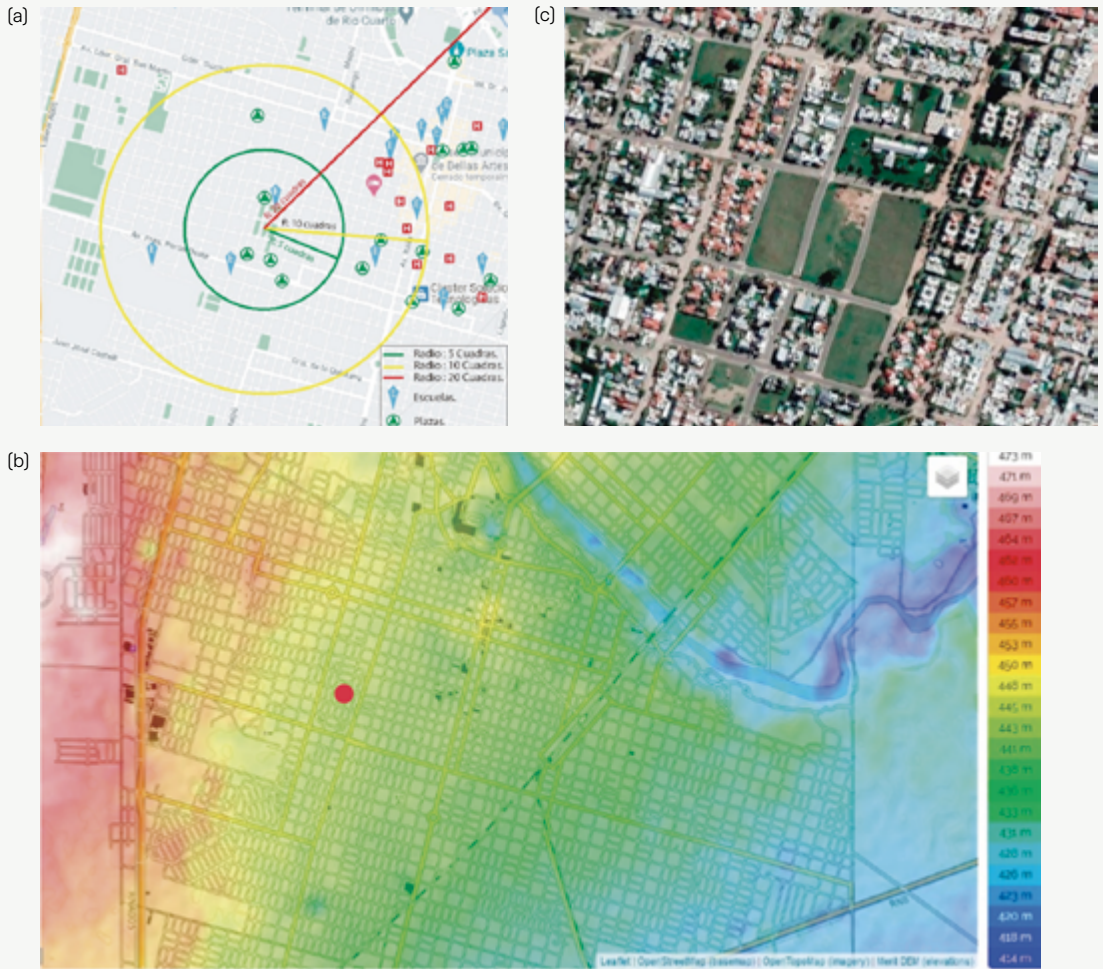


Figura 5

Análisis del sitio

Nota. Proximidad a servicios básicos: (a) Topografía (Elaboración propia), (b) Mapa topográfico de Córdoba, 2021. <https://es-ar.topographic-map.com/maps/j6rk/Córdoba> y foto satelital (c) Google Maps.

Se constató mediante el código de edificación la factibilidad de realizar un complejo habitacional de estas características (Municipalidad de Río Cuarto, 2008). Los cuatro terrenos baldíos están urbanizados y se prevé espacio público recreativo, estacionamientos y huertas urbanas propias. Cabe destacar que dentro del radio se dispone de varios clubes deportivos y recreativos. Para una fácil lectura los mapas de esta figura presentan el norte hacia arriba.

El conjunto de terrenos seleccionados se encuentra completamente integrado a la trama de la ciudad con accesibilidad de transporte y servicios. Son tres terrenos alineados de entre 124/133 m de largo en el eje norte sur y 51/55 m de ancho en eje este oeste y hacia el sur otro de dimensiones similares. Se decidió utilizar los tres terrenos contiguos para ubicar los edificios de viviendas con sus respectivos estacionamientos y huertas (Figura 6). En el terreno hacia el sur se prevé los espacios de los servicios que se requieran, como espacios verdes para recreación, salón de usos múltiples, etc. En cuanto a la orientación de implantación en el terreno, se tomó en cuenta la recomendada por el software de simulación ECOTECT, la cual establece  $-8^\circ$  respecto del norte. Se desestimó la dirección puramente norte/sur, ya que la mitad de las viviendas no podrían recibir sol directo en ningún momento, con la consecuente desigualdad en el aumento de requerimientos energéticos, aspectos que se tratan en detalle en el ítem Energía. Yang et al., (2014) también utilizan para el diseño la herramienta.

