

**Arq. Andrea Ulacia** | andreaulacia@yahoo.com.ar  
**Arq. María B. Sánchez Arrabal**  
**Arq. Claudia Rodríguez** | claudiar11111@yahoo.com.ar  
**Arq. Augusto Avalos**  
**Arq. David López**  
**Itig. Gustavo Andrade**  
Taller de Sistemas de Representación  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo -  
Universidad Nacional de La Plata  
La Plata, Buenos Aires, Argentina  
latec@fau.unlp.edu.ar

## DINÁMICA DE SISTEMAS APLICADA A COMPORTAMIENTOS TERRITORIALES COMPLEJOS

### RESUMEN

El objetivo del proyecto de investigación de cuyos resultados se sustenta esta presentación, es el de diseñar un Modelo de Dinámica de Sistemas aplicado a la Planificación y el Ordenamiento Urbano y Territorial, con variables vinculadas a indicadores “urbanísticos”, entendido como una herramienta de modelización y evaluación comparativa, que posibilitará formular escenarios prospectivos, readecuar y redefinir el proyecto de ciudad deseada, posibilitando la exploración de compatibilidad entre indicadores, visualización de modelos, ajuste de esos indicadores en relación a otras variables e indicadores de carácter territorial.

A partir de la definición del marco conceptual y metodológico, se plantea la elaboración del modelo, para su posterior aplicación y oportuna difusión en distintos ámbitos de la provincia.

La investigación está planteada en un proyecto bianual, a saber:

1er año: Sistematización y análisis crítico de antecedentes, elaboración del marco conceptual y metodológico definitivo, análisis de posibles casos a tomar.

2do año: Diseño conceptual e instrumental del modelo, y aplicación en Prueba Piloto, generación de métodos de evaluación.

**PALABRAS CLAVES:** DINÁMICA DE SISTEMAS – TERRITORIO – MODELIZACIÓN – PLANIFICACIÓN TICS

## ABSTRACT

The aim of the research project whose results support this presentation is to design a model of system dynamics applied to the Planning and Urban and Regional Planning, with variables related to "urban" indicators, understood as a modeling tool and benchmarking, which make it possible prospective scenarios, readjust and redefine the project desired city, enabling the exploration of compatibility between indicators, visualization of models, setting these indicators in relation to other variables and indicators of territorial character.

From the definition of the conceptual and

methodological framework for modeling, for subsequent application and timely dissemination in various areas of the province arises.

The research is posed on a two-year project, namely:

1st year: Systematization and critical analysis of history, preparation of conceptual and methodological framework definitive analysis of possible cases to take.

2nd year: conceptual model and instrumental design, and implementation Test Pilot, generation of assessment methods.

**KEYWORDS: SYSTEM DYNAMICS - TERRITORY - MODELIZACIÓN - PLANNING - ICT**

## INTRODUCCIÓN

Esta presentación se basa en los avances alcanzados en el proyecto de investigación, cuyo objetivo es el diseño de un Modelo basado en el enfoque de la Dinámica de Sistemas aplicable a la Planificación y el Ordenamiento Urbano-Territorial, orientado a los municipios de la provincia de Buenos Aires, entendido como una herramienta de modelización y evaluación comparativa, que contribuya a la toma de decisiones y mejore la comunicación de los resultados, promoviendo la evaluación de escenarios, y el diseño de protocolos de aplicación y procedimientos.

La premisa que orientó el desarrollo del proyecto surgió de considerar que los municipios de la Provincia de Buenos Aires, no cuentan con Modelos de Dinámica de Sistemas. Se observa que en general no existe una mecánica de modelizar y evaluar riesgos, actuaciones, alteraciones y cam-

bios emergentes de la modificación de variables o por la ausencia o el insuficiente desarrollo de una cultura de evaluación y autoevaluación continua, que alimente la mejora de los modelos de gestión.

Como criterio general, todo proyecto de dinámica de sistemas, -definida como *una técnica para analizar y modelar* (IZQUIERDO, L. 2008) el comportamiento temporal en entornos complejos-, comienza con un problema que hay que resolver, un comportamiento indeseable que hay que corregir o evitar o bien como el resultado de poner en juego la interacción de variables en distintos escenarios de simulación diferenciados y comparables.

La teoría general de Sistemas conforma una manera sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad, permitiendo además formas de trabajo transdisciplinarias. La Dinámica de Sistemas permite "perturbar el mode-

lo", verificando diversas variables para aprender acerca de los puntos críticos del sistema dado, su probable evolución y resistencia al cambio.

