INDICADORES URBANO EDILICIOS ORIENTADOS A DETERMINAR LA APTITUD ENERGÉTICO AMBIENTAL: comparación a nivel edilicio, barrial y urbano.

G. M. Viegas, G. A. San Juan, C. A. Díscoli

RESUMEN

Enmarcado en un proyecto de investigación plurianual financiado por CONICET[1] el objetivo del trabajo es comparar los efectos del consumo de energía en el sector residencial en la escala edilicia, barrial y urbana, a partir de la construcción de indicadores que definen la aptitud energética ambiental de la ciudad. La metodología se desarrolla a partir de la detección de edificios y sectores urbanos representativos de la ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina, la realización de simulaciones térmicas de edificios y el cálculo de indicadores que luego son extrapolados a la ciudad a partir de SIG. Los impactos de las condiciones energéticas de las viviendas son sustantivos en la escala barrial y así deben ser considerados para lograr mayor efecto sobre la mejora de la calidad edilicia del sector.

1 INTRODUCCIÓN

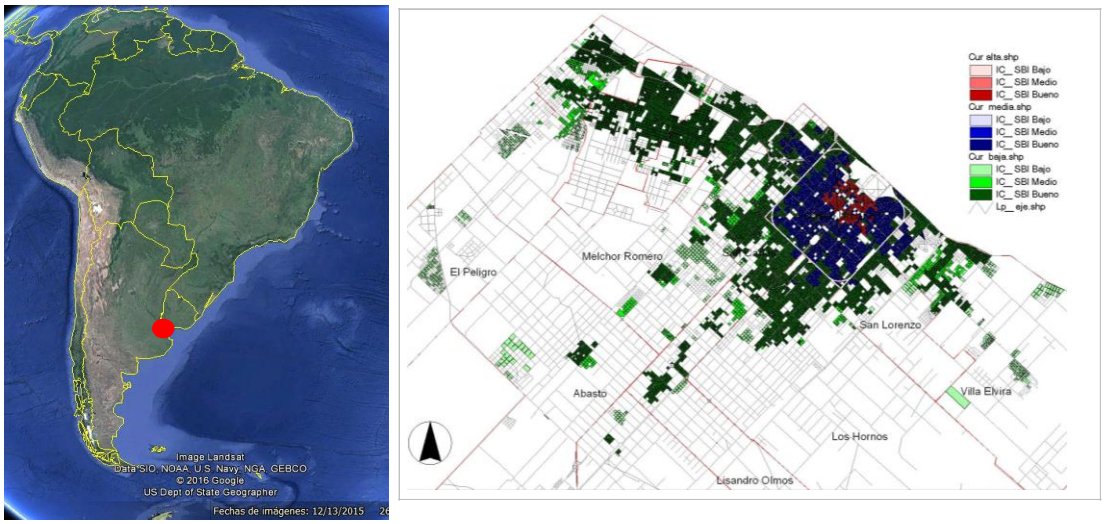
El modelo urbano del siglo XXI está determinado por la dispersión sub-urbana. Este tipo de conformaciones, caracterizadas por una forma de desarrollo urbano con baja densidad, dispersa, con características ambiental y socialmente impactantes, son altamente negativas para el territorio. En la realidad local, se reconoce la opción de la compacidad como una alternativa sustentable, si se considera el ahorro energético, la economía de la infraestructura y los beneficios económicos asociados a los desarrollos compactos (Instituto Cerdá, 1999; Edwards, 2008; Diputación de Barcelona, 2000; Poelmans y Rompaey, 2009; Rueda, 1997; Hasse y Lathrop, 2003; Mesa y De Rosa, 2005 y 2006).

De acuerdo a Kosak d. (2012), parte del mundo occidental ha intentado frenar esta dispersión suburbana y aumentar las densidades a partir de sus políticas de planeamiento urbano, introduciendo densidades mínimas en las nuevas edificaciones, de manera de tender hacia urbanizaciones sustentables en el tiempo. Aunque a pesar de que las mayores densidades edilicias pugnan por una mayor eficiencia energética, no resuelven linealmente el problema, debido a que se deben incorporar mejoras en la envolvente edilicia.

En este contexto, la ciudad de La Plata, capital de la provincia de Buenos Aires, Argentina, demuestra que el mayor porcentaje de su población y viviendas se localizan en el territorio a partir de un modelo similar a la conurbación dispersa (ver figura 1). La consolidación urbana residencial (CUR) es un indicador que integra la densidad edilicia (DE) y la cobertura de servicios básicos de infraestructura (SBI). El área de CUR alta es de las que poseen menor extensión en el territorio (2,21%, 170 hectáreas) mientras que el área de

[1] Desarrollo de tecnologías y pautas para el reciclado masivo de la envolvente edilicia residencial orientado al uso racional y eficiente de la energía en áreas urbanas". CONICET PIP 112-01101-00097 (2012-2014). Director: Dr. Carlos Discoli.

CUR media posee una extensión de 17,3% (1.332 hectáreas) y la sumatoria de las áreas de CUR baja son las de mayor extensión, 80,49% (6.196 hectáreas). Asimismo, las zonas de CUR media y alta alojan el 40% de las viviendas y el 30% de la población, mientras que la CUR baja el 60% de las viviendas y el 70% de la población restante.