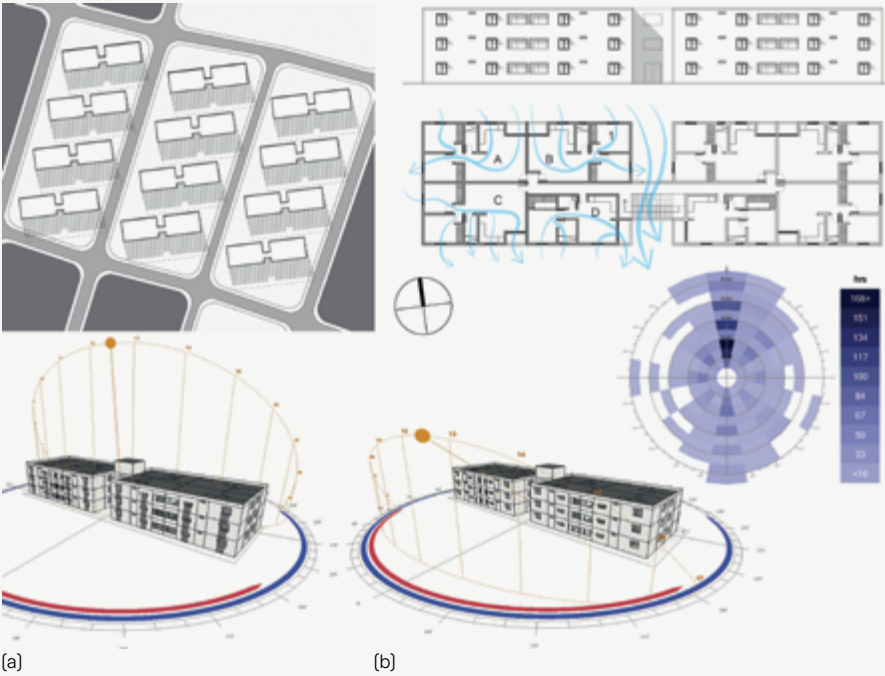


Figura 6

Implantación en el terreno con sombra arrojada y de viento, planta tipo y volumetría con sombras, con ventilación cruzada y asoleamiento a las 12:30 pm

Nota. Verano (a), invierno (b) rosa de los vientos.

## Diseño

### Premisas de simulación

En este apartado es donde mayor intervención se pudo avanzar incluso incorporando la simulación numérica desde el inicio, aspecto no requerido en las normativas vigentes tanto argentinas, como tampoco internacionales. Se observa en la Figura 6 que se ha simulado el edificio completo detalladamente en sus dos alas con 24 departamentos de tres zonas iso-higrotérmicas cada uno. Al simular todos los niveles, considerando las transferencias de calor entre las unidades habitacionales, es posible estimar el requerimiento energético del edificio. El diseño ha presentado varias modificaciones a través de numerosas iteraciones en la simulación sin llegar a utilizar un método formal de optimización.

Si bien las normas no exigen que se mantengan condiciones de confort térmico interior, se estableció un rango de 18 °C a 26 °C [IRAM, 1996]. Las zonas iso-higrotérmicas simuladas ascienden a 82, donde se estableció que los usuarios internalizarían hábitos de consumo y buenas prácticas en cuanto al uso del edificio en los tres casos evaluados. Los habitantes de este tipo de viviendas procuran un ahorro energético para evitar sobrecostos que normalmente tienen subsidio hasta un cierto margen de consumo mensual. Por ejemplo, la tarifa social nacional en esta provincia aplica para los primeros 120 kWh mensuales con un valor unitario de AR \$0,77, mientras que sin subsidio cuesta AR \$5,36 [Empresa Provincial de Energía de Córdoba [EPEC], 2020].

Por un lado, cuando el clima exterior lo permite los usuarios abren todas las ventanas para ventilación natural al igual que la iluminación cuando se requiere. Esta consideración en simulación acerca a la realidad descrita anteriormente. Además, ellos procuran no interrumpir la ganancia solar directa invernal y, por otro lado, los ambientes que no se utilizan en un determinado período del día, como los dormitorios, se mantienen cerrados y sin climatizar artificialmente, solo ventilación natural. Ello se suma a equipos de climatización eficientes como lo recomienda la norma vigente. Es decir, que este es un proyecto que presenta numerosas mejoras respecto de las viviendas multifamiliares existentes y en proceso de construcción. Se decidió simular el encendido de los equipos de esta manera para obtener resultados más cercanos a la realidad en contraposición de la situación hipotética de mantener el 100 % del tiempo en confort.

### Diseño bioclimático y sustentable

La configuración en el sitio evita el sombreado y la obstrucción en la ventilación natural por edificios aledaños (empleando una separación de 15 metros entre bloques) sumado al uso recomendado de densidad habitacional. El edificio se organiza en dos alas de cuatro departamentos cada una, unidas por una circulación central (Figura 6), estratificadas en tres niveles: planta baja (PB), primer piso (1P) y segundo piso (2P). La orientación es la recomendada por el análisis de clima descrito en el sitio, favoreciendo tanto la ventilación como la

iluminación natural al ubicar las ventanas en la dirección de los vientos predominantes norte y sur, sureste. Como se observa en la rosa de vientos de la Figura 6, el viento predominante en verano es norte donde 18 de los 24 departamentos (los más grandes y habitados) lo utilizan más de 170 h al año, mientras que los seis que están al sureste, en sumatoria desde sur y este, presentan también una valiosa ventilación natural.

Cabe destacar que todos los ambientes principales tienen iluminación y ventilación natural directa. Otras pautas bioclimáticas consideradas son la orientación, compacidad, tamaño de aberturas y patios de ventilación e iluminación natural, balcones protegidos, aleros en ventanas definidos para evitar sobrecalentamiento estival y permitir la ganancia solar directa invernal.

