



*Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*. Revista digital del Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG). Programa de Docencia e Investigación en Sistemas de Información Geográfica (PRODISIG). Universidad Nacional de Luján, Argentina.

<http://www.gesig-proeg.com.ar> (ISSN 1852-8031)

Luján, Año 9, Número 9, 2017, Sección I: Artículos. pp. 124-139

---

## **MODELIZACIÓN DE LAS RELACIONES ENTRE EL USO COMERCIAL DEL SUELO Y TRANSPORTE PÚBLICO EN EL CENTRO DE RESISTENCIA, ARGENTINA**

**Cristian Javier Da Silva (\*) – Osvaldo Daniel Cardozo (\*)**

**Jorge Guillermo Odriozola (\*\*) - Carlos Esteban Bondar (\*\*)**

Universidad Nacional del Nordeste (UNNE)

Laboratorio de Tecnologías de la Información Geográfica (LabTIG) (\*)

Departamento de Administración. Facultad de Ciencias Económicas (\*\*)

Av. Las Heras 727 - CP 3500 – Resistencia, Chaco, Argentina.

E-mail: [cjdasilva@hum.unne.edu.ar](mailto:cjdasilva@hum.unne.edu.ar) – [odcardozo@hum.unne.edu.ar](mailto:odcardozo@hum.unne.edu.ar)

### **RESUMEN**

El análisis integrado de los usos del suelo y transporte es una cuestión ampliamente tratada en la literatura científica y desde múltiples enfoques, aunque normalmente apunten a modelizar la futura demanda de transporte en un lugar. Este trabajo explora algunas cuestiones menos indagadas de la relación usos del suelo-transporte público, en particular sus aportes al campo del Geomarketing, tales como la influencia de la actividad comercial, o peso del motivo de viaje “por compras” al momento de optar por un modo de transporte en el centro de Resistencia. La toma de datos en campo y el cálculo de variables con herramientas SIG, permitió aplicar técnicas de análisis multivariado (modelo de regresión múltiple) para testear la relación entre variables. La existencia de coeficientes significativos revela que ciertas variables derivadas de la concentración comercial en el área de estudio, influyen decisivamente en el uso del transporte público.

### **Palabras clave:**

Usos del suelo; Actividad comercial; Transporte Público de Pasajeros; Sistemas de Información Geográfica; Modelo Regresión.

## INTRODUCCIÓN

Geomarketing, Marketing geográfico, Geonegocios, o Geodemography son algunos de los términos que comúnmente figuran en la literatura. Así como denominaciones, también son numerosas las definiciones. Para algunos autores se trata de una aplicación específica de la economía espacial (Latour and le Floch, 2001:37), o el estudio de las características espaciales del mercado, particularmente la localización de clientes actuales o potenciales (Mèrenne-Schoumaker, 2000:117).

Desde nuestra perspectiva, el Geomarketing es una disciplina híbrida donde confluye un conjunto de conocimientos propios del análisis geográfico y del Marketing, con el objeto de conocer la realidad socio-económica de un lugar territorio, aplica técnicas de análisis espacial para apoyar la toma de decisiones comerciales. En este sentido, Taketa (en Moreno, 2001) posiciona al conocimiento geográfico como una dimensión de gran importancia para la toma de decisiones en las empresas, argumentando que dicha potencialidad se vincula al concepto de pensamiento estratégico.

Está claro que en el marco de una visión estratégica del territorio, no pueden excluirse los usos del suelo. Este concepto surge producto de la función específica que asigna cada sociedad a una porción del espacio geográfico para el desarrollo de las actividades humanas de reproducción -trabajar, estudiar, comprar, usar servicios, etc-. Conocer su distribución espacial en relación con la infraestructura y equipamiento básicos del entorno, pueden ser una valiosa herramienta que oriente la toma de decisiones en cuestiones de ordenamiento y planificación territorial (Da Silva et. al, 2012).

Los usos del suelo urbano constituyen un insumo fundamental para los planificadores, por lo tanto, los problemas que derivan de los desequilibrios en su distribución ocupan un lugar destacado en las agendas de trabajo. Vinculado a ello, la accesibilidad espacial a los centros de actividad donde la población cumple las mencionadas funciones de reproducción, es una cuestión ampliamente tratada en los estudios de transporte y cobran relevancia al momento de definir políticas públicas y privadas de intervención en el territorio. Así también, Cliquet (2006) reconoce el interés del Geomarketing hacia la planificación de los usos del suelo y cuestiones de política pública relacionadas con la localización del comercio al por menor.

En este sentido, desde el año 2011 en la ciudad de Resistencia se desarrolla un proyecto de investigación financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) de la República Argentina, denominado “Geomarketing Aplicado al Desarrollo de Centros Comerciales de las Ciudades Capitales de Chaco y Corrientes”, en cuya primera etapa participan el Municipio y la Cámara de Comercio de Resistencia, junto a un equipo interdisciplinario de investigadores -administradores, geógrafos, ingenieros, arquitectos- de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE).

El objetivo general es indagar la relación existente entre los usos del suelo y el transporte público a nivel de paradas, en un área piloto del centro de la ciudad. Más concretamente, se pretende conocer en qué medida se relacionan la demanda de viajes en transporte público y los usos del suelo, particularmente el uso de tipo comercial.

Para medir esta relación se decidió utilizar análisis de regresión múltiple, ya que se trata de una técnica de análisis multivariado ampliamente utilizada tanto en Geomarketing (Berry, 1965; Moreno, 2001; Thrall, 2002) como en Planificación del Transporte (Ortuzar, 2008; Cascetta, 2009), aunque cabe aclarar que no pretende ser un estudio confirmatorio, sino exploratorio de la magnitud y el sentido de las relaciones entre variables.