		Densidad edilicia (DE)	Índice de cobertura SBI_i (IC_SBI)	
Consolidación urbana residencial –CUR-	**Alta**	> 40 viviendas/ha	Bajo*	0 < -IC_SBI ≤ 0,6
			Medio*	0,6 < -IC_SBI ≤ 0,8
			Bueno	0,8 < -IC_SBI ≤ 1
	Media	20 < DE ≤ 40 viviendas/ha	Bajo*	0 < -IC_SBI ≤ 0,6
			Medio*	0,6 < -IC_SBI ≤ 0,8
			Bueno	0,8 < -IC_SBI ≤ 1
	Baja	≤ 20 viviendas/ha	Bajo	0 < -IC_SBI ≤ 0,6
			Medio	0,6 < -IC_SBI ≤ 0,8
			Bueno	0,8 < -IC_SBI ≤ 1

Fig. 1. Consolidación urbana residencial de la ciudad de La Plata. La zona roja es la de mayor densidad, mientras que las áreas azul y verde son las de menor densidad.

Por otro lado, el consumo energético en las ciudades es muy significativo, implicando dos tercios de la energía total consumida en el mundo. Dentro de ellas, los edificios son los que se hacen cargo del 50% de esa energía. En la Unión Europea por ejemplo, los edificios son responsables de más del 40% del consumo de energía total (Rodriguez Alvarez, 2016). Esto verifica el impacto que tienen las ciudades en relación al consumo de energía. En particular el sector residencial en Argentina en 2014 consumió el 27,8% (15,9 Mtep) del total de energía generada, el segundo mayor consumidor luego del sector transporte. El 65% corresponde a gas distribuido, el 9% a gas licuado y el 24% a electricidad (Balance Energético Nacional, 2015). Y por otro lado, esta energía consumida deriva en un importante impacto con respecto a las emisiones de dióxido de carbono sobre el ambiente, las cuales son las principales causantes del calentamiento global en nuestro planeta.

Como respuesta a esta situación diversos ejemplos nacionales e internacionales permiten definir medidas que mitigan los impactos negativos que nuestra ocupación en el territorio está provocando. En cuanto al sector de los edificios, las medidas abarcan la eficiencia energética y el reemplazo de energías fósiles por renovables (Gauzin Müller 2002; Ruano 1999; Filippín y Beascochea, 2005). Desde los años 60 a la fecha, la gran mayoría de los estudios y avances se refieren a la escala de los edificios individuales. Pero, a pesar de que

se entiende que el abordaje de la gran escala podría proporcionar mayores reducciones del consumo energético y del impacto ambiental, la complejidad urbana hace que dichos ejemplos sean menor cantidad. Se observa que en la escala del barrio o área urbana, las intervenciones con consciencia ambiental permiten, además de reducir ampliamente el consumo de energía y el impacto ambiental, también mejorar la calidad de vida de la población.

A nivel internacional se han desarrollado modelos que tienen por objetivo analizar la performance energética de sectores urbanos y ciudades y permiten evaluar la aplicación de estrategias de intervención para mejorar las condiciones actuales, reducir el consumo de energía y el impacto ambiental.

En Rodriguez Alvarez (2016) se desarrolla una compilación de los últimos modelos energéticos urbanos. Por ejemplo el *EEP* (energy and environmental prediction model) es una herramienta de auditoría para cuantificar el consumo de energía y las emisiones de toda una ciudad, a partir de información sobre cada edificio compilada y almacenada en un SIG. El *LT model* fue ideado originalmente para calcular el consumo de iluminación y energía térmica en edificios; está destinado a pequeños barrios urbanos e incorpora el uso de modelos de elevación digital para introducir los datos espaciales; los parámetros morfológicos se derivan de la DEM por los algoritmos de procesamiento de imágenes. El *Ursos* es un modelo térmico sencillo para calcular el consumo de energía de los edificios en pequeñas áreas urbanas, donde la geometría urbana tiene que ser elaborado como en un entorno CAD. El *SunTool* es un modelado de flujo integrado de los recursos (energía, agua y residuos) de los edificios en los desarrollos urbanos, basado en simulaciones térmicas dinámicas, a diferencia de LT y EEP que se basaban en modelos estacionarios. El *Climate Lite* es un paquete de evaluación ambiental para las primeras etapas del diseño, que incluye un modelo térmico y energético sencillo, se basa en el modelo LT y la geometría urbana tiene que ser elaborada como en un entorno CAD, lo que limita el tamaño de las áreas de estudio. El GDR energy model se aplica en Dublin a partir de clasificar los edificios en 10 categorías asignando las especificaciones de valores U, exposición etc., se estiman las necesidades de calefacción a partir de un modelo térmico, obteniendo la carga de calor urbano mediante la combinación de esos resultados con la distribución de los edificios en el distrito, este modelo no es aplicable a otros edificios. El UMI (urban modeling interface) se trata de un plug-in que conecta una geometría urbana modelada en un entorno CAD (Rhino) con una herramienta de simulación energética dinámica (Energy Plus), se destina a barrios y ciudades, y la dimensión de la zona de estudio se verá limitada por la potencia de cálculo. Finalmente el modelo Urban Energy Building Index (UEBI) (Rodriguez Alvarez (2016) se basa en el LT model y el Energy Index, considera la influencia de la morfología en la performance energética de la ciudad, a través de simplificarla en un patrón regular que toma los promedios geométricos de la actual morfología. Considera parámetros por default como las especificaciones materiales y la ocupación, pero no considera situaciones microclimáticas.

El análisis de los modelos permite concluir que algunas premisas como la posibilidad de generalización de su uso en distintas regiones, así como de simplificación de variables para evitar la acumulación de errores, es clave a la hora de garantizar el éxito de los mismos. Algunos de estos modelos se basan en análisis regionales a partir de los cuales se logró desarrollarlos. Otros son modelos genéricos.