Los departamentos A, B y C son de 60,40 m<sup>2</sup> compuestos por estar comedor y dos dormitorios, considerando una familia de cuatro integrantes. El D es de un dormitorio y estar-comedor para dos personas con una superficie de 48,25 m<sup>2</sup>. La altura interior es de 2,60 m respecto del mínimo permitido de 2,40 m. Esta decisión de diseño mejora la calidad proporcional de los ambientes. Las dimensiones en planta son las permitidas y algunas mayores al mínimo [IRAM, 1996]. Se diseñó un único núcleo húmedo (cocina/baño) en todos los departamentos de dos dormitorios, procurando un uso racional de los recursos. Se ha maximizado la compacidad, ventilación natural, la superficie útil vs. pasillo/circulación, concentración de instalaciones para un uso eficiente de agua, energía y materiales.

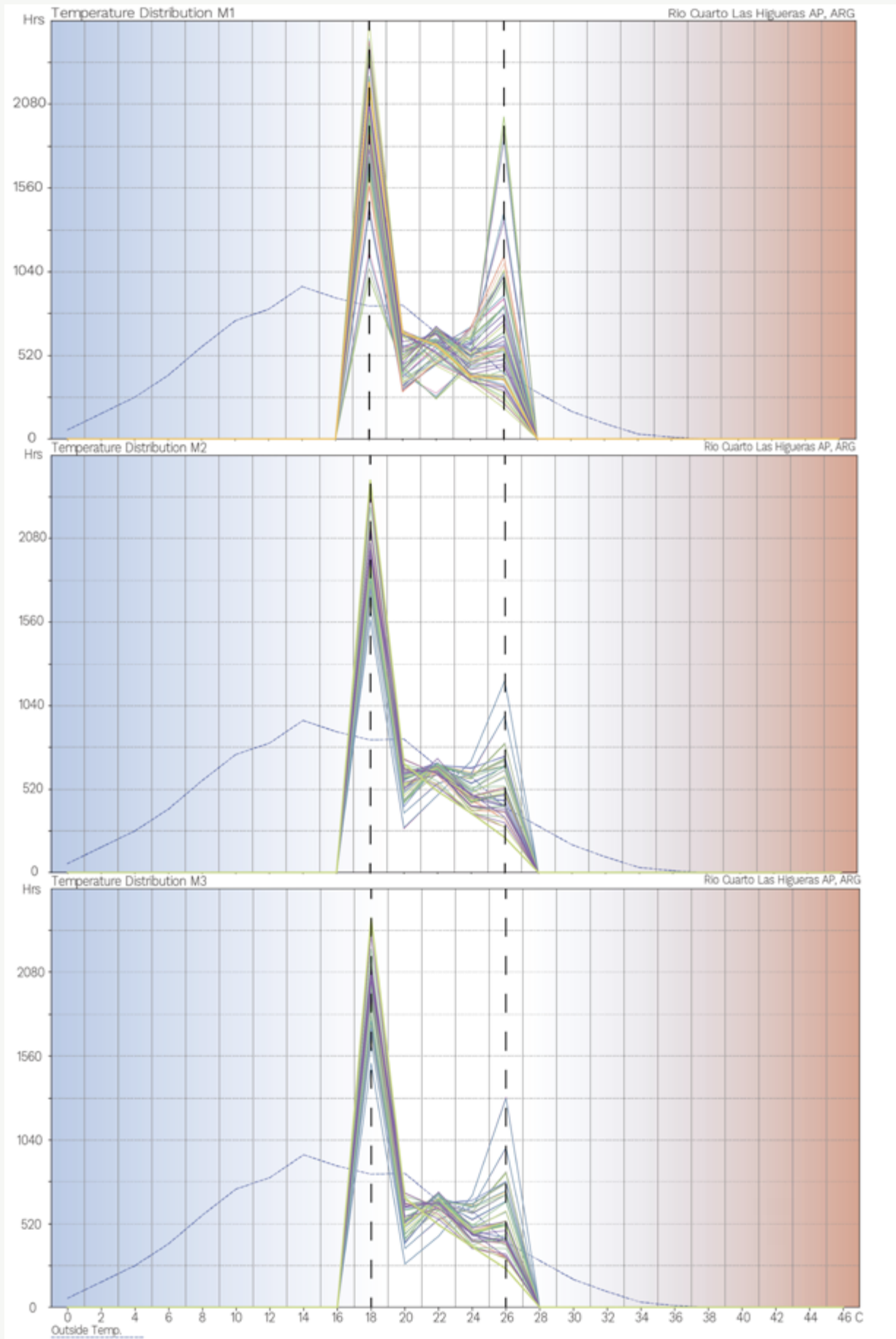
En esta oportunidad se pretende evaluar la performance económica energética de la materialidad de las envolventes de muro, para determinar el grado de competitividad en el mercado que tendría el ladrillo de PET respecto del ladrillo cerámico hueco normalmente utilizado en este tipo de construcción. A su vez se evalúa el ladrillo de hormigón celular que presenta grandes prestaciones como cerramiento y es ampliamente utilizado en el mercado nacional.

