

INFLUENCIA DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA ISLA DE CALOR URBANA DE UNA CIUDAD DE CLIMA ÁRIDO

Analia A. Alvarez¹, Alejandra Kurbán², Alberto Papparelli³, Mario Cúnsulo⁴
INEAA (Instituto de Estudios en Arquitectura Ambiental)
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de San Juan
Santa Fe 198 (Oeste) 1º Piso, San Juan. Email: ana_alv023@hotmail.com

RESUMEN

Se presentan resultados preliminares de un proyecto de Beca de Investigación (CICITCA-UNSJ), relacionado con el conocimiento de algunas de las variables del calor antropogénico que, junto con la masa térmica de la ciudad, contribuyen a crear el fenómeno de Isla de Calor Urbana. El objetivo fue estudiar en el Gran San Juan las variables: Consumo de Energía Eléctrica y Consumo de Gas, en viviendas. Cada variable se analizó en relación a la Población e Índices Urbanísticos y se espacializó conforme a las Bandas Urbanas Características y en relación al Gran San Juan. Del estudio, se concluye que el consumo de gas y electricidad, tanto en invierno como en verano, presenta una relación claramente asociada al incremento del Factor de Ocupación del Suelo, la Densidad Volumétrica Edilicia y la Isla de Calor Urbana. El consumo energético y la densidad poblacional, no presentan en apariencia patrones de comportamiento que pudieran individualizar modalidades recíprocas.

Palabras Clave: Consumo Energético, Población, Índices Urbanísticos, Isla de Calor.

INTRODUCCIÓN

Entre las consideraciones realizadas por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007), se destacó que dicho cambio se debe a emisiones a la atmósfera de gran cantidad de gases de efecto invernadero debido a emanaciones antropogénicas. Esta postura se ha visto refrendada por reuniones de trabajo como la efectuada en Ginebra, Suiza en Septiembre de 2009 (IPCC Expert Meeting on Detection and Attribution Related to Anthropogenic Climate Change, 2010), en la que expertos internacionales trataron de aclarar los métodos, definiciones y terminología a fin de lograr la detección fiable de los cambios en el clima y sus efectos, siendo esto de fundamental importancia para comprender la base científica del cambio climático.

Para el caso de la Argentina, el sector energético tiene gran responsabilidad en el incremento del efecto invernadero, por ejemplo la generación de energía eléctrica provoca entre un 45 y un 50 por ciento de las emisiones de gases generados de este efecto (Rössler, C.; 2009).

A su vez, los asentamientos humanos modifican el clima natural conformando lo que se denomina “clima urbano”, al ser influenciado por complejos procesos energéticos que combinan las variables climáticas macroescalares y la antropización del espacio físico. La modificación del clima macroescalar produce efectos de incidencia directa en el disconfort higrotérmico, como así también en el aumento de la contaminación ambiental y en consecuencia en el deterioro de las condiciones sanitarias de la población. Es por ello que el conocimiento científico del clima urbano constituye el punto de partida, para ser incorporado al diseño bioclimático como dato real del clima específico de la ciudad, con el fin de diseñar estrategias orientadas a lograr condiciones de confort higrotérmico para la población.

El impacto de los factores antropogénicos en el clima urbano depende del tamaño de la ciudad y de su estructura espacial, el número de habitantes y la concentración de la industria. El calor antropogénico se produce como subproducto de la calefacción en invierno, aire acondicionado en verano y de otras actividades tales como la quema de combustibles fósiles, la producción industrial y el transporte. Uno de los aspectos más importantes del clima urbano, es el fenómeno de Isla de Calor.

La cantidad de población urbana y su distribución en el ejido, resultan variables fundamentales en la Isla de Calor de las ciudades, tanto que el valor máximo de este fenómeno micrometeorológico en condiciones de cielo despejado, puede calcularse en relación con la población y la velocidad media del viento (Mazzeo, N., 1984).

¹ Becaria CICITCA categoría Perfeccionamiento

² Directora de Beca. Prof. Titular FAUD-UNSJ; Prof. Ppal. CONICET

³ Codirector de Beca. Director Organizador INEAA; Prof. Titular FAUD-UNSJ; Prof. Ppal. CONICET

⁴ Prof. Ppal. CONICET

Por otro lado, la modalidad de distribución espacial de la edificación, también ejerce una importante influencia en el fenómeno de Isla de Calor Urbana a través de sus índices urbanísticos principales, tales como: Factor de Ocupación del Suelo (FOS) y Densidad Volumétrica edilicia (DV).