En este sentido, la presente investigación avanza en el desarrollo de un modelo metodológico aplicable a ciudades intermedias de Argentina, basándose en el análisis de la ciudad de La Plata como caso de estudio, en sus diferentes escalas, los edificios, los sectores urbanos y la ciudad. El modelo podría desarrollarse para otras regiones de similares características del país. El objetivo de este trabajo es analizar y comparar el efecto del consumo de energía en el sector residencial en la escala de vivienda, barrial y urbana, a partir de la construcción de indicadores urbano-edilicios que definan la aptitud o potencialidad energética ambiental de la ciudad. Se funda sobre un estudio regional que define la posibilidad de extenderlo a otras regiones con características similares. Se plantea la necesidad de justificar las diferencias de analizar las unidades edilicias o el sector urbano y la ciudad y encontrar sobre qué escalas se justifica trabajar.

2 METODOLOGÍA

La metodología se desarrolla a partir de la definición de edificios y sectores urbanos representativos de la ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina, la realización de simulaciones térmicas de los edificios y a partir de ellas, la definición de indicadores que luego son extrapolados al sector urbano y a la ciudad a partir de sistemas de información geográfica. La figura 2 muestra las distintas escalas del análisis y como se realimentan unas a otras.

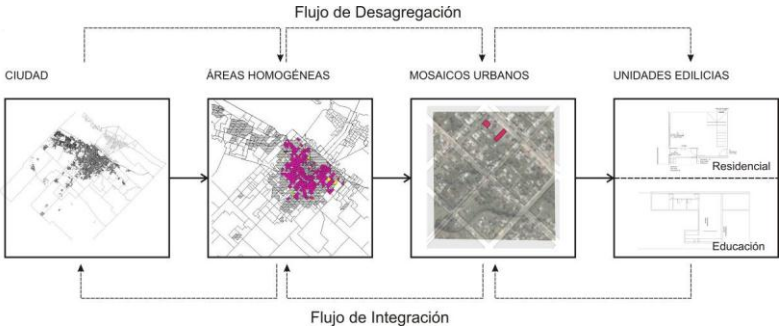


Fig. 2. Niveles de análisis en áreas urbanas.

2.1 Determinación de sectores representativos de la ciudad

Los mosaicos urbanos (MU) son sectores representativos de áreas mayores de la ciudad. Sus componentes principales son unidades de edificios asociadas a tipologías arquitectónicas conocidas, localizadas en parcelas, formando manzanas que se relacionan a partir de los espacios públicos de las calles, veredas y vacíos. La disposición, caracterización, forma y ocupación de sus componentes sobre el territorio conforma un tipo de mosaico definido como patrón característico, que determinará la compacidad urbana del sector.

Distintos tipos de conformaciones urbanas o mosaicos se determinan de acuerdo a las variables: uso del suelo; trazado y tejido urbano; y acceso al recurso solar. En este caso, la extensión depende de la morfología característica del área urbana. La figura 3 muestra dos sectores urbanos seleccionados que representan a las áreas de consolidación baja y media.

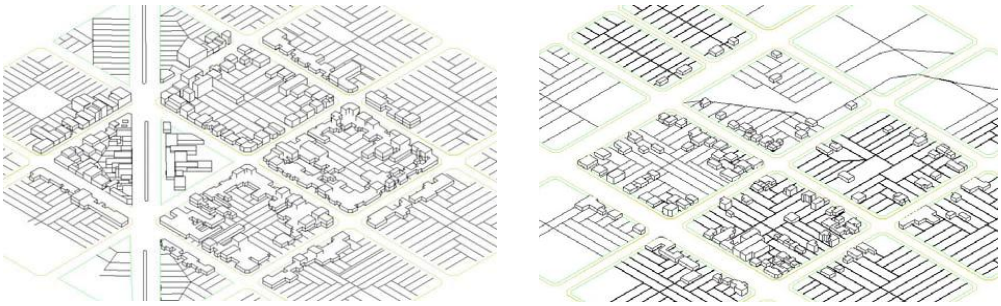


Fig. 3. Morfología simplificada de dos mosaicos objeto de estudio. A la izquierda MU1, media consolidación. A la derecha MU2, baja consolidación.

2.2 Realización de simulaciones térmicas

El análisis de las unidades edilicias se desarrolla a partir de asociarlas a diferentes tipologías de vivienda, determinadas por relevamiento manual en campo y semiautomático sobre imágenes urbanas (Viegas, 2008), detectando cuales son las tipologías predominantes y qué superficie construida total de cada una existe. Para el sector de estudio, la región metropolitana de Buenos Aires, se cuenta con la existencia de una cartera de tipos morfológicos-constructivos de viviendas (IAS-FIPE, 1987). Utilizando esta información como guía, las viviendas relevadas son clasificadas en las tipologías morfológicas básicas (para este caso son: 1- viviendas compactas de una planta, 2- viviendas compactas de dos plantas, 3- viviendas poco compactas, 4- edificio escolar de planta lineal compacta 1 piso), y sus variantes en función de las características constructivas de las cubiertas (chapa ondulada; teja roja; losa de hormigón armado) y su posición en la manzana respecto de la orientación (frente al suroeste; frente al sureste; frente al noreste; frente al noroeste). Y se puede determinar la composición tipológica que es el porcentaje de cada grupo de edificios respecto del total en los dos mosaicos mencionados.