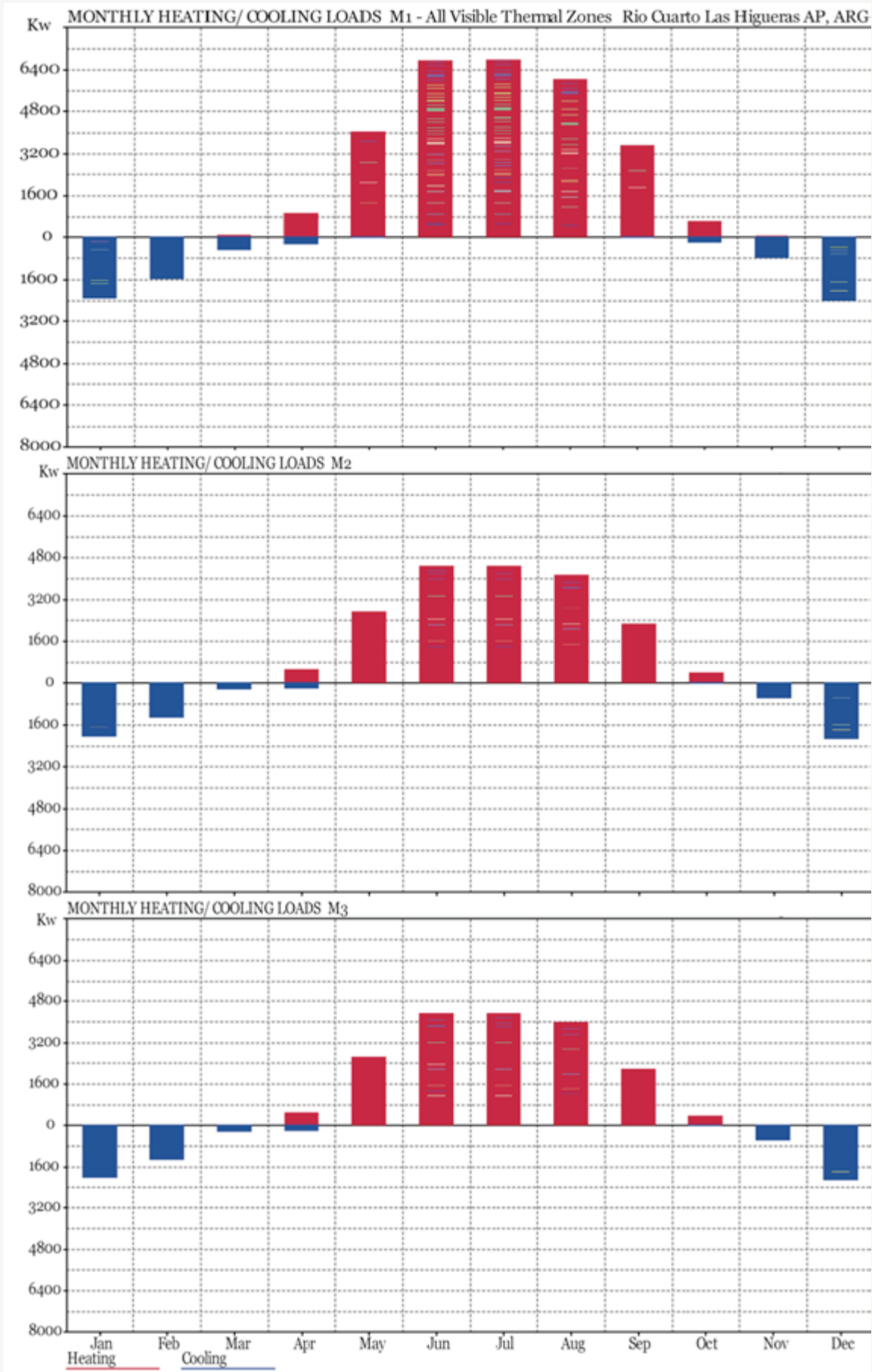
En cuanto a la materialidad, todos los muros presentan el mismo espesor y actúan como cerramiento en los tres casos evaluados. De este modo las variables de estructura y espesor se mantienen constantes para una mejor evaluación comparativa. El manual prevé puntos por cumplir con el Nivel B de transmitancia térmica de la Norma IRAM 11605 [1996]. Además, este otorga puntos adicionales por utilizar materiales de construcción reciclados, como es el caso de los muros de PET/cemento. Por último, se destaca el color claro en paramentos y cubiertas exteriores que colabora con el coeficiente de absorción de los materiales, disminuyendo la acumulación de energía en verano. Se recomienda contar con un plan de mantenimiento del color claro exterior, ya que normalmente no se considera, aspecto fundamental en la performance de cualquier edificio.

Figura 7

Distribución de temperaturas de todas las zonas isohigrotérmicas de las unidades M1, M2 y M3







## Análisis y discusión de resultados

### Confort térmico interior

La Figura 7 muestra la distribución de temperaturas anual (8.760 h simuladas) de los interiores de todos los 84 ambientes simulados en los tres casos evaluados, mientras que la línea azul es la distribución de la temperatura exterior. Como se menciona en el apartado 5.4.1, el rango de confort interior se estableció entre 18 °C y 26 °C, resaltado con líneas de trazo en dicha figura. Cabe aclarar que la gráfica obtenida con el software tiene la limitación de considerar las temperaturas con intervalos de 2 °C.

En general, se observa un importante porcentaje de horas del año dentro de la zona de confort en el estar de todos los casos, entre el 51 % y 60,6 % del tiempo. Por ejemplo, el estar del departamento B del segundo piso, M1 (60,6 %) presenta mayor porcentaje de confort que M2 (53,6 %), ya que M1 mantiene encendida la climatización por más tiempo. En los dormitorios que están más expuestos al clima pasa lo contrario, el dormitorio del mismo departamento mantiene el confort un 51 % con M2 y un 48 % con M1.

### Invierno

En los tres casos existe un pico en el límite inferior de la zona a los 18 °C, cuando se enciende la calefacción. Todas las horas por debajo se producen por el retardo que implica no encender los equipos cuando se registre 0,5° C o 1 °C antes de llegar al límite establecido. De todos modos, es importante considerar la cantidad de horas de desconfort por debajo de 18 °C de la temperatura exterior. La gráfica evidencia que más de un 55 % del tiempo, las temperaturas exteriores se encuentran por debajo de los 18 °C.