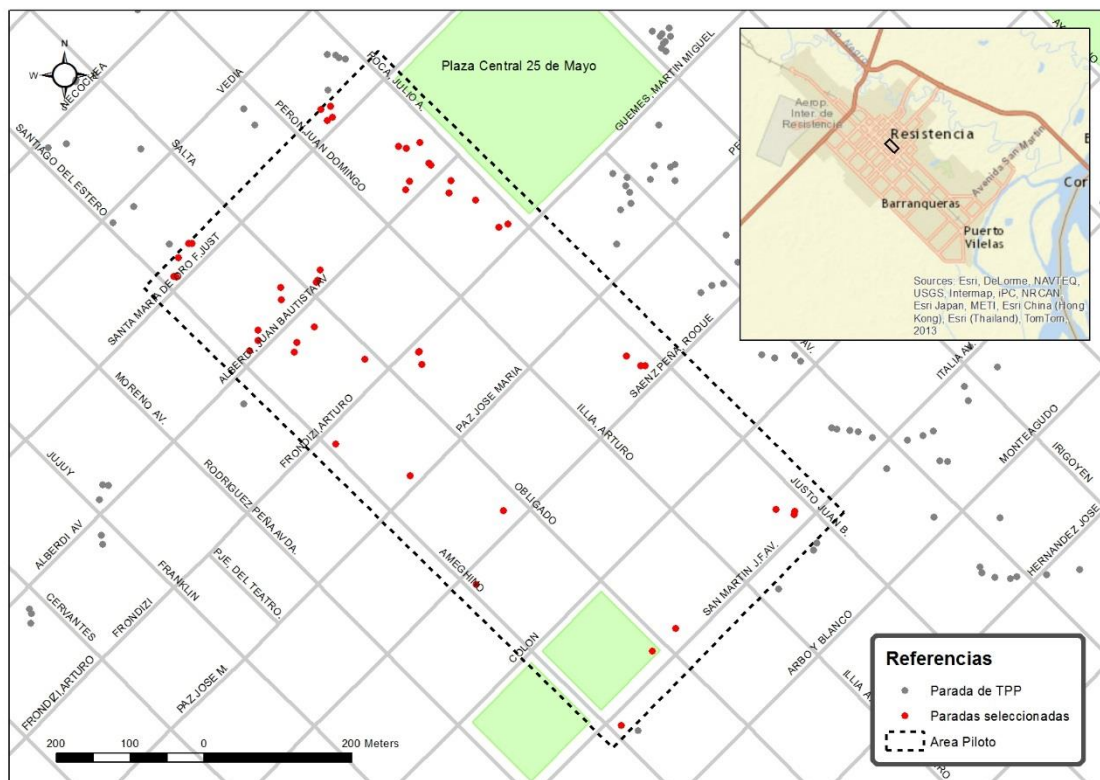
## Hipótesis

En esta línea de ideas formulamos la siguiente hipótesis de trabajo: la demanda de viajes (frecuencia de uso del transporte público de pasajero) al centro de la ciudad, es estimulada por la concentración del uso del suelo comercial en dicho sector.

## Área de Estudio

La ciudad de Resistencia es capital de la Provincia del Chaco, conforma un aglomerado urbano junto a otros tres municipios habitado por cerca de 400.000 personas, distribuidos en una superficie aproximada de 600 km<sup>2</sup>. Sobre este espacio funcionan un total de 11 líneas de autobús, de las cuales 6 prestan servicio dentro de la jurisdicción de Resistencia -urbanas-, y 5 conectan a Resistencia con los municipios de Barranqueras, Fontana y Vilelas -interurbanas-, ofreciendo un total de 1.445 paradas.

A los efectos prácticos, se ha seleccionado un sector del área céntrica de la ciudad para realizar la prueba piloto. Se trata de un conjunto de 18 manzanas y una superficie aproximada de 32 ha (Ver Figura 1). La importancia del mismo es que presenta una fuerte actividad comercial (también residencial), siendo considerada de interés prioritario por el Municipio y la Cámara de Comercio, además que por ella circulan la totalidad de líneas de transporte público de la ciudad con 49 paradas.



**Figura 1:** Localización del área piloto donde se realizó el conteo y sondeo a los pasajeros del transporte público. Fuente: elaboración propia.

## MARCO TEÓRICO

El interés por modelizar la distribución de los usos del suelo no es reciente. Aunque puede considerarse al modelo agrario de Von Thünen como el inicio de los estudios analíticos, para

Johnston, et. al. (2000) el estudio científico de los usos del suelo a gran escala comenzaron con Stamp en Gran Bretaña en los años 30'. Se extendieron rápidamente gracias al interés que despertaron en diversos ámbitos.

Tal es así que, los trabajos de Burgess (1927), Hoyt (1939), o Harris y Ullman (1945) los EE.UU pueden considerarse contemporáneos. El hallazgo de regularidades en la configuración y estructura interna en algunas ciudades, dio lugar a los clásicos modelos urbanos: concéntrico, sectores, núcleos múltiples, que en esencia no son más que esquemas de zonificación conforme a la distribución espacial de usos del suelo en relación a características socio-demográficas o funciones asignadas a una porción del suelo urbano.

A su vez, la creciente consideración de los efectos del espacio geográfico en las actividades humanas, condujo a una importante actualización teórico-metodológica, confluyendo en nuevas propuestas análisis y mayor complejidad. En este sentido, el Modelo de Lowry (1964) propone estimar la generación y asignación espacial de actividades y usos del suelo urbano, por medio de sub-modelos que actúan de forma iterativa; esta propuesta es un claro ejemplo de la preocupación por integrar localización de actividades y usos del suelo. La actualización de las ideas de Lowry fue llevado a cabo por Garín en 1966, denominado Modelo de Garin-Lowry, el cual plantea que las relaciones entre empleo-residencia y residencia-servicios, son flujos de transporte (Gonçalves de Souza, 2005). Por su parte, Alonso desarrolla en 1964 un modelo para explicar las variaciones espaciales intraurbanas del precio, distribución, e intensidad de los usos del suelo.

### **Los modelos integrados y de respuesta directa**

Desde esta visión, los usos del suelo son la información de base sobre la cual se sustentan muchas decisiones, debido a que representan una "imagen" en un momento determinado de las actividades de reproducción de la población. En Da Silva, et. al (2013) se encuentra una actualizada caracterización de la importancia de los usos del suelo en la planificación urbana.

En esta línea, Wegener (2004) considera fundamental indagar las relaciones entre transporte público y usos del suelo para su aplicación en políticas a distintas escalas, porque el planeamiento de ambas debe estar coordinado. Más aun, para Miller (2004:147) los modelos integrados son la única forma de "evaluar el impacto conjunto de las políticas adoptadas". Otros autores (Wegener y Furst, 1999; Priemus et al., 2001; Meyer y Miller, 2001) manifiestan la necesaria integración de los usos del suelo y el sistema de transporte como una precondition del desarrollo sustentable.

Probablemente un enfoque más crítico aporta Ortuzar (2008) cuando dice que la planificación de usos del suelo es un campo de investigación muy activo desde los 60', sin embargo luego de un periodo inicial de gran optimismo sobre el éxito de estos modelos, las aspiraciones han sido más modestas. En una óptica más optimista, Wegener (2004) ve con buenas expectativas el futuro del modelamiento de los usos del suelo y transporte, debido a las mejoras introducidas en la modelización a partir de la combinación de datos más precisos y el creciente empleo de SIG. Los trabajos de Cervero y Kockelman (1997); Cervero (2004); Walters y Cervero (2003); Zhao, et. al (2003), pueden ser de referencia como ejemplos del tratamiento y análisis integrado de datos con herramientas SIG y estadísticas.