Lo explicado anteriormente indica que las condiciones de Isla de Calor Urbana están en estrecha relación con la masa térmica urbana y el calor antropogénico, y es por ello que este trabajo constituye, dentro de la Línea de Investigación “Clima Urbano” en desarrollo en el INEAA (FAUD-UNSJ), el comienzo del estudio de las variables intervinientes en la producción del calor antropogénico, como importantes factores incidentes en el aumento de la temperatura y disminución de la humedad relativa de la ciudad, en relación a las zonas no urbanas o periféricas.

El objetivo principal del estudio fue determinar la distribución espacial del consumo energético como impacto en la generación de la Isla de Calor Urbana, siendo las variables de análisis las siguientes: Consumo estacional de Gas natural y envasado, consumo estacional de Energía Eléctrica, Población, Factor de Ocupación del Suelo, Densidad Volumétrica Edilicia e Isla de Calor Urbana.

EJECUCIÓN DE BASE DIGITAL DE LÍMITES DEL GRAN SAN JUAN Y BUC

A los fines de determinar el área de estudio se adoptó el límite urbano del Gran San Juan (Papparelli, A.; Kurbán A.; Cúnsulo M.; et al, 2007) y sus consiguientes Bandas Urbanas Características (BUC) las que se definen como: “Áreas homogéneas y continuas del ejido urbano, que se presentan como zonas circunvalares al centro, con índices urbanísticos de similar valor, comprendidas entre dos isolíneas representativas del Factor de Ocupación del Suelo, que identifican su límite territorial y su estado de situación espacial” (Papparelli, A.; Kurbán, A.; Cúnsulo, M., et al 2009). Pueden distinguirse 4 Bandas Urbanas Características: BUC Eminentemente Urbana ($FOS \geq 40\%$; $DV \geq 15.000m^3/Ha$), BUC Urbana ($40\% > FOS \geq 20\%$; $15.000m^3/Ha > DV \geq 8.000m^3/Ha$), BUC Suburbana ($20\% > FOS \geq 5\%$; $8.000m^3/Ha > DV \geq 1.000m^3/Ha$); BUC No Urbana ($5\% > FOS$; $1.000m^3/Ha > DV$).

Para la generación de la Base de datos digital del Gran San Juan y las BUC se usó el software desktop ArcView GIS. Se tomó como punto de partida una plancheta, provista por el INDEC (Censo Nacional de Población y Vivienda 2001), contenedora de la trama del Gran San Juan con los respectivos radios censales. A ésta se superpusieron “polígonos” representativos de las distintas BUC. Se logró generó una “plantilla” georeferenciada en la que se identificaron tanto los límites del GSJ, como las BUC y las direcciones cardinales principales (Norte, Sur, Este y Oeste).

CÁLCULO POBLACIÓN Y DENSIDAD POR BUC Y GRAN SAN JUAN

Los polígonos representativos de las BUC fueron superpuestos a los radios censales proporcionados por el INDEC. De esta forma se incorporaron a la plancheta representativa del ejido urbano variables poblacionales georeferenciadas en relación con las BUC. Cabe destacar que, como los radios censales responden a criterios diferentes a los considerados en esta investigación, y a los fines de lograr establecer la población por BUC y por sector cardinal se hizo necesario compatibilizar ambas espacializaciones. La metodología de trabajo utilizada para esta actividad, consistió en realizar 3 etapas sucesivas:

- *Superposición de los radios censales con el ejido urbano:* esta tarea radicó en superponer a los radios censales provistos por el INDEC los polígonos correspondientes a los límites y alcances de las BUC. Cada una de las BUC representadas comprendía un grupo de polígonos georeferenciados agrupados en lo que en Arcview se conoce como “Tema”. Al asociar las BUC a los radios censales provistos por el INDEC se logró estructurar y definir la forma en que se iba a calcular tanto la población como la densidad por BUC, por sector cardinal y en general para el Gran San Juan.
- *Cálculo de la población y densidad poblacional por BUC y sector cardinal:* a los fines de facilitar el cálculo de la densidad y población por BUC y sector cardinal, se recortó la impronta de cada polígono representativo de las BUC en relación a los radios censales. Los nuevos polígonos obtenidos permitieron recalcular tanto las superficies de los radios censales modificados, como sus respectivas poblaciones, además de agregar columnas que permitieran adjudicar a cada radio un nombre en función de la BUC a la que pertenecían y el sector cardinal según el cual se orientaban.
- *Generación de Tablas y Hojas de Cálculo:* una vez realizado en Arcview la adaptación, clasificación y reestructuración de los radios censales en función de las BUC y de la orientación

cardinal, las tablas asociadas al proyecto se exportaron a Excel. Con datos proporcionados por el INDEC se completó esta etapa al calcular por BUC y sector cardinal la población estimada para el año 2009.