Comparando entre sí las tecnologías evaluadas, la diferencia más importante en estos gráficos es que M1 mantiene un pico de mayor permanencia en la temperatura mínima de invierno respecto de M2 y M3. Esto significa que presenta mayor cantidad de horas en desconfort durante el año y requerirá mayor cantidad de energía para mantener el confort respecto de las otras tecnologías. También se observa una importante dispersión en el comportamiento de los diferentes sectores de las unidades habitacionales, es decir, que el ambiente exterior y la orientación ejercen mayor influencia en M1.

### Verano

En M1 se destaca el pico en la temperatura límite establecida en 26 °C y una gran cantidad de horas fuera del rango de confort en la temporada estival, en especial, en los dormitorios. Esto evidencia que esta tecnología depende del encendido del aire acondicionado. A su vez, se observa una gran dispersión entre la cantidad de horas en las que se alcanza el límite establecido entre cada unidad habitacional. Por el contrario, la dispersión de las temperaturas es mucho menor en M2 y M3. Incluso se destaca la disminución sustancial del pico de verano en comparación con M1, logrando condiciones más estables en el rango especificado. Esto nos permite observar que las condiciones de confort se han logrado con estrategias bioclimáticas en

conjunción con un habitante ahorrativo y no solo con equipo de refrigeración. Habiendo alcanzado similares condiciones interiores resulta necesario complementar el análisis con el siguiente apartado dedicado a la performance energética del anteproyecto.

### Energía

El manual valora positivamente el desarrollo de un plan energético integral donde se incorpore el uso de equipos de alta eficiencia, tanto en climatización como iluminación y agua caliente sanitaria. También la incorporación de equipos de energías renovables. Sin embargo, es fundamental lograr proyectos arquitectónicos que minimicen el requerimiento energético global. De este modo, si la carga térmica es menor, es más factible la posibilidad de incorporar renovables. La metodología propuesta enfatiza la necesidad de incluir en la evaluación un cálculo detallado o simulación para cuantificar dicha carga, indistintamente de la fuente de esta. No se han incorporado renovables en la simulación, aunque es factible de instalar en las cubiertas sin mayores complicaciones, especialmente por la simpleza del diseño lograda sumado a la orientación ideal. La Figura 8 muestra las cargas mensuales totales de calefacción (C) y refrigeración (R) simuladas en cada caso. Se adiciona la Tabla 1 que muestra los valores de cargas mensuales y totales discriminando calefacción, refrigeración y total por edificio completo en kWh. Finalmente, se calculó el valor unitario kWh/m<sup>2</sup>/año, métrica ampliamente utilizada para comparar diferentes eficiencias de edificios en condiciones muy disímiles.

En general, el ladrillo cerámico requiere un 41 % y un 34 % más que los muros M2 y M3 respectivamente. En congruencia con el análisis de confort, la diferencia más significativa se observa en la carga de calefacción, donde M1 es un 47,8 % y un 35,8 % superior a M2 y M3 (Tabla 1). Si bien el requerimiento energético logrado es similar, M2 presenta un 16 % más en el valor de K que M3. En Tabla 1 se pueden determinar los picos de calefacción y refrigeración y la cantidad de meses sin prácticamente el uso de climatización artificial. Con un 47 % y un 36 % mayor de requerimiento de calefacción, M1 necesita más capacidad instalada de equipos, con los costos asociados y su instalación. El edificio M1 es bioclimático al igual que los demás, maximiza el uso de las condiciones climáticas exteriores para su beneficio y los aspectos de diseño como las proporciones de aberturas y espacios interiores, etc., por lo cual se infiere que la diferencia de ahorro de todas las propuestas aquí evaluadas es sustancialmente mayor que la vivienda social actual en Argentina.

Comparando los resultados aquí obtenidos con Filippín y Flores Larsen (2009) y el Departamento de Planificación y Estudios, IDEA (2019), la vivienda social propuesta con M1 consume un 63,5 % menos de energía destinada a la calefacción que el promedio medido en 12 bloques multifamiliares en la ciudad de Santa Rosa, provincia de La Pampa, en la misma zona bioambiental y en el límite con un clima templado frío de Argentina. Respecto de la zona continental de España la reducción es de un 45 %.