En el contexto de la planificación del transporte específicamente, es posible identificar planteamientos teórico-metodológicos clásicos y alternativos. En el caso de los primeros, aparecen en los años '50 para las áreas metropolitanas de Detroit y Chicago en USA. Uno de los ejemplos más significativos por su amplio empleo y difusión lo constituye el modelo de cuatro etapas (Weiner, 1997), aunque también se lo denomina modelo secuencial por las etapas sucesivas que involucra -generación y atracción de viajes, distribución zonal, elección modal, asignación de ruta-,

o modelo regional debido a que normalmente adopta una perspectiva de planificación regional aunque dividida en zonas de transporte (Cardozo, 2011).

Otro importante aporte metodológico es el Modelo MEP -denominado de stock y actividades-, desarrollado por Echenique en 1968 en la Universidad de Cambridge; el modelo MEPLAN, una versión actualizada del anterior que se caracteriza por las interrelaciones entre transporte y usos del suelo (Echenique y Partners, 1994). Además, en la Comunidad de Madrid (España) se desarrolló una aplicación del modelo MEPLAN llamada MECAN que ha servido como herramienta de análisis económico y planificación territorial (Olivares y Folgueira, 2000).

Las posturas alternativas, aunque están menos difundidas en la comunidad científica, según Cervero (2004) manifiestan un mayor interés y flexibilidad para incorporar los usos del suelo en la planificación, tales como el TOD (Transit-oriented development) o el BRT (Bus rapid transit); muchas de estas posturas se apoyan en los denominados modelos de respuesta directa. Al respecto, Ortuzar (2008: 572) sostiene que la idea de utilizar modelos de respuesta rápida más sencillos no es nueva, pero en los últimos años “esta corriente de investigación ha tenido un fuerte impacto en la práctica, ya que no solo supone una reducción de costes, sino también requerimientos menos onerosos de toma de datos y su procesamiento”.

Una constante en trabajos de esta línea es la utilización de métodos estadísticos multivariados, siendo el análisis de regresión uno de los más utilizados (Cervero, 2001; Walters y Cervero, 2003; Kuby et. al, 2004; Chu, 2004). Normalmente los modelos de regresión múltiple presentan buenos ajustes -R<sup>2</sup> de entre 0,5 y 0,9-, e incluyen una multiplicidad de variables independientes, unas externas (sociodemográficas, económicas, espaciales, etc.) y otras internas (nivel de servicio, tarifas, etc.); en general las variables externas tienen más poder explicativo que las internas (Taylor y Fink, 2003). En Zhao y Otros (2003), Cervero (2006) y Rhim (2007) se observa empleo de regresión múltiple para el análisis de variables calculadas con SIG en el entorno de las paradas y estaciones. En este sentido, Cardozo, et. al (2010) proponen un modelo para evaluar la influencia de los usos del suelo y la morfología urbana en Madrid, demostrando que los coeficientes significativos indican que se trata de variables con buen poder explicativo de los viajes en el metro.

### **El enfoque espacial en la actividad comercial**

El Geomarketing es una disciplina reciente, aún poco conocida pero de una gran potencialidad. El manejo de una base de datos georreferenciada supone un mejor conocimiento del mercado, lo cual representa una ventaja importante frente la competencia. Para Cliquet (2006), los aspectos espaciales y la información geográfica hacen posible ir más allá de aspectos técnicos y proporcionar elementos indispensables para la definición de estrategias, tanto en las empresas minoristas, de servicios o industriales.

En este sentido, los SIG en Geomarketing cumplen un amplia gama de funciones tales como, hallar la localización óptima de un nuevo comercio, delimitar áreas de influencia comercial, determinar la demanda potencial, focalizar esfuerzos en segmentos del mercado, analizar la distribución de la competencia, localizar puntos de venta-distribución para trazar rutas optimas y alternativas, entre otras. Esto puede ayudar a un cambio en la actividad comercial y empresarial hacia decisiones más analíticas y de base científica, en lugar de las intuitivas.

En el ámbito del Geomarketing, tampoco es novedosa la aplicación de regresiones. En los clásicos manuales de Berry (1967), Moreno (2001), Thrall (2002), Birkin, et. al (2002), entre otros, ya se propone su aplicación dentro de los apartados de métodos y técnicas disponibles para explicar relaciones entre variables.

A nivel local existen algunos antecedentes donde se analicen en forma sistemática y los usos del suelo en Resistencia. Uno de los trabajos pioneros fue Scornik, (1998) donde en un completo relevamiento territorial del equipamiento e infraestructura en el Gran Resistencia, incluyendo los usos del suelo urbano con ocho categorías. Por otro lado, Lucca y Rey (1999), realizan un estudio integrado urbano-ambiental del centro de la ciudad, proponiendo una metodología de relevamiento in situ a nivel de parcela para clasificar los usos del suelo. Recientemente, Da Silva, et. al (2013) analizan la distribución espacial de los usos del suelo para el casco céntrico de la ciudad, corroborando que el uso comercial muestra indicios de concentración en inmediaciones a la plaza central, y donde más del 40 % de las personas que compran utilizan transporte público -frente a un 10 % que lo hace en automóvil-, lo cual sugiere una buena correspondencia entre la población usuaria del transporte y la actividad comercial.

Orientados específicamente a la investigación en Geomarketing, podemos mencionar los trabajos de Odriozola y Falcón (2007) quienes realizan un análisis de la distribución a nivel de manzana de niveles socioeconómicos geo-referenciados del Gran Resistencia, mientras que en Cardozo, et. al (2010) se expone un problema de localización óptima de puntos de expendio de carne porcina en función a la oferta existente y la demanda potencial.

Entre los antecedentes sobre aspectos de la movilidad urbana podemos mencionar a Rey (1999), quien identifica nodos de la ciudad donde observar el comportamiento de los actores del tránsito en la vía pública. En relación al transporte público se hallan más referencias, tales como Borges (2004) quien aplica una encuesta de Origen-Destino realizada por medio de entrevistas a domicilio, Cardozo (2004) realiza un estudio temporal de la evolución de pasajeros transportados en líneas urbanas de autobús, Cardozo, et. al (2009), ofrecen una aproximación desde la teoría de grafos para el análisis de la oferta del transporte público en el centro. Sin embargo pocos indagan en el análisis de la demanda a nivel de paradas; una excepción es Parras (2012) que en un entorno SIG calcula las distancias recorridas por la población desde el centroide de la unidad censal a las paradas del transporte público y propone un índice que sintetiza la posibilidad de acceder a cada una.