En la *Tabla 1* se presentan los cálculos realizados para la Densidad Poblacional del Gran San Juan.

Tabla 1 : Densidad Poblacional Gran San Juan

ANEXO GSJ						
DEPARTAMENTO	POBLACIÓN TOTAL 2001	AREA (Ha)	DENSIDAD	Δ Población (Crecimiento / Decrecimiento)	POBLACIÓN ESTIMADA 2009	DENSIDAD ESTIMADA 2009
CAPITAL	113821	2668,3189	43	2007	111814	42
CHIMBAS	56430	1332,6507	42	1995	58425	44
POCITO	10391	351,4394	30	1971	12362	35
RAWSON	96115	2016,0707	48	1989	98104	49
RIVADAVIA	60249	1631,1442	37	1992	62241	38
SANTA LUCIA	29632	871,7372	34	1978	31610	36
POBLACIÓN GSJ	366638					
SUPERFICIE GSJ		8871,3611				
DENSIDAD GSJ			41			
					POBLACIÓN ESTIMADA GSJ - 2009	
					374556	
						DENSIDAD ESTIMADA GSJ - 2009
						42

CONSUMO DE ENERGÍA ELECTRICA Y GAS

Para el relevamiento del consumo energético, se adoptaron como áreas muestra de relevamiento los 64 nodos urbanos distribuidos en todo el Gran San Juan (Papparelli, A., et al, 2007) en los que desde el año 1995 se ejecutan mediciones de temperatura y húmeda relativa. Se diseñó una planilla a los fines de recoger en ella los datos obtenidos de la muestra del consumo de energía eléctrica (KWh) y gas natural y envasado (m3- Kg.) de viviendas para invierno y verano 2008. Cabe destacar que, el criterio general para la obtención de la muestra consistió en considerar a Julio como el mes más representativo para el período de invierno y Diciembre para el período de verano.

Por cada Nodo Urbano se tomaron 2 muestras, a excepción del caso de aquellos Nodos que se encontraban dentro del microcentro, dado que en éstos, debido a la preponderancia del uso comercial del área, una única muestra resultaba representativa del sector.

Los 114 relevamientos se ejecutaron en el período comprendido entre Enero y Marzo del año 2009; en cada vivienda se solicitó las facturas de Gas y Energía Eléctrica cuyos períodos de consumo comprendieran a los meses de Julio y Diciembre

A continuación se anexan las *Tablas N° 2, 3, 4 y 5*, que resumen ambos consumos energéticos discriminados por Nodo y orientación cardinal.

Tabla 2: Consumo Energético orientación Norte

ORIENTACIÓN: NORTE					
NODO	N° de Pers.	GAS		ELECTRICIDAD	
		Período	m ³	Período	KWh
N2	2	INVIERNO	215	INVIERNO	127
		VERANO	79	VERANO	243
N3	2	INVIERNO	202	INVIERNO	67
		VERANO	117	VERANO	190
N8	3	INVIERNO	248	INVIERNO	176
		VERANO	71	VERANO	220
N12	5	INVIERNO	295	INVIERNO	186
		VERANO	62	VERANO	243
N14	5	INVIERNO	196	INVIERNO	159
		VERANO	81	VERANO	195
N16	6	INVIERNO	402	INVIERNO	597
		VERANO	57	VERANO	940

Tabla 3 : Consumo Energético orientación Sur

ORIENTACIÓN: SUR					
NODO	N° de Pers.	GAS		ELECTRICIDAD	
		Período	m ³	Período	kwh
S2	3	INVIERNO	300	INVIERNO	925
		VERANO	37	VERANO	470
S5	4	INVIERNO	338	INVIERNO	178
		VERANO	94	VERANO	247
S9	4	INVIERNO	331	INVIERNO	159
		VERANO	77	VERANO	277
S14	5	INVIERNO	196	INVIERNO	135
		VERANO	50	VERANO	358
S19	4	INVIERNO	202	INVIERNO	218
		VERANO	46	VERANO	437
S21	3	INVIERNO	336	INVIERNO	220
		VERANO	41	VERANO	235

Tabla 4: Consumo Energético orientación Este

ORIENTACIÓN: ESTE					
NODO	Nº de Pers.	GAS		ELECTRICIDAD	
		Período	m ³	Período	kwh
E2	4	INVIERNO	407	INVIERNO	160
		VERANO	131	VERANO	343
E5	7	INVIERNO	278	INVIERNO	117
		VERANO	99	VERANO	120
E8	3	INVIERNO	359	INVIERNO	153
		VERANO	65	VERANO	210
E10	4	INVIERNO	592	INVIERNO	146
		VERANO	94	VERANO	182
E12	7	INVIERNO	562	INVIERNO	246
		VERANO	72	VERANO	397
E13	5	INVIERNO	280	INVIERNO	130
		VERANO	69	VERANO	312