Figura 8

Requerimientos energéticos mensuales

### CARGAS MENSUALES CALEFACCIÓN (C) Y REFRIGERACIÓN (R) (KWh) Superficie (m²): 1277,78

M1 Cerámico hueco				M2 PET				M3 Hormigón celular			
Max C: 33,56 KW 11 PM 7/08				17,75 KW 10 AM 7/08				23,10 KW 10 AM 26/07			
Max R: 30,33 KW 1 PM 21/12				28,12 KW 1 PM 21/12				33,76 KW 1 PM 21/12			
MES	C	R	TOTAL	MES	C	R	TOTAL	MES	C	R	TOTAL
Ene	2	2.453	2.455	Ene	0	2.054	2.054	Ene	0	2.022	2.022
Feb	17	1.699	1.716	Feb	4	1.406	1.410	Feb	3	1.327	1.330
Mar	63	579	642	Mar	18	424	442	Mar	14	231	245
Apr	904	280	1184	Apr	385	218	603	Apr	469	204	673
May	3.950	11	3.961	May	2.042	3	2.045	May	2.618	0	2.618
Jun	6.677	0	6.677	Jun	3.532	0	3.532	Jun	4.324	0	4.324
Jul	6.720	0	6.720	Jul	3.558	0	3.558	Jul	4.311	0	4.311
Ago	5.982	0	5.982	Ago	3.253	0	3.253	Ago	3.972	0	3.972
Sep	3.481	54	3.535	Sep	1.829	21	1.850	Sep	2.172	0	2.172
Oct	597	252	849	Oct	271	161	432	Oct	358	29	388
Nov	58	937	994	Nov	13	704	717	Nov	8	563	571
Dic	1	2.562	2.563	Dic	0	2.155	2.155	Dic	0	2.147	2.147
<b>TOTAL</b>	<b>28.451</b>	<b>8.827</b>	<b>37.278</b>	<b>TOTAL</b>	<b>14.905</b>	<b>7.146</b>	<b>22.051</b>	<b>TOTAL</b>	<b>18.249</b>	<b>6.523</b>	<b>24.773</b>
KWh/m²/año	22	7	29		12	6	17		14	5	19

#### Análisis de costos y estimación de PET incorporado al proyecto

En este apartado se compara la diferencia de costos de construcción de los diferentes muros y la estimación de PET incorporado en el proyecto con la opción M2. Es importante destacar que las variables como estructura, aberturas y pintura exterior son las mismas, por tanto, no se consideran en este análisis. Se calculan los costos unitarios (m²) de muro con revoques en ambas caras en las tres opciones propuestas. Estos costos están formados por los correspondientes a material y mano de obra de construcción (Tabla 2).

La Tabla 2 muestra el cálculo de los costos de construcción de 1 m² de cerramiento y la cantidad de botellas de PET factibles de ser incorporadas en los muros del proyecto. Cabe aclarar que M1 y M2 utilizan revoque grueso y fino convencionales. Mientras que M3 necesita un revoque específico. Los datos para los cálculos de costos corresponden a la planilla Costo de Rubros en Obras de Arquitectura (Bariña, 2020), diciembre 2020, y son de noviembre 2020 en dicha localidad. Para M3, que utiliza morteros y adhesivos específicos, se utilizaron los datos según el fabricante (Retak, 2020).

Como se observa en la primera mitad de la tabla, M2 es un 7,23 % más económico que M1, mientras que M3 es un 25 % más oneroso que M1. Ello evidencia el uso masivo de M1 por su bajo costo inicial, sin considerar el sobre costo de climatización durante su vida útil. Esta lógica de pensamiento cortoplacista generalizada en la región ha colaborado a la crisis energética actual. En detalle puede-

mos observar que M1 presenta una baja diferencia entre costos de mano de obra respecto de M2 y M3. Mientras que los materiales de M1 son un 25,73 % más costosos que M2 y un 32,78 % menor que M3. Cabe destacar la alta competitividad del ladrillo de PET respecto del de hormigón celular, ya que cuesta un 25,74 % menos del precio y es incluso 6 % más eficiente energéticamente. Para este cálculo se utilizó una producción a baja escala del ladrillo de PET. Por lo cual, si se plantea una producción a gran escala esta relación sería aún más eficiente.

Son relevantes los resultados de la segunda mitad de la tabla donde muestra la cantidad de PET factible de ser incorporado en la construcción de los muros de este proyecto, tanto por edificio, como por todo el conjunto propuesto. Especialmente para el municipio de Río Cuarto, que desde mayo de 2019 puso en marcha la planta recicladora (Planta de Reciclado de Residuos Plásticos, 2019). Estos datos permitirían realizar un plan de gestión del PET en conjunción con el plan de viviendas nuevas que tenga la ciudad. Para ello se realiza el siguiente cálculo: con una población estimada para 2021 de 186.446 pobladores en Río Cuarto (Ciudad de Río Cuarto, Población, 2015) y según un informe periodístico confiable (Argentina lidera el consumo mundial de gaseosas, 2013) donde se afirma que el consumo de bebidas gaseosas es de 131 litros por persona en promedio en el país se llega a los siguientes datos: dividiendo la cantidad de litros de bebidas gaseosas en botellas de 2 litros, el total que se utilizan es 65,5 botellas de PET por persona promedio. Esto sin considerar botellas de agua mineral y otras bebidas. Incluso, si el consumo es en botellas pequeñas, el PET utilizado sería

Tabla 1

Requerimientos energéticos del edificio

Cerramiento		\$ Materiales	\$ Mano de obra
M1	Ladrillo cerámico de 0,125 m + mortero de asiento 1:3:3 + 0,650 m <sup>3</sup> arena + 0,015 m revoque interior + 0,015 m revoque exterior		
	\$ Subtotal	2.237,07	1.955,00
	\$Total	4.192,07	
M2	Ladrillo PET 0,125m + mortero de asiento 1:3:3 + 0,015 m revoque interior + 0,015 m revoque exterior		
	\$ Subtotal	1.779,26	2.110,00
	\$Total	3.889,26	
M3	Ladrillo hormigón celular de 0,125 m + mortero adhesivo + 0,015 m revoque. Interior. RETAK + 0,015 m revoque exterior RETAK + imprimación exterior		
	\$ Subtotal	3.327,60	1.910,00
	\$Total	5.237,60	
Superficie de muros (internos y externos) de un nivel			636.5 m <sup>2</sup>
Superficie de muros (internos y externos) totales			1.909.5 m <sup>2</sup>
Cantidad de botellas incorporadas en la mampostería del edificio			2.436.522 botellas
Cantidad de botellas incorporadas en los 12 edificios propuestos			29.238.264 botellas

mayor. Si se multiplica por la población estimada para este año en Río Cuarto, el total de botellas de PET generadas son 12,21 millones, equivalentes a cinco edificios por año si se recicla el 100 %. Para el caso concreto de la propuesta en tres años se podría construir todo el conjunto, considerando para este tipo de obra pública los tiempos de proyecto, licitación, adjudicación, etc., sería factible. No obstante, a diciembre 2020, se reciclaron solo 60.000 botellas mensuales en el municipio.