Además de los estudios expuestos, cabe agregar la medición de flujos peatonales y vehiculares en dos intersecciones de calles comerciales del microcentro de Resistencia efectuado en el proyecto P+I antes citado, donde se constata que para diciembre de 2012 la circulación de peatones en un espacio cerrado al tránsito vehicular -ejes José María Paz e Illia- fue de cerca de 11.000 peatones hora, superando 5,7 veces los valores registrados en otra intersección -Güemes y Brown- de circulación vehicular normal (Odriozola et. al, 2013). Esta área de gran circulación de peatones coincide con el de mayor concentración de comercios del centro de la ciudad y se encuentra comprendida en el área de estudio considerada para este trabajo.

## **DATOS Y METODOLOGÍA**

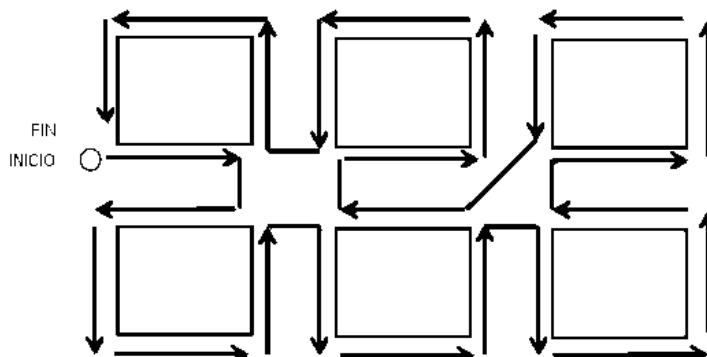
Al estar toda la información georreferenciada fue posible su procesamiento, análisis espacial y representación cartográfica en un Sistema de Información Geográfica (SIG), específicamente el software ArcGIS.

La base catastral georreferenciada en formato vectorial shapefile (ejido urbano, manzanas, parcelario, callejero) fue proporcionado por la Dirección de Catastro y Cartografía de la Municipalidad de Resistencia. A su vez, la capa digital de las paradas es cortesía del Laboratorio de Tecnologías de la Información Geográfica (LabTIG) de la Universidad Nacional del Nordeste.

Las fuentes de información principales provienen de relevamientos en campo: los usos del suelo detallados a nivel parcelario del centro de Resistencia y los conteos de pasajeros realizados en las paradas localizadas en el área piloto.

## Relevamiento de Usos del Suelo

El relevamiento de los usos del suelo se realizó por medio de observación in situ. Para ello, se implementó una metodología de relevamiento en campo sustentada en un grafo, lo que permite administrar adecuadamente el tiempo de recorrido (Ver Figura 2).



**Figura 2:** representación esquemática del modelo de recorrido óptimo de las manzanas en el relevamiento. Elaboración Propia.

El registro en base catastral digital en el área perteneciente al casco céntrico de Resistencia se registró la categoría “observada” en la parcela, que en el caso de los comercios puede no coincidir con la categoría declarada ante el Municipio. Debido a la heterogeneidad en los usos del suelo -en particular la diversidad de rubros que presenta el uso comercial-, se identificaron unas 180 tipologías aproximadamente, que luego fueron agrupadas según categorías definidas en el Código de Planeamiento Urbano-Ambiental de la ciudad (Da Silva et. al, 2013).

## Relevamiento en Paradas

Por medio de funciones de superposición se seleccionaron las paradas localizadas en dicha área: se trata de 49 paradas correspondientes a las 11 líneas que prestan servicio; la línea N° 8 es la de mayor presencia con 12 paradas en total.

A partir de la localización de las paradas, se agruparon las mismas en 17 sitios, debido a la proximidad de muchas de ellas. En estos puntos se realizó el registro del ascenso y descenso de personas que usan del transporte público, a partir de una planilla con la ubicación de la parada, la hora, el número de línea, ascensos y descensos, el indicador de compra, etc. Los momentos diarios acordados para el conteo fueron cuatro -coincidentes con las horas de mayor y menor movimiento cotidiano-, en lapsos de 30 minutos, lo que hace un total de 2 hs. 30 minutos por parada.

Además del conteo de pasajeros, se efectuó un sondeo indagando aspectos relacionados con el motivo del viaje a un total de 1.473 personas, distribuidos tal como se indica en la siguiente Tabla.

Parada	%
Santa Maria de Oro 150	22
Avenida Alberdi 155	35
Fronzizi 270	21
Ameghino 115	9

Avenida San Martin 135	13
Total	100

**Tabla 1:** distribución de encuestados por paradas

La desigual distribución porcentual tiene que ver con la mayor o menor afluencia de pasajeros en las paradas, destacándose la ubicada en Alberdi 155 por ser la principal parada del área de estudio.

### Aplicación de un Modelo de Regresión Lineal Múltiple (MRLM)

Uno de los problemas más frecuentes a la hora de abordar un análisis de regresión es la selección de variables independientes, debido a que éstas deben garantizar de algún modo la explicación de la variabilidad del término dependiente, absteniéndose en no violar los supuestos de comportamiento (homocedasticidad, linealidad, no autocorrelación, entre otros). Bajo esta mirada y sumado la hipótesis de que la relación entre las variables regresoras y la variable respuesta es lineal, existen métodos que permiten especificar como se introducen las variables independientes en el análisis.

Uno de ellos es el denominado “paso a paso” (stepwise) que permite elegir el subconjunto de variables regresoras con mejor performance para el modelo. La lógica procedimental del paso a paso está dada por introducir las variables independientes que no se encuentren en la ecuación y que tengan la probabilidad F más pequeña. Por otro lado, las variables ya introducidas en la ecuación se eliminan si su probabilidad F llega a ser suficientemente grande, concluyendo el método de selección cuando ya no existan variables candidatas a ser incluidas o eliminadas. Una vez concluido con la selección de las variables, se debe optar por la utilización de medidas de bondad de ajuste y verificar las hipótesis estructurales para seleccionar el modelo de regresión más adecuado, de modo tal que los resultados obtenidos sean consistentes y estadísticamente significativos.

A partir de las 8 variables explicativas generadas en campo o calculadas por medio de SIG, se construyeron varios modelos de regresión lineal múltiple, empleando el método de selección de variables paso a paso en el software SPSS v15.