En consecuencia se trabajó en principio con un análisis detallado de las tipologías morfológicas básicas, relevando sus características constructivas, hábitos de uso y auditoria térmico-energética, y con esta información y la utilización de un programa de simulación térmica, se desarrollaron todas las variantes constructivas y de orientación para obtener la totalidad de las tipologías existentes en el área urbana. La definición de las tipologías básicas no responde a su mejor o peor comportamiento térmico, sino que son aquellas que pudieron ser auditadas. El programa utilizado es el SIMEDIF para Windows (Flores Larsen y Lesino, 2001), que permite realizar la simulación térmica de los edificios a fin de evaluar su comportamiento frente a determinadas variaciones (climáticas, constructivas, de orientación). En edificios ya construidos el programa permite ajustar los datos medidos, de forma de conocer su comportamiento bajo diferentes condiciones (Flores Larsen en Filippín, 2005). En principio se desarrollan las simulaciones térmicas de las unidades edilicias básicas y se calibran los modelos a partir de los datos reales medidos, para obtener confiabilidad en los mismos.

La modificación de los modelos originales (incorporando las cuatro orientaciones en la manzana y tres tipos de cerramientos en los techos para las viviendas y dos para el establecimiento escolar, lo que significa 12 y 8 variantes por cada tipología respectivamente) produjo como resultado 44 modelos totales que representan a los edificios relevados en los MU objeto de estudio. Para evaluar el impacto de estas variantes sobre las unidades edilicias básicas, el programa SIMEDIF permite ingresar condiciones de

temperatura y radiación medias y realizar un análisis periódico permanente para evaluar el consumo energético. Se calcula entonces, la necesidad de energía auxiliar diaria de cada local de los edificios para la época invernal, utilizando como condiciones exteriores las extremas (temperatura mínima y máxima absoluta), que son los que generalmente se utilizan. Se pre-define un termostato en cada local, a 18ºC para locales principales (estar, dormitorios) y a 16ºC para locales secundarios (baño, cocina, pasillos, lavaderos, etc.). Las condiciones exteriores se calcularon en base a la información registrada en las auditorías a las viviendas, que corresponden al mes de junio de 2007. La temperatura mínima, media y máxima registrada fue de 0ºC, 8ºC y 16ºC respectivamente. La radiación media diaria sobre superficie horizontal fue de 6,02 MJ.

2.3 Cálculo de indicadores y espacialización

Los indicadores en los diferentes niveles de integración son los que nos permitirán entender el comportamiento de un área urbana a partir del MU (Viegas, 2014). En el nivel sub-unitario –las unidades edilicias- la unidad que permitirá la extrapolación de los indicadores es el área construida por cada tipología o el porcentaje relevado de cada tipología con respecto al total del área. En el nivel de anclaje -mosaico urbano- los indicadores utilizados como unidad de extrapolación son: la unidad de área total de manzana en hectáreas que caracterizan los distintos tipos de tejido, y el número de viviendas por hectárea. A partir de estos indicadores, es posible extrapolarlos al nivel supra-unitario –área homogénea- de las que forman parte, utilizando los sistemas de información geográfica –SIG-.

Los indicadores desarrollados se han dividido en tres grupos: aquellos que caracterizan morfológica y constructivamente el área, aquellos que definen su comportamiento térmico-energético, y aquellos económico-ambientales que surgen como producto de los anteriores.

Los indicadores morfológico-constructivos permitirán definir el patrón en cuanto a forma y materialización de la envolvente edilicia de un MU. Los indicadores de comportamiento térmico-energético consideran el consumo energético de gas para climatización invernal en la situación original de las tipologías. Los indicadores de comportamiento económico-ambiental son derivados de los anteriores y en consecuencia también consideran el período de climatización invernal. Consideran las emisiones de dióxido de carbono y el costo de la energía consumida en los edificios.

3 RESULTADOS

Se plantea el análisis detallado de los resultados obtenidos en cada indicador comparando las tres escalas del análisis.

3.1 Análisis morfológico constructivo

La Tabla 1 muestra el análisis del cálculo del coeficiente volumétrico de pérdidas y los coeficientes de transmitancia térmica de la envolvente de techos y muros de las unidades edilicias relevadas en ambos sectores urbanos.

Tabla 1. Indicadores morfológicos constructivos por unidad edilicia

Unidad edilicia (Tipología)	Coeficiente volumétrico de pérdidas de calor (G)			Coeficiente de Transmitancia térmica muros (K) (W/m² ºC)				Coeficiente de Transmitancia térmica techos (K) (W/m² ºC)			
				Calculado	Valores Admisible según Norma Nacional (*)			Calculado	Valores Admisible según Norma Nacional (*)		
	Calculado	Admisible por norma Nacional (*)			nivel A (mayor exigencia)	nivel B	nivel C (menor exigencia)		nivel A (mayor exigencia)	nivel B	nivel C (menor exigencia)
Ti 1a (losa)	**3,2**	1,85		1,88	0,38	1	1,85	3,82	0,32	0,8	1
Ti 1b (chapa)	**2,2**	1,85		1,88	0,38	1	1,85	0,98	0,32	0,8	1
Ti 1c (teja)	**2,17**	1,85		1,88	0,38	1	1,85	0,8	0,32	0,8	1
Ti 2 a (chapa)	**2,3**	1,95		1,24	0,38	1	1,85	0,98	0,32	0,8	1
Ti 2 b (losa)	**2,8**	1,95		1,24	0,38	1	1,85	3,82	0,32	0,8	1
Ti 2 c (teja)	**2,3**	1,95		1,24	0,38	1	1,85	0,8	0,32	0,8	1
Ti 3 a (chapa)	**2,9**	1,82		1,65	0,38	1	1,85	0,98	0,32	0,8	1
Ti 3 b (losa)	**3,5**	1,82		1,65	0,38	1	1,85	3,82	0,32	0,8	1
Ti 3 c (teja)	**2,9**	1,82		1,65	0,38	1	1,85	0,8	0,32	0,8	1
Ti escuela 4 a (chapa)	**1,53**	1,29		1,24	0,38	1	1,85	0,9	0,32	0,8	1
Ti escuela 4 b (losa)	**2,1**	1,29		1,24	0,38	1	1,85	3,82	0,32	0,8	1

Nota: La unidad edilicia escolar (Ti escuela 4) solo tiene dos variantes constructivas debido a que el cerramiento de tejas no es habitual en estos edificios. Valores admisibles según norma nacional IRAM 11.605, nivel C (mínimo, evita condensación); nivel B (ahorro en calefacción); nivel A (ecológico).