### Conclusiones finales

Los resultados del presente trabajo ratifican la necesidad de diseñar y estudiar la tecnología para cada localización geográfica considerando en la primera etapa de diseño la evaluación con el *Manual de la vivienda sustentable*, documento reciente que conjuga todas las normativas vigentes en Argentina y también favorece buenas prácticas de uso de recursos. A su vez, la metodología propone complementar el análisis con simulación dinámica desde el inicio de los aspectos térmicos, energéticos y económicos, permitiendo valorar cuantitativamente el porcentaje de ahorro de requerimiento energético obtenido y los costos de construcción incurridos.

Esta evaluación permite afirmar que es urgente una intervención en dos aspectos fundamentales de la política habitacional social. Por un lado, implementar como obligatorio el diseño bioclimático sustentable considerando el contexto local y no la reproducción masiva uniforme en diferentes regiones del país y por otro, invertir en I+D+i (investigación, desarrollo e innovación tecnológica)

de nuevos materiales para la construcción que sean eficientes energéticamente y también en su impacto ambiental. Si bien el manual es factible de ser mejorado, se considera una excelente herramienta accesible a todos los actores intervinientes en la planificación, diseño, participación y concientización de los habitantes para lograr niveles altos de sustentabilidad.

Se visibiliza la importancia de las estrategias bioclimáticas en el diseño de edificios en general y, en particular, el cuantioso impacto positivo que implican ahorros cercanos al 41 % (M2) y 34 % (M3) en requerimientos energéticos en vivienda con fondos del Estado, sea nacional, provincial o municipal. Ante el déficit habitacional existente en Argentina expresado en la introducción de este trabajo, los organismos de gestión deberían incluir en sus programas y planificaciones el diseño de edificios de bajo consumo de energía, ya que no existen barreras tecnológicas para su implementación. La propuesta de construcción con materiales reciclados desarrollados en Córdoba, Argentina, y con una fábrica en el lugar, propician acciones de triple impacto, en cuanto a remediar el ambiente con los materiales de reciclados, la mano de obra local y la economía lograda en construcción y consumo energético durante la vida útil del edificio. Ante la situación de alta inflación, sumado a los altos costos de la energía en Argentina, la propuesta de muros de alta performance energética provenientes de residuos tiene además de un beneficio ambiental, un beneficio económico y social. Una reducción del consumo de energía para mantener la situación de confort en el ambiente interior de la vivienda permitiría paliar la pobreza energética propia de las

Tabla 2

Análisis de costos y estimación de PET incorporado al proyecto

regiones desprovistas de red de energía y/o en la población de menores recursos.

Es posible mediante la simulación energética evaluar el comportamiento térmico, mejorar y reformular el diseño de acuerdo con los resultados que se van obteniendo con el cálculo, sin que esto implique grandes modificaciones en la impronta del edificio. Los resultados energéticos y económicos obtenidos en la vivienda multifamiliar analizada y diseñada según estrategias bioclimáticas son auspiciosos. Las evaluaciones permiten visualizar fácilmente el impacto del ahorro con solo modificar muros. M2 cumple con la Certificación de Aptitud Técnica Nacional requerida para todas las tecnologías no convencionales. Este análisis comparativo de tres casos, sumado a que las propuestas han sido diseñadas con materiales locales y de acceso cotidiano en todo el país y que la mano de obra no es diferente a la tradicional (6ª Etapa: año 2018-a la actualidad), nos permite decir con fundamentos que es altamente factible su aplicación a mediano plazo en la ciudad evaluada. La debilidad detectada es la baja recolección de botellas actual. Incluso para todos aquellos edificios de viviendas multifamiliares próximas a construirse en la zona bioclimática IIIa, aplicar las modificaciones para incorporar esta tecnología representaría una mejora cuali-cuantitativa importante en cuanto al confort de sus habitantes y el ahorro energético masivo. En trabajos futuros se espera incorporar el análisis costo beneficio de incorporar renovables en este complejo habitacional.