Tipo	Denominación	Descripción
Dependiente	PAS_TOT	Total de pasajeros que suben y bajan en las paradas.
	SUB	Total de pasajeros que suben en las paradas.
	BAJ	Total de pasajeros bajan en las paradas.
Independiente	DIS_PEA	Distancia euclidiana desde cada parada al eje peatonal de la ciudad.
	NUM_LIN	Número de líneas de autobuses que operan en las paradas.
	CONEX	Indica si la parada tiene conexión con más otras líneas de autobús. Es una variable <i>dummy</i> .
	IC	Representa a los pasajeros que en las paradas presentan indicios de compras (bolsas o paquetes).
	NUM_COM	Número de comercios incluidos en el buffer.
	VARIETY	Indica la variedad de usos del suelo existente dentro de



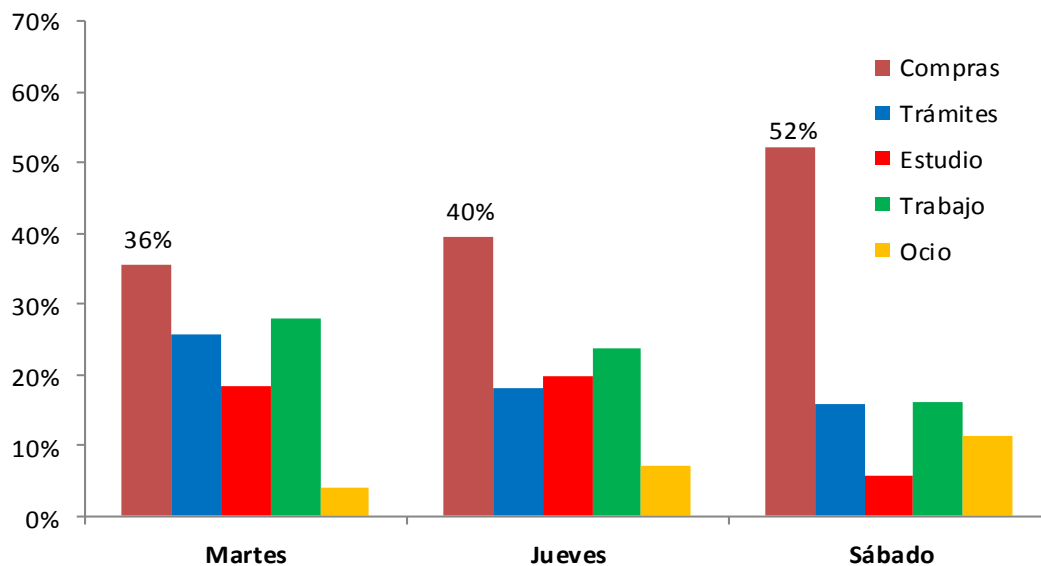
		buffer.
	DEN_COM-1	Promedio de la densidad de comercio en el buffer, estimadas a partir de una función Kernel.
	DEN_COM-2	Densidad de comercio en el buffer. Surge del cociente entre número de negocios y la superficie del buffer.

**Tabla 2:** descripción de las variables utilizadas en los modelos de regresión.

## RESULTADOS

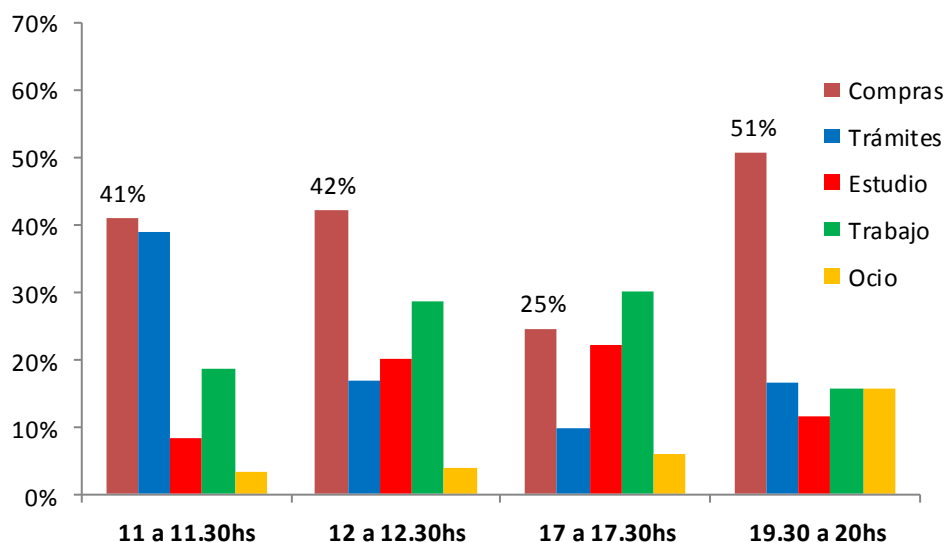
### Motivos del viaje y la actividad comercial

La opción compras registró mayor proporción de respuestas en las encuestas realizadas durante el día sábado, ya que se trata del día destinado a esta actividad generalmente. Similar comportamiento tuvo la opción concurrir al microcentro por ocio (Ver Figura 3).



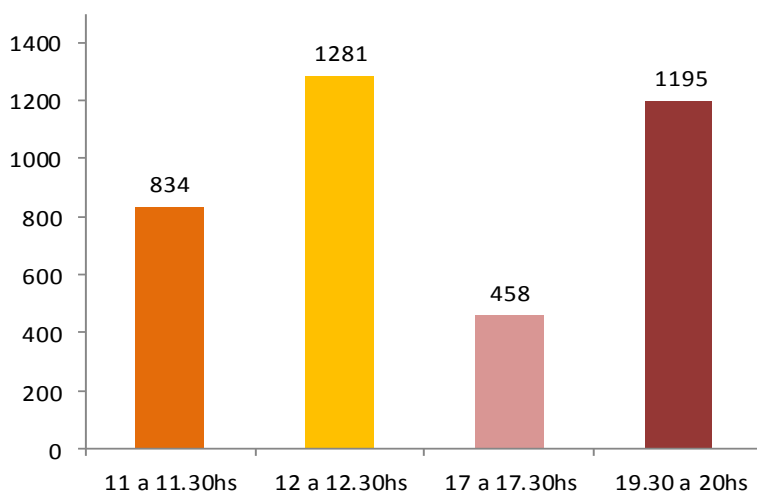
**Figura 3:** motivos de concurrencia al microcentro discriminado por día de la semana. Fuente: elaboración propia.

Analizando los motivos de concurrencia por franjas horarias (Ver Figura 4), la opción compras exhibe una mayor proporción de respuestas entre las 19,30 y 20hs. Idéntico comportamiento presenta la opción ocio. La opción hacer trámites muestra una tasa de respuestas más alta durante la mañana. Debe tenerse en cuenta que los horarios de atención al público de organismos estatales en la ciudad se ubican por la mañana.



**Figura 4:** motivos de concurrencia al microcentro discriminado por franja horaria. Fuente: elaboración propia

Respecto de las franjas horarias, el flujo de pasajeros se incrementa al mediodía con el máximo valor registrado, y al atardecer (Ver Figura 5).



**Figura 5:** cantidad de ascensos de pasajeros por franja horaria de medición. Fuente: elaboración propia.

### Análisis descriptivo y correlación

Una de las primeras instancias fue al cálculo de estadísticas descriptivas a los efectos de conocer las características principales de las variables a modelizar en el análisis de regresión. En la Tabla 3 se presentan algunos rasgos del recorrido, centralidad, y dispersión de los datos.