Tabla 5 : Consumo Energético orientación Oeste

ORIENTACIÓN: OESTE					
NODO	Nº de Pers.	GAS		ELECTRICIDAD	
		Período	m ³	Período	kwh
O2	5	INVIERNO	315	INVIERNO	90
		VERANO	71	VERANO	254
O5	4	INVIERNO	506	INVIERNO	482
		VERANO	221	VERANO	641
O10	7	INVIERNO	452	INVIERNO	447
		VERANO	176	VERANO	434
O16	4	INVIERNO	807	INVIERNO	338
		VERANO	105	VERANO	511
O20	5	INVIERNO	184	INVIERNO	129
		VERANO	100	VERANO	176
O25	4	INVIERNO	519	INVIERNO	192
		VERANO	74	VERANO	251

Dado que cada uno de los 64 nodos relevados se encuentran georeferenciados con coordenadas “x” e “y” los datos obtenidos a partir del relevamiento realizado constituyeron la coordenada “z” para modelizar la distribución espacial del consumo energético.

MODELIZACIÓN ESPACIAL Y DIRECCIONAL DE LA DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

Con las coordenadas “x”, “y” y “z” de cada Nodo encuestado, se generaron modelos espaciales con el Software SURFER. En todos los casos el método de análisis utilizado fue “Kriging” y los planos de corte horizontales varían en función del mejor intervalo para el análisis de la variable en estudio. De esta manera, para el caso de gas se utilizaron intervalos de corte de 25m³ para invierno y 5m³ para verano. En lo que respecta a energía eléctrica los planos de corte considerados fueron tanto en invierno como en verano de 25KWh. En las Fig. 1 y 2 se muestran a modo de ejemplo, las isóneas de consumo de electricidad en invierno y verano para el Gran San Juan.