Se puede observar que los valores de G calculados no alcanzan a los valores aceptados por las normativas nacionales. En cambio el análisis por cerramiento obtiene mejores resultados ya que para el caso del análisis de los muros, todas las tipologías alcanzan el nivel de exigencia mínima, mientras que para el caso de los techos, las tipologías con techos de chapa, y teja alcanzan el nivel mínimo y medio.

La Tabla 2 muestra el análisis morfológico constructivo en el sector urbano. Cuando este análisis se realiza por sector urbano, se puede observar que, de acuerdo al peso tipológico de cada uno de ellos, los resultados cambian. No se considera importante evaluar el nivel G porque ninguna tipología lo cumple pero sí se puede observar que el sector urbano MU2 tiene una leve mejora en la calidad térmica respecto al sector urbano MU1, de acuerdo al peso de cada tipología. La espacialización en el área urbana no se consideró relevante para este indicador, ya que no aporta información diferenciada respecto al análisis del sector.

Tabla 2. Indicadores morfológicos constructivos integrados al mosaico urbano.

	MU1						MU2					
	area	% tip.	% cumple G	K muro (C)	K techo (C)	K techo (B)	area	% tip.	% cumple G	K muro (C)	K techo (C)	K techo (B)
TOTAL	16.239,3	100,0	**0,0**	**100,0**	**61,9**	**10,0**	11.336,5	100,0	**0,0**	**100,0**	**65,8**	**11,8**

3.2 Análisis térmico-energético

La figura 4 muestra la demanda energética de las 44 tipologías estudiadas incorporando variantes constructivas y de orientación en la manzana y los resultados en los mosaicos. Las variaciones van desde un mínimo de 7,14 m^3 de gas por m^2 para calefacción (90 días de invierno), hasta un máximo de 11,61 m^3/m^2 para calefacción, y un promedio de 9,5 m^3/m^2. Se observa un 60% más de consumo entre la máxima y mínima demanda de energía. El análisis detallado justifica el estudio de las tipologías y sus variantes.

Como se puede observar algunas de las unidades edilicias no se encuentran en los sectores de análisis, y son las que corresponden a las menores demandas de energía, con lo cual las unidades edilicias de demandas promedio y altas son las que completan el sector urbano. Otro registro visible es que el impacto de los edificios de gran escala (tipología 4) en un área urbana de cuatro manzanas (área de entre 11.000 y 16.000 m^2) es de mayor importancia, con lo cual su análisis es justificado. El sector MU1 tiene mayores demandas de energía totales que el MU2.

Fig. 4. Demanda de energía para climatización invernal en las distintas unidades edilicias estudiadas (a) y en dos sectores (mosaicos) urbanos discriminados por unidades edilicias. Expresada en m^3 por año. Nota: algunas unidades edilicias originales no se encontraron en los sectores urbanos de trabajo; por ejemplo la unidad 1c, 3b, 3c y 4b.

La figura 5 muestra la espacialización de resultados en un área urbana. Como se puede observar, la distribución de los consumos a nivel urbano, desarrollados con la misma escala numérica en los tres, muestra como a medida que los consumos son medios, las manzanas urbanas que son las unidades de gráfico, se observan en color blanco (entre 300 m^3 y 450 m^3 de gas diarios).

Las áreas de menor consumo son las azules y las de mayor consumo son las rojas. El gráfico permite observar el consumo promedio por manzana, estableciéndose áreas que muestran un consumo promedio diario de entre 598,24 y 745,15 m^3, lo que significa un consumo máximo de 67.063,5 m^3 en el período invernal por manzana urbana (multiplicando el medio por 90 días de invierno), en contraposición con áreas de bajo consumo con 10,6 y 157,5 m^3 por día, o sea un máximo de 14.175 m^3 en invierno.

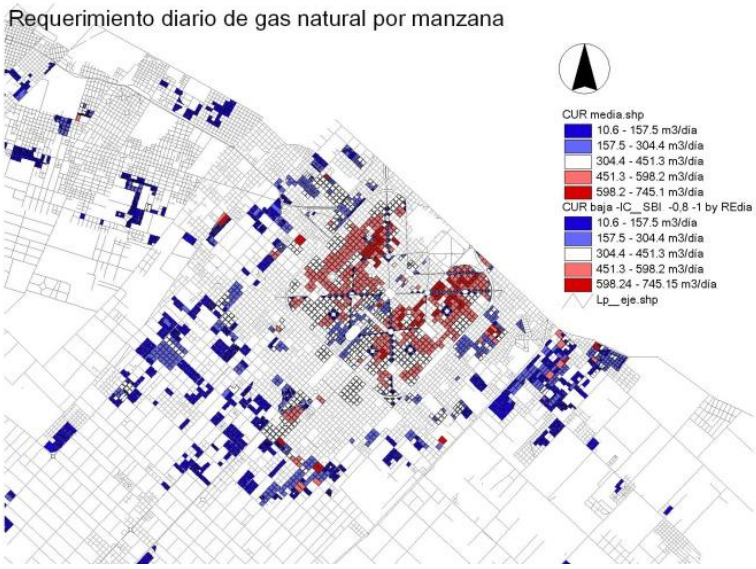


Fig. 5. Demanda de energía auxiliar en dos áreas homogéneas de la ciudad de La Plata, expresada en m^3/día (expresa consumo diario, no invernal).