	Mínimo	Máximo	Media	Curtosis	CV	Desviación típica
SUB	12	908	307	0,130	0,853	254,29
BAJ	18	524	211	-1,445	0,839	172,18

PAS_TOT	70	1293	518	-1,260	0,792	398,84
DIS_PEA	25,46	458,05	191,42	-0,031	0,638	118,42
NUM_LIN	1	5	2,23	0,018	0,537	1,16
CONEX	0	1	0,64	-1,766	0,761	0,48
IC	5	418	121	0,504	1,013	119,19
VARIETY	2	8	4,64	0,056	0,340	1,53
NUM_COM	9	56	27,11	0,355	0,512	13,48
DEN_COM-1	5	25	17,82	-0,147	0,313	5,41
DEN_COM-2	5,20	36,14	18,82	-0,405	0,461	8,42

**Tabla 3:** estadísticas descriptivas de las variables de interés.

Otra de las etapas relevantes fue corroborar la existencia de relación lineal entre las variables explicativas. Para ello se calculó una matriz de correlaciones bivariadas, en base al coeficiente  $\rho$  de Pearson y un nivel de significación del 0,05.

	IC	NUM_LIN	CONEXIÓN	VARIETY	DEN_COM-1	DIS_PEA	NUM_COM	DEN_COM-2
IC	1							
NUM_LIN	,717**	1						
CONEX	,419	,783**	1					
VARIETY	-,078**	-,547*	-,492*	1				
DEN_COM-1	,602*	,459	,290	-,719**	1			
DIS_PEA	-,651**	-,292	-,009	,576*	-,801**	1		
NUM_COM	,198	,332	,244	-,440	,700**	-,359	1	
DEN_COM-2	,513*	,356	,176	-,688**	,744**	-,602*	,839**	1

\* significativo al 0,05  
\*\* significativo al 0,01

**Tabla 4:** matriz de correlaciones bivariadas entre las variables

La Tabla 4 muestra los coeficientes de correlación obtenidos para cada una de las variables independientes. Las correlaciones más altas -superiores a  $|0,7|$ - y con mayor significación estadística - $\alpha$  inferior a 0,01-, se resaltan en la Tabla 4. Entre ellas se puede mencionar a DEN\_COM-2 y NUM\_COM con el coeficiente más elevado (0,839), mientras que, entre las variables de tipo comercial DEN\_COM-2 es la que mayor correlación presenta con las otras variables: -0,801 con DIS\_PEA, con MUN\_COM 0,70 y con DEN\_COM-1 0,744. La variable geográfica DIS\_PEA se correlaciona bien con DEN\_COM-1 (-0,801), aunque en sentido inverso. Por su parte, también es elevada (0,783) la correlación entre las variables intrínsecas: CONEX y NUM\_LIN.

## Comparación de modelos de regresión

A los efectos de explorar el efecto de las variables comerciales en futuros trabajos explicativos o predictivos aplicados al Geomarketing, Planificación Territorial o del Transporte, se obtuvieron -a partir de las ocho variables regresoras disponibles- sendos modelos para las tres variables dependientes. Con ello se busca captar mejor la explicación de la variabilidad del número de pasajeros total, así como para los que suben o bajan.

Los coeficientes de determinación obtenidos para los tres modelos son altos - valores de  $R^2$  Ajustado entre 0,78 y 0,96-, lo que representa un elevado grado de explicación. Además, los valores altos de F en la columna de ANOVA indican que los tres modelos son estadísticamente significativos. Si atendemos al estadístico Durbin-Watson obtenido para cada modelo, observamos valores muy próximos a 2, lo que revela la falta de autocorrelación en los residuos.

Modelo	Variable dependiente	$R^2$	$R^2$ corregido	Error típ. de estimación	Durbin-Watson	ANOVA	
						F	Sig.(*)
1	PAS_TOT	,973	,964	78,015	2,173	108,082	,000
2	SUB	,983	,979	38,307	2,116	245,386	,000
3	BAJ	,823	,782	223,470	2,146	20,146	,000

(\*) para un  $\alpha = 0,05$

**Tabla 5:** resumen de los modelos de regresión

Abordando por otro lado los coeficientes obtenidos para cada modelo, podemos apreciar que todas las variables incluidas son significativas a un nivel del 0,05, a excepción de VARIETY en el Modelo 3, que pese a mostrar problemas de significación fue incluida como variable explicativa de los pasajeros que bajan del autobús (Ver Tabla 5).

Modelo	Variables dependientes	Coef. no estandarizados		Coef. tipificados	t	Sig. (0.05)
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	80,844	92,589		,873	,400
	IC	2,069	,251	,618	8,256	,000
	DEN_COM-2	10,395	2,896	,219	3,589	,004
	CONEX	173,749	47,584	,208	3,651	,003
	DIS_PEA	-,632	,252	-,188	-2,511	,027
2	(Constante)	155,144	30,898		5,021	,000
	IC	1,439	,122	,675	11,761	,000
	CONEX	138,006	23,176	,259	5,955	,000
	DIS_PEA	-,584	,112	-,272	-5,219	,000
3	(Constante)	939,088	268,811		3,493	,004
	VARIETY	-90,509	48,569	-,298	-1,864	,085
	NUM_LIN	155,722	47,634	,442	3,269	,006
	DIS_PEA	-1,628	,561	-,415	-2,902	,012

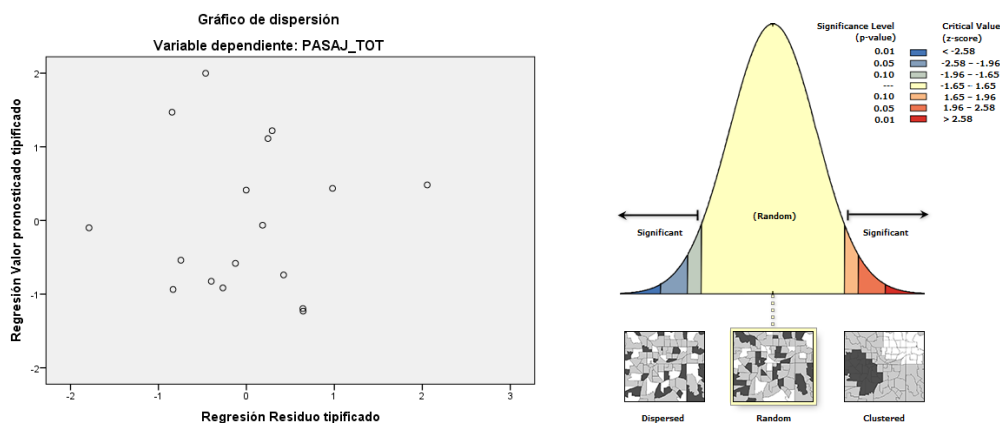
**Tabla 6:** descripción de los coeficientes y significación de las variables incluidas en los modelos de regresión

En el Modelo 1, vemos que incluye cuatro variables para explicar la variabilidad del total de pasajeros que utiliza el transporte público: una intrínseca de la red (CONEX), una geográfica

(DIS\_PEA) y dos comerciales (IC y DEN\_COM-2), todas ellas con coeficientes significativos. Respecto a las elasticidades, la mayor corresponde a CONEX, seguida por una variable comercial de interés para el proyecto: por ejemplo, el aumento de una unidad en la variable DEN\_COM-2 supone la ganancia de 10 pasajeros. Un sentido inverso muestra DIS\_PEA, que por cada 100 m que nos alejamos de la peatonal se pierden 63 pasajeros.