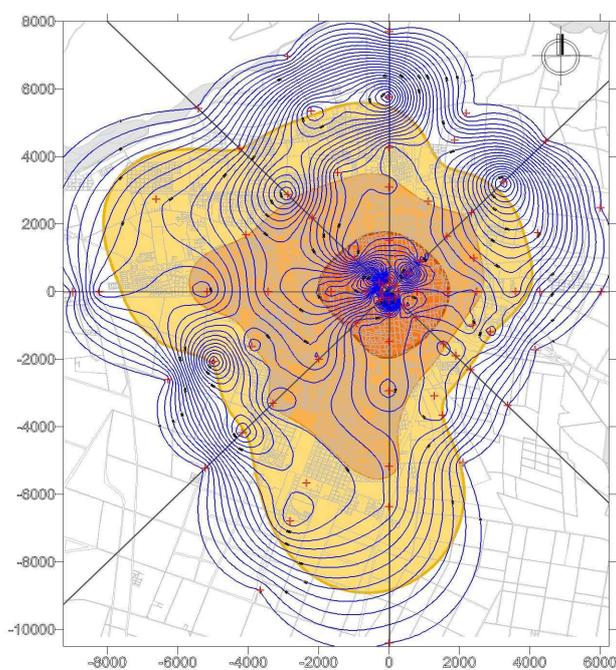


Fig. 1: Isolíneas de Consumo de Electr. en Invierno para el GSJ

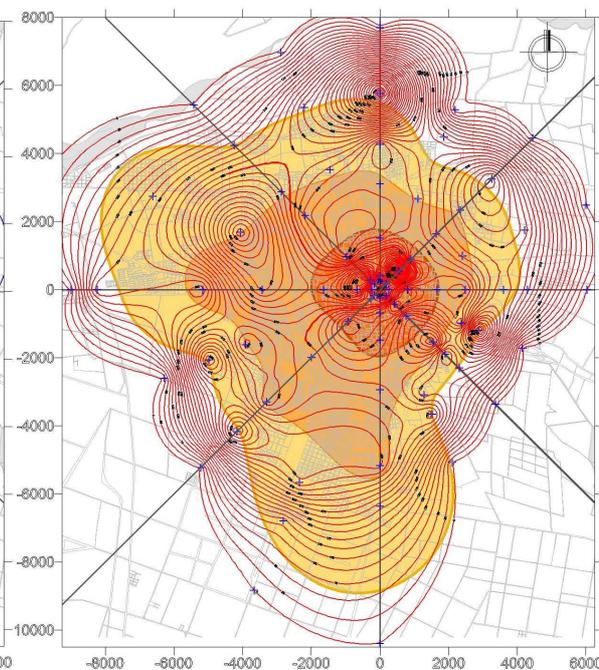


Fig. 2: Isolíneas de Consumo de Electr. en Verano para el GSJ

En las Fig. 3 y 4, se muestran los cortes verticales cada 250m (partiendo del centro geográfico de la ciudad) de los consumos energéticos, en invierno y verano. De esa manera la variable “distancia al centro” se igualó para todos los tipos de consumo, permitiendo su posterior análisis espacial con los mismos patrones, tanto por orientación cardinal y BUC (Fig. 3) así como para el estudio del Gran San Juan. En este último caso y a los fines de conocer la tendencia del consumo energético en el espacio urbano (según distancia al centro y Bandas Urbanas Características), se aplicó el ajuste lineal tal como se muestra en la Fig. 4.

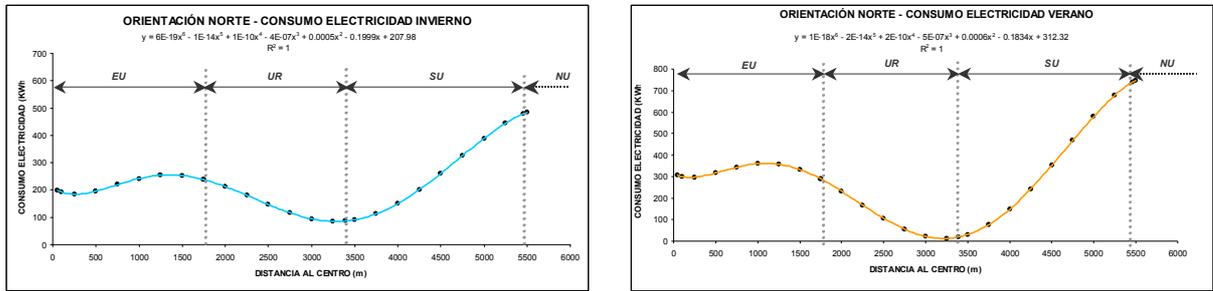


Fig. 3: Gráficas de Consumo de Electricidad en Invierno y Verano para la Orientación Norte (cada 250m)

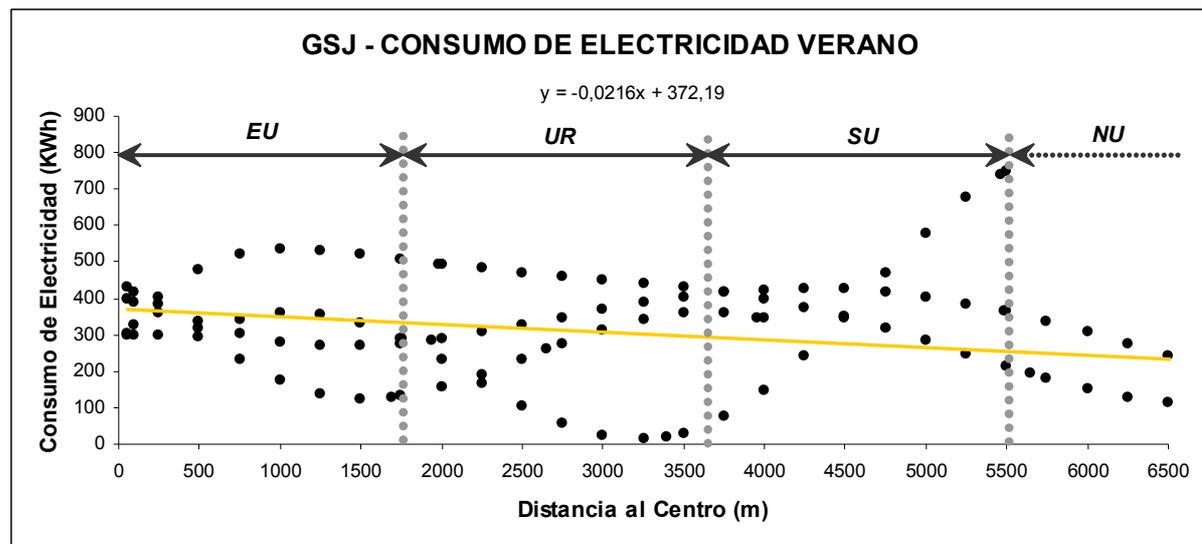
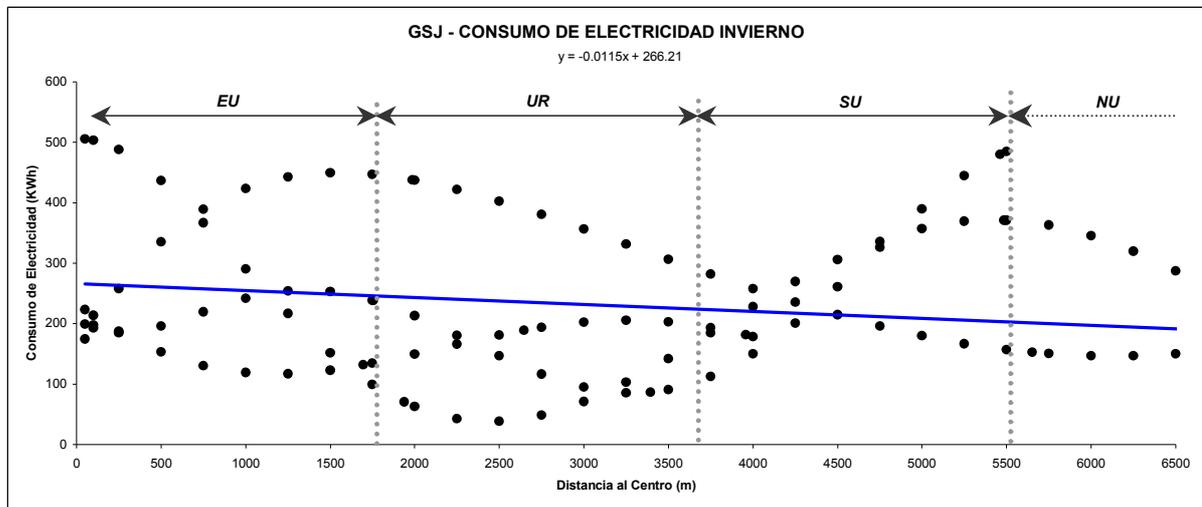