## Referencias

- Argentina lidera el consumo mundial de gases. (26 de abril de 2013). *La Nación*. <https://www.lanacion.com.ar/sociedad/argentina-lidera-el-consumo-mundial-de-gaseos-nid1570996/>
- Bariña V. (2020). *Costos de rubros en obras de arquitectura*. Instituto de Estadísticas y Costos. Colegio de Arquitectos de la Provincia de Córdoba.
- Ciudad de Río Cuarto Población. (2015). *Population City*. <http://poblacion.population.city/argentina/rio-cuarto/>
- Centro Experimental de la Vivienda Económica. (2011). *Viviendas con estructura UMA y cerramientos de bloques de H° producidos por los internos de la Penitenciaría Provincial, sede Río Cuarto*. Capacitación y asesoría técnica.
- Centro Experimental de la Vivienda Económica. (2014). *Proyecto DETEM (COFECYT): 2 Coop. de trabajo que producen las estructuras UMA, 53 viviendas terminadas*. Capacitación y asesoría técnica.
- Centro Experimental de la Vivienda Económica. (2018). *Primer Taller de Capacitación en producción de componentes en base a PET reciclado* (ladrillos, bloques y placas de ladrillos). Capacitación y asesoría técnica.
- Departamento de Planificación y Estudios. (2019). *Estudios IDEA. Estudio SPAHOUSEC II Análisis estadístico del consumo de gas natural en las viviendas principales con calefacción individual, 005*. 86. Autor.
- Dury, A. (2014-2020). *WMO Region 3 - South America*. EU.: Climate.OneBuilding.Org. [http://climate.onebuilding.org/WMO\\_Region\\_3\\_South\\_America/ARG\\_Argentina/index.html](http://climate.onebuilding.org/WMO_Region_3_South_America/ARG_Argentina/index.html)
- ECOTECT Building Analysis for designers v5 [software] (2010) <https://es.freownloadmanager.org/Windows-PC/Autodesk-Ecotect-Analysis.html> recuperado el 26/09/2022
- Empresa Provincial de Energía de Córdoba. (2020). Anexo 2 tarifa social nacional. (1). [https://web.epec.com.ar/docs/cuadro-tarifario/tarifa\\_n1\\_SocialNacionalRG53\\_16.pdf](https://web.epec.com.ar/docs/cuadro-tarifario/tarifa_n1_SocialNacionalRG53_16.pdf)
- Energy Plus [9.4.0] [software] (2020). <https://energyplus.net/>
- Filippín, C., & Flores Larsen, S. (2009). Analysis of energy consumption patterns in multi-family housing in a moderate cold climate. *Energy Policy*, 37(9), 3489-3501. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.03.06>
- Gaggino, R., Arguello, R., & Berretta, H. (2010). Procedure for making a cement mixture applicable to the manufacture of building elements. *Recent Patents on Materials Science Journal*, 3(3), 167-177. <https://doi.org/10.2174/1874465611003020167>
- Gobierno de Río Cuarto. (9 de mayo 2019). *Planta de Reciclado de Residuos Plásticos*. <https://www.riocuarto.gov.ar/0/noticias/detalle/1092/planta-de-reciclado-de-residuos-plasticos/1/>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis (5)*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf)
- Heywood, H. (2017). *101 reglas básicas para edificios y ciudades sostenibles*. Editorial Gustavo Gili.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Norma N° 11605.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2004). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Norma N° 11659-1 E 2.
- Kaza S., Yao L., Bhada-Tata P., & Van Woerden F. (2018). *What a waste 2.0, A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/d3f9d45e-115f-559b-b14f-28552410e90a>

- Mapa topográfico de Córdoba [s. f.]. Topographic-maps. <https://es-ar.topographic-map.com>
- Mazria, E. (1979). *The Passive solar energy book. A complete guide to passive solar home, greenhouse and building design*. Emaus.
- Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Secretaría de Energía. (2016). *Manual de vivienda sustentable*. BID; Fondo Mundial para el Medioambiente. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/desarrollo-sostenible/vivienda/manual>
- Municipalidad de Río Cuarto. (2008). *Código de Planeamiento Urbano*. Autor.
- National Academy of Exact, Physical and Natural Sciences. (2019). *The waste we generate. Its sustainable management, a great challenge*. [www.ancefn.org.ar/user/FILES/PUBLICACIONES/LOS%20RESIDUOS%20WEB.pdf](http://www.ancefn.org.ar/user/FILES/PUBLICACIONES/LOS%20RESIDUOS%20WEB.pdf)
- Presidencia de la Nación. (2018). *Materiales gráficos. Agenda 2030 – ODS Argentina*. C.A.B.A. Autor.
- Retak. (2020). Nuestro productos. *Retak Argentina*. <https://retak.com.ar/productos-retak/ladri-llo-macizo-retak/>
- Sulaiman H., Oga Martínez L., Filippín C. y Gaggino R. (9-11 de enero de 2020). *Diseño con Simulación de Vivienda Colectiva Sustentable en Ciudad Intermedia* [Sesión de conferencia]. Seminario Internacional “Ciudad, Ingeniería y Sostenibilidad, desafío de las ciudades intermedias”, La Serena, Chile.
- Sulaiman, H., Sipowicz, E., Filippín, C., & Oga, L. (2020). Energy Performance of Dwellings in a Temperate Climate Area of Argentina. An Architectural Proposal. *The Open Construction and Building Technology Journal*. <https://doi.org/10.2174/1874836802014010001.20.14.1-16>
- UN Environment. (2019). *Global Environment Outlook – GEO-6: Healthy Planet, Healthy People*. Nairobi. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108627146>
- Yang, L, Bao-Jie, H., & Ye, M. (2014). Application research of ECOTECT in residential estate planning. *Energy and Buildings*, (72), 195-202. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.12.040>
4. Contacto: [lautaro.ogamartinez@gmail.com](mailto:lautaro.ogamartinez@gmail.com)
5. Contacto: [cfillippin@cpenet.com.ar](mailto:cfillippin@cpenet.com.ar)
6. Proyecto PUE-CONICET 2018-2023. “Modelo de gestión para la producción regional de componentes constructivos para mejoras habitacionales a partir del reciclado de residuos sólidos urbanos” Código 22920170100003CO. Director: Rosana Gaggino. Resolución: D.1714/17. Proyecto UE -2017

### Notas

1. Recibido: 15 de junio de 2021. Aceptado: 2 de febrero de 2023.
2. En el Marco del Proyecto Unidad Ejecutora 2017 Financiado por Consejo Nacional de investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) Argentina. Modelo de gestión para la producción regional de componentes constructivos para mejoras habitacionales a partir del reciclado de residuos sólidos urbanos. Dir.: Dra. Rosana Gaggino.
3. Contacto: [drahsulaiman@gmail.com](mailto:drahsulaiman@gmail.com)