El Modelos 2 incluye tres variables -IC, CONEX, DIS\_PEA- para explicar los pasajeros que suben en las paradas. Todas las variables presentan coeficientes altamente significativos, aunque solo incluye una de tipo comercial. Precisamente, al aumentar en una unidad el IC implicaría 2 pasajeros más, en tanto que si la parada tiene conexión con otra línea de autobús ganaría 138 pasajeros.

El Modelo 3 también incluye tres variables para explicar los pasajeros que bajan en las paradas. En este caso de incorpora la otra variables intrínseca (NUM\_LIN) con una importante elasticidad, y dos con sentido negativo (VARIETY y DIS\_PEA). Cabe destacar que nuevamente se incorpora una de tipo comercial, y aunque se encuentra por encima ( $\alpha = 0,085$ ) del umbral de significación establecido fue incluida en el modelo. Por su parte, la elasticidad del coeficiente estimado muestra que, el aumento por cada unidad de la variable representa una pérdida de 90 pasajeros aproximadamente.



**Figura 6:** análisis gráfico de la autocorrelación serial y espacial en los residuos del Modelo 1.

Otro de los requisitos fundamentales para validar el modelo es comprobar la falta de tendencia en los residuos. Para ellos se realizó la inspección gráfica de los valores tipificados de residuos frente a los pronosticados; en ningún caso aparecen indicios de tendencia alguna en su distribución (Ver Figura 6).

Los métodos tradicionales de análisis estadísticos asumen ciertas reglas que, cuando no se cumplen estrictamente pueden invalidar los resultados obtenidos. Una de las suposiciones que normalmente violan los datos geográficos es la independencia entre las observaciones, y eso ocurre cuando existe autocorrelación espacial en los datos. Por esta razón se realizó la comprobación por medio del Test I de Moran: los modelos 1 y 2 muestran aleatoriedad espacial en la distribución de los residuos, mientras que el modelo 3 presenta signos de autocorrelación espacial positiva.

## CONSIDERACIONES FINALES Y DISCUSIÓN

Pese a que los esfuerzos hacia un análisis integrado de los usos del suelo en los modelos de transporte no son recientes, es cierto que el reconocimiento no es generalizado. Tal vez los avances demuestren resultados poco claros al momento de llevarlos a la práctica. En este sentido, nuestra propuesta expone evidencias de la importancia de las variables comerciales al momento de analizar el transporte público.

En principio cabe señalar que comportamiento horario de la demanda de viajes observada en las paradas se ajusta a la curva teórica. Además, el motivo de viajes compras es el más frecuente entre los pasajeros encuestados. Respecto a la modelización entre variables, es destacable que los  $R^2$  los modelos de regresión son altos, aunque recordemos que no tienen fin predictivo sino exploratorio. Por esa razón prestamos mayor atención a la significación de los coeficientes estimados.

La existencia de significación global de los modelos a partir de los valores de F, así como en los coeficientes de las variables regresoras, nos conduce a rechazar la hipótesis nula. Cabe destacar que en los tres modelos fueron incorporadas variables comerciales: IC, DEN\_COM-2 y VARIETY, lo cual refuerza nuestra hipótesis de trabajo y se comprueba que, las variables seleccionadas en los modelos ejercen una influencia significativa sobre el comportamiento de la demanda de viajes en transporte público.

Por otra parte, el sentido inverso de VARIETY debe interpretarse en el contexto local, donde un valor bajo de VARIETY indica predominio de un uso, lo que en nuestro caso representa al suelo comercial. Esto podría interpretarse como una contradicción, porque en la literatura específica la relación es positiva y directa: a mayor variedad de usos corresponde una mayor propensión a usar el transporte público. Probablemente al ampliarse la muestra al resto de la ciudad, se ajustará el comportamiento a la tendencia general.

Ahora, si nos preguntamos ¿porqué no son significativas las otras variables comerciales? o ¿qué puede estar afectando significación en sus coeficientes? La respuesta a ello puede encontrarse en que, la significancia del valor del coeficiente depende en gran medida del número de datos. Esto podría ser el inicio de futuros trabajos, como así también avanzar en análisis más complejos, como el modelo de Huff para evaluar la competencia espacial entre las grandes superficies comerciales o algún rubro de interés.

## BIBLIOGRAFÍA

BERRY, B. J. L. 1971. Geografía de los centros de mercado y distribución al por menor. Vicensvives, Barcelona.

BIRKIN, M.; CLARKE, G.; CLARKE, M. P. 2002. *Retail Geography and Intelligent Network Planning*. Wiley.

BORGES, J. 2004. *Formas de Movilidad y Accesibilidad en el Área Metropolitana del Gran Resistencia*. Trabajo realizado en base a la confección de encuestas de origen y destino. Resistencia.

BORGES NOGUEIRA, J. C.; SCORNIK, C. O. 2009. Infraestructura Vial y Usos del Suelo. *III Seminario sobre Políticas Urbanas*. Instituto de Planeamiento Urbano y Regional (IPUR). Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia, Chaco.

CARDOZO, O. D; DA SILVA, C. J; ODRIUZOLA, J. G; BONDAR, C. E. 2013. Análisis espacial de la actividad comercial en áreas céntricas urbanas mediante Sistemas de Información Geográfica. *XVIII Reunión Anual Red Pymes Mercosur*. Red PyMES, Resistencia, Chaco.