Fig. 4: Gráficas de Consumo de Electricidad en Invierno y Verano para el GSJ (cada 250m)

CORRELACIONES CONSUMO ENERGÉTICO – POBLACIÓN, VARIABLES URBANAS E ISLA DE CALOR

Se ejecutaron gráficas de correlación entre el consumo de energía eléctrica y el de gas con variables de población (Densidad Poblacional), urbanísticas (Factor de Ocupación del Suelo y Densidad Volumétrica Edilicia) y microclimáticas (Isla de Calor Urbana).

La base de datos urbanísticos y microclimáticos corresponden a resultados de proyectos de investigación ejecutados en el INEAA según el siguiente detalle: Ríos E.; Papparelli, A.; Kurbán, A.; Cúnsulo, M., (2008); Cúnsulo, M.; Papparelli, A.; Kurbán, A., et al (2009); Papparelli, A.; Kurbán, A.; Cúnsulo, M., et al (2010).

El análisis se ejecutó espacializado según direcciones cardinales (Norte-Sur-Este-Oeste), por BUC y luego tomando todo el Gran San Juan. Las gráficas de correlación analizaron de a pares (invierno-verano), los consumos energéticos con cada una de las variables arriba mencionadas. En dichas gráficas se aplicó un ajuste lineal a fin de conocer la tendencia del consumo energético en función de las variables mencionadas.

En las Fig. 5, 6, 7, 8 y 9 se presentan las gráficas obtenidas para las correlaciones entre el consumo de gas en invierno y la Densidad Poblacional por BUC y para el Gran San Juan.