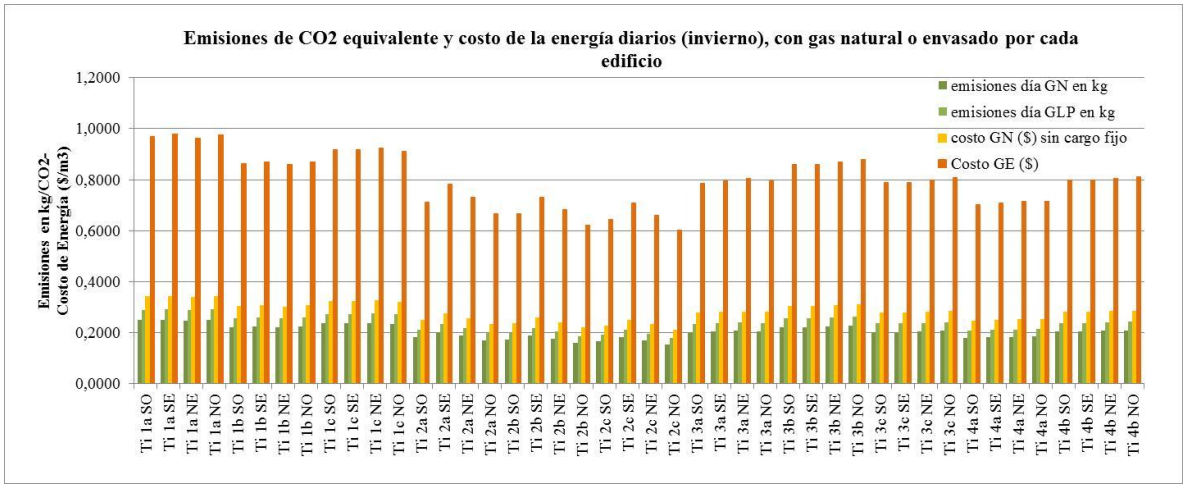
3.3 Análisis económico ambiental

La figura 6 muestra los resultados de las emisiones de dióxido de carbono y el costo de la energía discriminando si es gas natural de red o gas envasado, por unidad edilicia.

Con respecto a las emisiones de dióxido de carbono, si bien no se considera que nuestra región sea una gran productora de estos gases, es importante destacar que sus emisiones están acrecentándose, llegando hoy a una emisión de 10 tn por habitante del país. Es importante su cuantificación a nivel local si pensamos en la perspectiva del aporte que es posible realizar a sus reducciones. El factor de emisión de Gas natural es de 1,91 kg CO_2/m^3, mientras que para gas licuado (GLP) es de 2,26 kg CO_2/m^3 equivalente[2].

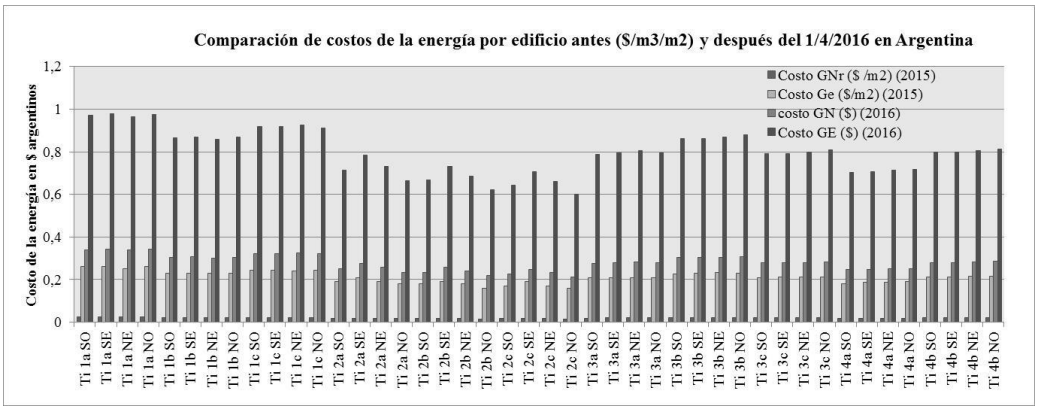
Respecto a la energía, en Argentina, la cobertura de servicios básicos de infraestructura no es total. El Atlas ID (atlas id, 2016, http://atlasid.planificacion.gob.ar/atlas.aspx) es una herramienta argentina que permite conocer la evolución de los territorios nacionales en base a 7 dimensiones. En un análisis de superficie promedio argentina servida por infraestructuras básicas por redes (agua, cloaca, electricidad y gas natural), un 75% presenta coberturas alta y media alta, mientras que un 23% presenta una cobertura media baja (menor al 50% de cobertura) y un 7% baja (menor al 25% de cobertura).

En la figura 1, coloreados en verde claro[3], se pueden observar barrios y sectores de la ciudad que aún no cuentan con cobertura de gas por red. En general corresponde con sectores de menores recursos económicos, los que deben abastecerse con gas envasado, de altos costos, o suplementar la climatización con energía eléctrica. Hasta el 1 de abril del año 2016, los costos de la energía eran subvencionados por el Estado Nacional en una política de reducir el costo de los servicios considerados básicos y de derecho de acceso a la energía, a la población. En la actualidad esta situación se ha invertido ya que se aumentaron los valores de la unidad de energía, así como en los cargos fijos. El promedio del m^3 de gas era de 0,135$ (todos los usuarios estaban subvencionados) más cargos fijos e impuestos, y en la actualidad la tarifa promedio varía entre 2,2 y 4,7$/$m^3$ (sin considerar categorías de tarifa social, ni aquellos que registren disminución de su consumo respecto del año anterior). Respecto al gas envasado, en garrafas de 10 kg (equivales a 12,8m^3 de gas), durante mucho tiempo costó 25$ subvencionada por el Estado, luego paso a costar entre 77 y 90$, mientras que en la actualidad se considera que puede alcanzar los 150$.