- CARDOZO, O. D.; BONDAR, C. E.; ODRIOSOLA, J. G. 2010. Localización óptima de expendios de carne porcina con Sistemas de Información Geográfica en la ciudad de Resistencia, Argentina. *Cuadernos de Geografía. Revista Colombiana de Geografía*. N° 19, 2010. pp. 87-96.
- CARDOZO, O.D. GUTIÉRREZ PUEBLA, J.; GARCÍA PALOMARES, J.C. 2010. Influencia de la morfología urbana en la demanda de transporte público: análisis mediante SIG y modelos de regresión múltiple. *GeoFocus 10*. pp.82-102.
- CASCETTA, E. 2009. *Transportation Systems Analysis. Models and Applications*. Springer, New York.
- CERVERO, R. 2004. St. Louis MetroLink South Ridership Forecasts. Second Revised Estimates for Modified Alignments Using Local and National "Direct" Ridership Forecasting Models. HNTB, Inc., technical report. Kansas City.
- CERVERO, R. 2004. Transit Oriented Development in America: Contemporary Practices, Impacts, and Policy Directions. International Planning Symposium on Incentives, Regulations, and Plans – The Role of States and Nation-States in Smart Growth Planning. University of Maryland.
- CERVERO, R. 2006. Alternative approaches to modeling the travel-demand impacts of smart growth. *Journal of the American Planning Association*. 72 (3). pp. 285-295.
- CERVERO, R.; KOCKELMAN, K. (1997). Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity, and Design. *Transportation Research-Part D 2*. pp. 199-219.
- CERVERO, R. 2001. Walk-and-Ride: factors influencing pedestrian access to transit. *Journal of Public Transportation*. 3 (4). pp. 1-23.
- CHU, X. 2004. *Ridership models at the stop level*. National Center of Transit Research, University of South Florida. Report N° BC137-31.
- Church, R. L. y Murray, A. T. 2008. *Business Site Selection, Location Analysis and GIS*.
- CLIQUET, G. 2006. *Geomarketing: Methods and Strategies in Spatial Marketing*. Iste Ltd.
- DA SILVA, C.J.; ODRIOSOLA, J.G.; CARDOZO, O.D.; BONDAR, C.E. 2012. Usos del Suelo en el Micro-Centro de la Ciudad de Resistencia: Patrones Espaciales Identificados con Sistemas de Información Geográfica (SIG). *XIV Encuentro de Profesores en Geografía del NEA (formato CD-ROM)*. Facultad de Humanidades-UNNE. Resistencia.
- DA SILVA, C.; CARDOZO, O.; ODRIOSOLA, J.; BONDAR, C. 2013. Usos del Suelo: Distribución, Análisis y Clasificación con Sistemas de Información Geográfica (SIG). *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. (GESIG-UNLU, Luján)*. Año 5, N° 5. pp. 142-152.
- ECHENIQUE, M. y PARTNERS LTD. 1994. MEPLAN Models of London and the southeast. Scenario test for London. Final Report. Cambridge, England.
- GONÇALVES DE SOUZA, P. V. 2005. Modelización de la Interacción de Usos del Suelo y Transporte. Aplicación al Corredor de la A-3 de Madrid. Tesis Doctoral, Madrid.
- JOHNSTON, R. J., GREGORY, D.; SMITH, D. M. 2000. *Diccionario Akal de Geografía Humana*. Ediciones Akal, Madrid.
- KUBY, M. BARRANDA, A.; UPCHURCH, C. 2004. Factors influencing light-rail station boardings in the United States. *Transportation Research A*, 38 (3), pp.223-247.
- LATOURE, P.; LE FLOC'H, J. 2001. Géomarketing. Principes, methods et applications. Organisation.
- MÉRENNE-SCHOUMAKER, B. 1996. *La localisation des services*. Nathan Université, Paris.

- MORENO GIMENEZ, A. 2001. *Geomarketing con sistemas de información geográfica*. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.
- OLIVARES, C. L.; FOLGUEIRA, C. A. C. 2000. El modelo de usos del suelo y transportes de la Comunidad de Madrid (MECAN). Desarrollo y Aplicaciones. *IV Congreso de Ingeniería del Transporte, CIT 2000*. Valencia.
- ODRIOZOLA, J.; FALCÓN, V. 2007. Geo-referenciación de los niveles socioeconómicos del Gran Resistencia. *XXI Educa-AL - Universidad Nacional de Cuyo*. Mendoza, Argentina.
- ODRIOZOLA, J. G.; BONDAR, C. E.; BORGES, J. C.; CHAVEZ, A. E. 2013. Aportes desde el geomarketing al fortalecimiento de los centros comerciales abiertos de la ciudad de Resistencia. *5º seminario sobre políticas urbanas, gestión territorial y ambiental para el desarrollo local*. Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia, Argentina.
- REY, W.; LUCCA, A. 1999. Aplicación de SIG a Aspectos Socio-Ambientales del Centro de la ciudad de Resistencia. *Serie Geográfica*. pp. 137-151.
- RHIM, J. 2008. Relationship between land use characteristics of station impact area and subway ridership in Seoul. Planning and Design Division, Housing y Urban Research Institute.
- SCORNIK, C. 1998. Diagnóstico Expositivo del Área Metropolitana del Gran Resistencia. Resistencia.
- TAYLOR, B.; FINK, C. 2003. The Factors Influencing Transit Ridership: a review and analysis of the ridership literature. *Working Papers*. Department of Urban Planning.
- THRALL, G. I. 2002. *Business Geography and new real estate market analysis*. Oxford University Press, New York.
- WALTERS, G.; CERVERO, R. 2003. Forecasting Transit Demand in a Fast Growing Corridor: the direct-ridership model approach. Fehrs and Peers Associates.
- WEGENER, M.; FÜRST, F. (1999). *Land-use Transport Interaction: State of the art*. Beriche aus dem Institut für Raumplanung 46, Dortmund.
- WEGENER, M. 2004. Overview of Land-Use Transport Models. En: DAVID A. HENSHER y KENNETH BUTTON (eds.) *Transport Geography and Spatial Systems*. Pergamon/Elsevier Science, Kidlington, UK, pp. 127-146.
- ZHAO, F. ET AL. 2003. *Forecasting Transit Walk Accessibility: a regression model alternative to the buffer method*. Transportation Research Board Annual Meeting. Disponible en: [http://www.ltrc.lsu.edu/TRB\\_82/TRB2003-001007.pdf](http://www.ltrc.lsu.edu/TRB_82/TRB2003-001007.pdf).

© Cristian Javier Da Silva, Osvaldo Daniel Cardozo, Jorge Guillermo Odriozola y Carlos Esteban Bondar.

Da Silva, C. J.; Cardozo, O. D.; Odriozola, J. G.; Bondar, C. E. 2017. Modelización de las relaciones entre el uso comercial del suelo y transporte público en el centro de Resistencia, Argentina. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)*. 9(9)Sección I:124-139

On-line: [www.gesig-proeg.com.ar](http://www.gesig-proeg.com.ar)

Recibido: 19 de setiembre de 2016

Aceptado: 10 de noviembre de 2016