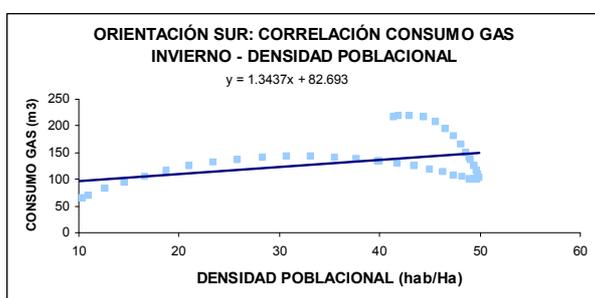


Fig. 5: O. Sur: Correlación Consumo Gas Invierno – Dens. Poblacional

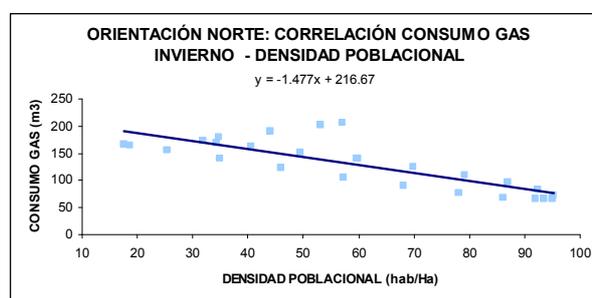


Fig. 6: O. Norte: Correlación Consumo Gas Inv. – Dens. Poblacional

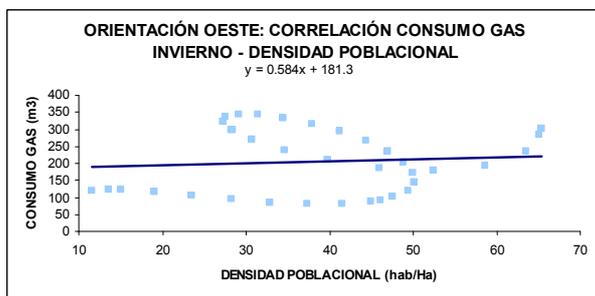


Fig. 7: O. Oeste: Correlación Consumo Gas Invierno – Dens. Poblacional

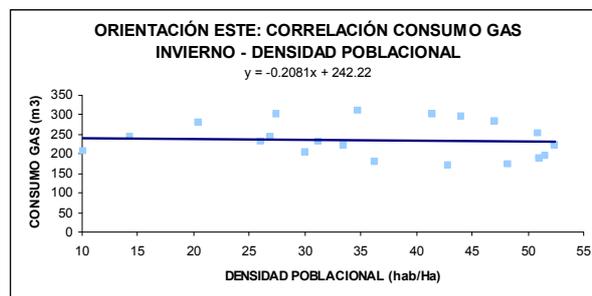


Fig. 8: O. Este: Correlación Consumo Gas Invierno – Dens. Poblacional

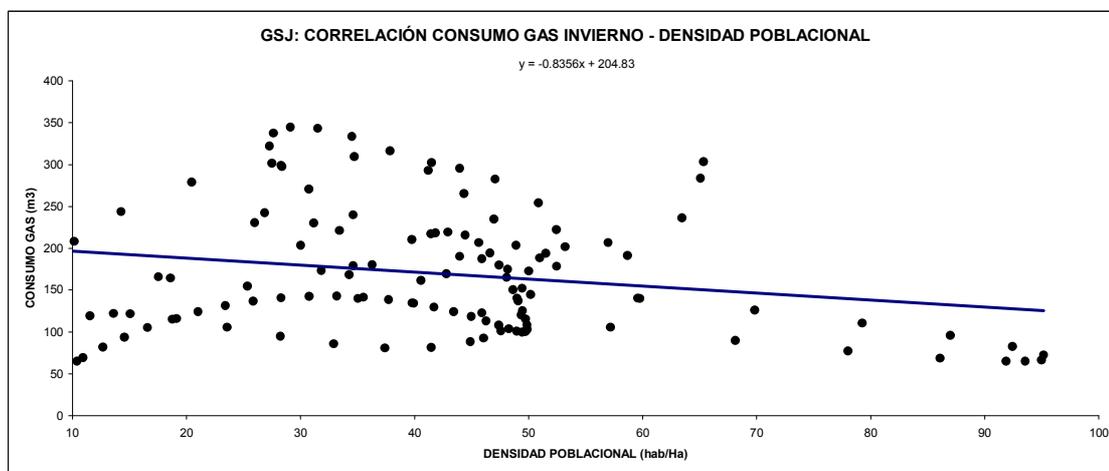


Fig. 9: GSJ: Correlación Consumo Gas Invierno – Densidad Poblacional

RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL GRAN SAN JUAN

- Estación Climática Invierno:
 - Correlación Gas Invierno – Densidad Poblacional: del ajuste se desprende que a medida que la Densidad Poblacional aumenta, el consumo de gas en invierno disminuye.
 - Correlación Gas Invierno – Factor de Ocupación del Suelo: del ajuste se observa que a incrementos del FOS le corresponden también incrementos del consumo de gas en invierno.
 - Correlación Gas Invierno – Densidad Volumétrica Edilicia: del ajuste se infiere que a medida que aumenta la DV, el consumo de gas en invierno aumenta.
 - Correlación Gas Invierno – Isla de Calor: del ajuste se deduce que a medida que la ICU aumenta, el consumo de gas en invierno se incrementa.
 - Correlación Electricidad Invierno – Densidad Poblacional: del ajuste se desprende que a medida que la Densidad Poblacional aumenta, el consumo de electricidad en invierno disminuye.
 - Correlación Electricidad Invierno – Factor de Ocupación del Suelo: del ajuste se infiere que a medida que el FOS aumenta, el consumo de electricidad en invierno aumenta.
 - Correlación Electricidad Invierno – Densidad Volumétrica Edilicia: del ajuste se observa que a medida que la DV aumenta, el consumo de electricidad en invierno aumenta.
 - Correlación Electricidad Invierno – Isla de Calor: del ajuste se deduce que a medida que la ICU aumenta, el consumo de electricidad en invierno aumenta.