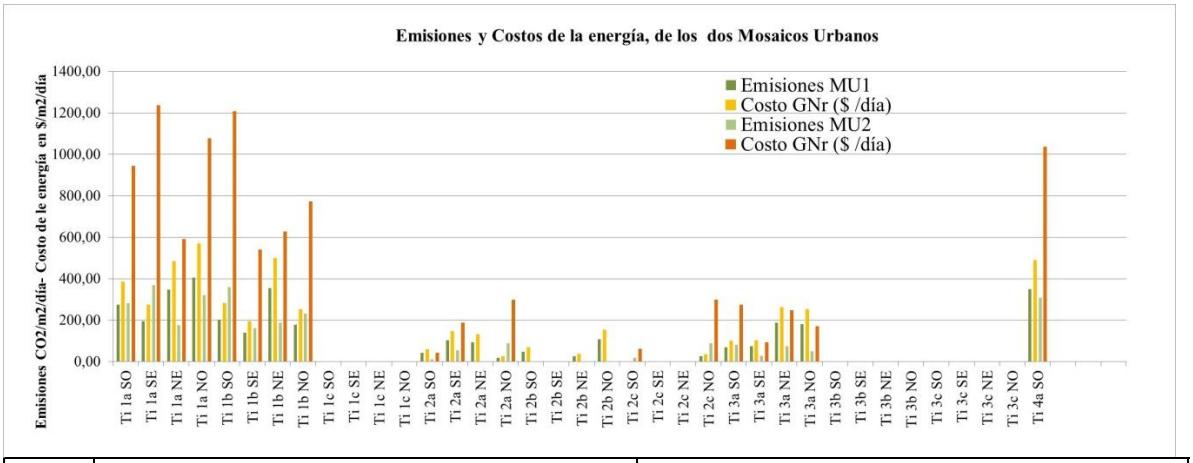
Cotización peso argentino-dólar estadounidense al 29/4/2016: 1UD= 14,1$

[2] El factor de emisión del gas envasado o GLP se calcula por kg de combustible, lo que significaría que el **FE del GLP=** 2,894 kg CO2/kg. A efectos del cálculo se ha convertido a m^3 equivalentes de GN.
[3] Denominación en plano: CUR Baja-menos de 20 viviendas/hectárea-IC_SBI menor a 0,6 (bajo)



Cotización peso argentino-dólar estadounidense al 29/4/2016: 1UD= 14,1

Fig. 6. Emisiones de CO_2 y costo de la energía con gas por red o gas envasado por unidad edilicia.



	MU1				MU2			
	Req. E (m^3/día)	Req. E (TEP día)	Em. CO_2 x GN (kg /día)	Costo GNr ($ /día)	Req. E (m^3/día)	Req. E (TEP día)	Em. CO_2 x GLP (kg /día)	Costo GLP ($ /día)
Total	**1.796,8**	1,7	**3.413,9**	**4.783,1**	**1.279,8**	1,2	**2.892,4**	**9.688,3**

Fig. 7. Emisiones de CO_2 y costo de la energía con gas por red o gas envasado por sector urbano, detallado y total por sector.

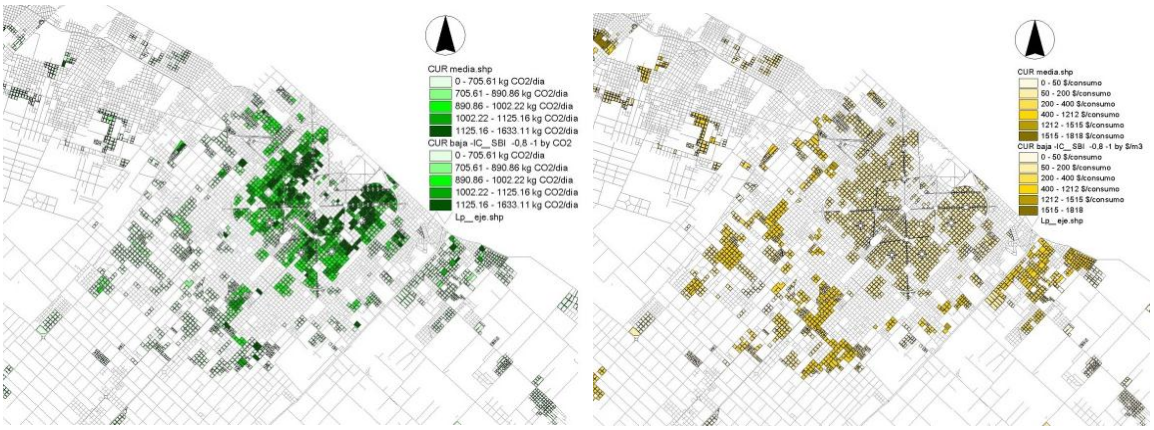


Fig. 8. Emisiones de CO_2 y costo de la energía con gas por red o gas envasado por área urbana.

El orden de las emisiones diarias por m^2 construido es de 0,16 y 0,27kg de acuerdo a la unidad edilicia. Los sectores urbanos (figura 7) muestran valores de más de 400 kg al año. Se observa que se emiten aproximadamente 3,5 Tn al día de CO_2 en el MU1 y

aproximadamente 3 tn en el sector MU2. Pero por otro lado los costos de la energía son invertidos, mientras el MU1 gasta casi 4780 $/día, el MU2 gasta 9688 $/día.

La figura 8 muestra dos mapas que permiten visualizar la inversión de las emisiones de CO_2 y los costos de la energía. Mientras que la zona más concentrada de la ciudad (media consolidación) emite grandes cantidades de CO_2, tiene los menores costos de la energía ya que posee un servicio de menor costo, respecto de la zona suburbana (baja consolidación).

Se observa el contraste entre una significativa diferencia de emisiones netas por manzanas producidas en las zonas de mayor densidad edilicia –entre 890,86 y 1633,11 kg diarios por manzana- con las de las emisiones producidas por las zonas de menor densidad edilicia –menores a 890,86 kg diarios por manzana-. Y por otro lado, en contraposición, se observa que el gasto económico que deben afrontar las zonas que aportan menores emisiones al ambiente, es significativamente mayor –menor a $ 200 diarios por manzana en las áreas de CUR media y entre 200$ y 1800$ en las áreas de CUR baja-.

4 CONCLUSIONES

Los desarrollos en las diferentes escalas de análisis, tuvieron como objetivo interpretar el impacto energético-económico y ambiental de ciertas áreas urbanas homogéneas seleccionadas para este estudio.

En función de ello, los resultados obtenidos permiten localizar en el territorio, diferentes grados de impacto energético, con lo cual establecer áreas a intervenir para un mejoramiento de la calidad de vida de la población.

Las medidas de acción pueden ser delineadas en función de diferentes prioridades. Por ejemplo, propiciar una reducción en el gasto de los hogares más necesitados del área urbana, o buscar una reducción de las emisiones contaminantes de dióxido de carbono sobre el territorio, o sobre las áreas más desfavorecidas por otras patologías urbanas. Esto implica que las medidas se deberían orientar hacia los sectores de mayor impacto social o a los de mayor impacto ambiental, respectivamente. Para delinear estas medidas, la representación gráfica facilita la visualización de los resultados.

Las posibilidades desarrolladas en este trabajo se limitan a los tres tipos de indicadores elaborados y obtenidos (morfológicos-constructivos, térmicos-energéticos y económico-ambientales). Pero la factibilidad de esta metodología permite desarrollar nuevos indicadores de acuerdo a las necesidades que el usuario u operador planteen. Esta metodología, desarrollada como un continuo de escalas de análisis, demuestra que la problemática urbana debe ser abordada desde la unidad, el mosaico y el área hasta llegar a la ciudad, debido a que cada una de ellas permite formular diferente tipo y grado de información.

5 REFERENCIAS

Balance Energético Nacional –BEN- (2015). Versión preliminar del año 2014. En (http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366, acceso 28/4/2016).

Diputación de Barcelona (2000). **Sistema municipal de indicadores de sostenibilidad**.

Edwards B. (2005). **Guía básica de la sostenibilidad**. Segunda Edición revisada y ampliada. Editorial Gustavo Gili, SL.

Filippín C. y Beascoechea A. (2005). 10 años de arquitectura bioclimática en la provincia de La Pampa en Argentina. En el libro: **Los edificios bioclimáticos en los países de Ibero América**. Livro de ponencias del seminario. Editor Helder Goncalvez.

Flores Larsen S. y Lesino G. (2000). SIMEDIF 2000: nueva versión del programa de diseño y cálculo de edificios. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 4**, 2, pp. 8.53-8.58.

Hasse J., Lathrop R. (2003). Land resource impact indicators of urban sprawl. En la Revista **Applied Geography 23** (2003) 159–175.

IAS-FIPE (1987). **Audibaires, plan piloto de evaluación energética en Capital Federal y Gran Buenos Aires**. Informa final parte 2.

Instituto CERDA, Dirección General de la Vivienda, la arquitectura y el urbanismo, IDEA, Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones. (1999) **Guía de la edificación Sostenible: calidad energética y medioambiental en la edificación**. Madrid y Barcelona.

Kosak D. y Romanello (2012). **Sustentabilidad en Arquitectura 2. Criterios y normativas para la promoción de sustentabilidad urbana en la CABA**. Ediciones CPAU, CABA, Argentina.

Mesa N. A., De Rosa C. (2005). Estudio de los patrones de apropiación del suelo urbano por la expansión de las áreas residenciales. Análisis del área metropolitana de Mendoza. En la Revista **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 9**, 2005.

Poelmans L., Rompaey A. (2009). Detecting and modelling spatial patterns of urban sprawl in highly fragmented areas: A case study in the Flanders–Brussels region. En la revista **Landscape and Urban Planning 93** (2009) 10–19.

Rodriguez Alvarez J. (2016). Urban Energy Index for Buildings (UEIB): A new method to evaluate the effect of urban form on buildings' energy demand. **Landscape and Urban Planning 148** (2016) p. 170–187.

Ruano M. (2007). **Ecourbanismo, entornos humanos sostenibles: 60 proyectos**. Editorial GG.- 2º Edición, 5º tirada.

Rueda S. (1997). **La ciudad compacta y diversa frente a la conurbación difusa**. En (http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a009.html, consultado el 2/02/09).

Viegas G. (2014). **Evaluación del potencial energético e intervenciones de mejoramiento del entorno edilicio en áreas urbanas de media y baja consolidación: la ciudad de La Plata como caso de estudio**. - 1a ed. - City Bell: el autor. E-Book.

Viegas G., Artola V., Discoli C., San Juan G. (2008). Exploración de herramientas para la interpretación de objetos a partir de imágenes aplicados al relevamiento de mosaicos urbanos. **Avances en energías renovables y medio ambiente, Volumen 12**, Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184. pp. 01.171 a 01.178.