- Estación Climática Verano:
 - Correlación Gas – Densidad Poblacional: del ajuste se desprende que a medida que la Densidad Poblacional aumenta, el consumo de gas en verano aumenta.
 - Correlación Gas – Factor de Ocupación del Suelo: del ajuste se deduce que a medida que el FOS aumenta, el consumo de gas en verano aumenta.
 - Correlación Gas – Densidad Volumétrica Edilicia: del ajuste se observa que a medida que la DV aumenta, el consumo de gas en verano aumenta.
 - Correlación Gas – Isla de Calor: del ajuste se infiere que a medida que la ICU aumenta, el consumo de gas en verano aumenta.
 - Correlación Electricidad – Densidad Poblacional: del ajuste se desprende que a medida que la Densidad Poblacional aumenta, el consumo de electricidad en verano disminuye.
 - Correlación Electricidad – Factor de Ocupación del Suelo: del ajuste se observa que a medida que el FOS aumenta, el consumo de electricidad en verano aumenta.
 - Correlación Electricidad – Densidad Volumétrica Edilicia: del ajuste se deduce que a medida que la DV aumenta, el consumo de electricidad en verano aumenta.
 - Correlación Electricidad – Isla de Calor: del ajuste se infiere que a medida que la ICU aumenta, el consumo de electricidad en verano aumenta.

CONCLUSIONES PRELIMINARES

En el Gran San Juan se observan correspondencias entre el consumo de gas y energía eléctrica con el Factor de Ocupación del Suelo (FOS), la Densidad Volumétrica Edilicia (DV) y la Isla de Calor Urbana (ICU), pero no así con la Densidad Poblacional. A medida que el FOS, la DV y la ICU aumentan, el consumo aumenta, pero en general, cuando lo que aumenta son los hab/Ha, el consumo disminuye. En otras palabras el centro de la ciudad presenta los consumos más elevados de gas y energía eléctrica tanto en invierno como en verano, al tiempo en que muestra también los valores más altos del Factor de Ocupación del Suelo, la Densidad Volumétrica Edilicia y la Isla de Calor. Es decir que el área céntrica es la más compacta en cuanto a su configuración y como resultado es la que mas consume pero es la menos poblada por el predominio de usos del suelo comercial e institucional.

El consumo promedio de gas en invierno en la ciudad presenta un incremento de aproximadamente el 400% con respecto al consumo de gas en verano. Por otra parte el consumo de energía eléctrica en verano se incrementa sólo un 32% en relación al consumo de la misma en invierno. La razón de dicha diferencia podría radicar en el costo diferenciado de dichos servicios.

INVESTIGACIONES FUTURAS

Para complementar los resultados preliminares hasta aquí obtenidos, se ha previsto profundizar el estudio de las correlaciones entre el consumo energético y las variables de población, urbanísticas y microclimáticas.

REFERENCIAS

- Cúnsulo, M.; Kurbán, A.; Papparelli, A. (2009) Variación Histórica de la Isla de Calor y de la depresión Humídica Urbana en Zona Árida. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Revista nacional con referato de ASADES (Asociación Argentina de Energía Solar) Volumen 13; Págs. 11.93 a 11.100 ISSN 0329-5184.
- IPCC (2010) - IPCC Expert Meeting on Detection and Attribution Related to Anthropogenic Climate Change- The World Meteorological Organization Geneva, Switzerland 14-16 September 2009. ISBN 978-92-9169-127-5
- IPCC (2007) - Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. ISBN 92-9169-322-7
- Papparelli, A., Kurbán, A; Cúnsulo, M (2010) Informe Final Proyecto de Investigación “Variación Histórica y espacial de la Isla de Calor Urbana en Zona Árida” CICITCA – UNSJ.
- Rössler, Cristina (2009) – Variaciones Rössler: clima y energía. En <http://www.conicet.gov.ar/NOTICIAS>

ABSTRACT:

Preliminary results of a Research Project Grant (CICITCA-UNSJ), related to the knowledge of some of the variables of anthropogenic heat, together with the thermal mass of the city, contribute to the phenomenon of Urban Heat Island. The aim was to study in the Greater San Juan variables: Power Consumption and Gas consumption in homes. Each variable was analyzed in relation to the Urban Population and Indexes and spatialized according to the Urban Bands features and in relation to the Great San Juan. The study concluded that the gas and electricity consumption in both winter and summer, provides a clearly associated with increased load factor Soil bulk density Architectural and Urban Heat Island. Energy consumption and population density, apparently have no patterns that could identify reciprocal arrangements.

Keywords: Energy Consumption, Population, Urban Index, Heat Island.