Durante los últimos treinta años se ha desarrollado un campo conocido como dinámica de sistemas, que combina la teoría, los métodos y la filosofía para analizar el comportamiento de los sistemas. La dinámica de sistemas surgió de la búsqueda de una mejor comprensión de la administración. Su aplicación se ha extendido ahora al cambio medioambiental, la política, la conducta económica, la medicina y la ingeniería, así como a otros campos. La dinámica de sistemas muestra cómo van cambiando las cosas a través del tiempo. Un proyecto de dinámica de sistemas comienza con un problema que hay que resolver o un comportamiento indeseable que hay que corregir o evitar. Desde este enfoque se plantea trabajar sobre la capacidad de análisis e integración de datos con

que cuentan los Sistemas de Información Geográfica como generadores del soporte para el diseño y aplicación de modelos de localización y de simulaciones espaciales de cuestiones territoriales, con el potencial que aportan los MDS por la modificación de valores según su comportamiento a lo largo del tiempo, combinando el enfoque temporal del Modelo de Dinámica de Sistemas con el potencial espacial de la georreferenciación de datos del Sistema de Información Geográfica. Al aplicar los Sistemas de Información Geográfica, cabe aclarar que las comunidades están atravesando un período de re conformación, donde se sitúa a la informática en el rol de potenciar, facilitar y ampliar en forma continua las capacidades de los individuos en el contexto de las instituciones, empresas, organizaciones y gobiernos en los que trabajan.

Expuestos estas consideraciones conceptuales, la HIPÓTESIS que orienta el Modelo considera proyectar y generar sobre la base de un Sistema de Información Geográfica -SIG- un Modelo de Dinámica de Sistemas -MDS- (FORRESTER, J.W: 1968) aplicado a indicadores "urbanísticos" territoriales, que permitirá evaluar escenarios futuros, evaluando posibles riesgos. Dado que los sistemas territoriales son esencialmente dinámicos, varían en su conformación con el paso del tiempo, la variable temporal no puede ser separada de la consideración de un sistema, generando una de sus características fundamentales, la retroalimentación (MARQUÈS GRAELLS, P: 2008). El modelo basado en la dinámica de sistemas permitirá formular distintas hipótesis, posibilitando la generación de distintos escenarios de simulación, ante la aplicación de variables que hemos definido como estáticas y dinámicas sobre el territorio.

### Objetivos del proyecto

El objetivo general del trabajo consiste en diseñar un Modelo de Dinámica de Sistemas aplicado a la Planificación y el ordenamiento Urbano y Territorial orien-

tado a los municipios de la provincia de Buenos Aires, entendido como una herramienta de modelización y evaluación autoreferencial y comparativa, a través de variables que contribuya a la toma de decisiones, incrementando la eficiencia y eficacia operativa de los servicios y mejore la comunicación de los resultados, fomentando la mejora continua de la gestión municipal.

### Objetivos Particulares

Generar patrones para el uso de los modelos de simulación en la temática de indicadores urbanísticos. Promover los conocimientos generales sobre la Dinámica de Sistemas, sus nuevas aplicaciones y trabajos que se realicen.

Aportar un modelo cuya aplicación contribuya a fomentar avances hacia la progresiva instalación de esa cultura.

Formar personal docente en esta técnica y fomentar la actualización continuada de sus miembros.

Organizar un fondo documental de consulta en relación a las aplicaciones de esta técnica.

### METODOLOGÍA

La metodología de diseño del Modelo de Dinámica de Sistemas se abordó a partir de considerar aproximaciones sucesivas, en tres fases interrelacionadas y no secuenciales, una fase teórica, una fase experimental y una fase evaluativa.

#### Fase Teórica

El proyecto comienza con un estudio y actualización bibliográfica de antecedentes que implicó la recopilación y análisis crítico de experiencias y bibliografía teórica, que centró su búsqueda en la bibliografía y las experiencias del ámbito internacional donde el diseño de Modelos de Dinámicas de Sistemas está más expandido. La materialización de este fase, permitió identificar los principales componentes de los escenarios posibles de

plantear y delimitar los bordes de la problemática abordada.

El objeto fue construir una apoyatura de referencias que permitió elaborar un marco conceptual ligado a construir un modelo adecuado a la realidad de los municipios de la provincia de Buenos Aires, que tienen características comunes desde el aspecto jurisdiccional e institucional, por estar regulados por el Decreto Ley 8912/77.

El desarrollo de Modelos de Dinámicas de Sistemas es un campo reciente y en expansión, con aplicaciones en áreas disciplinares muy disímiles y merece un ajuste teórico periódico.

#### Fase Experimental

La elaboración del Modelo de Dinámica de Sistemas requirió previamente una caracterización de las variables estables e inestables a utilizar, referidas a la Planificación y el Ordenamiento Territorial. En base a información estadística y analítica, las variables se pueden individualizar permitiendo que el trabajo de construcción del Modelo se ajuste a la realidad estructural y funcional de cada tipo.

Sucesiva a esta tarea se analizó, desde el punto de vista de las finalidades, los sectores posibles sobre los cuales realizar una prueba del modelo, que permita evaluar la aplicación y sus resultados.

#### Fase Evaluativa

El proyecto pretende realizar una evaluación de consistencia del Modelo a través de una Prueba Piloto que se aplicará a una muestra seleccionada dentro de los municipios que conforman la denominada Región del Gran La Plata (figura 1), conformada por La Plata, Berisso y Ensenada que son asimilables a tres tipos fácilmente diferenciables de rangos diversos de tamaño, complejidad y modelos de gestión. Cabe mencionar que esta

región ha sido seleccionada por poseer la complejidad de una región metropolitana, con las problemáticas de nivel inter jurisdiccional asociados a la gestión del ordenamiento territorial, y la presencia de grandes obras que impactarán sobre el territorio en sus diversas escalas de abordaje.

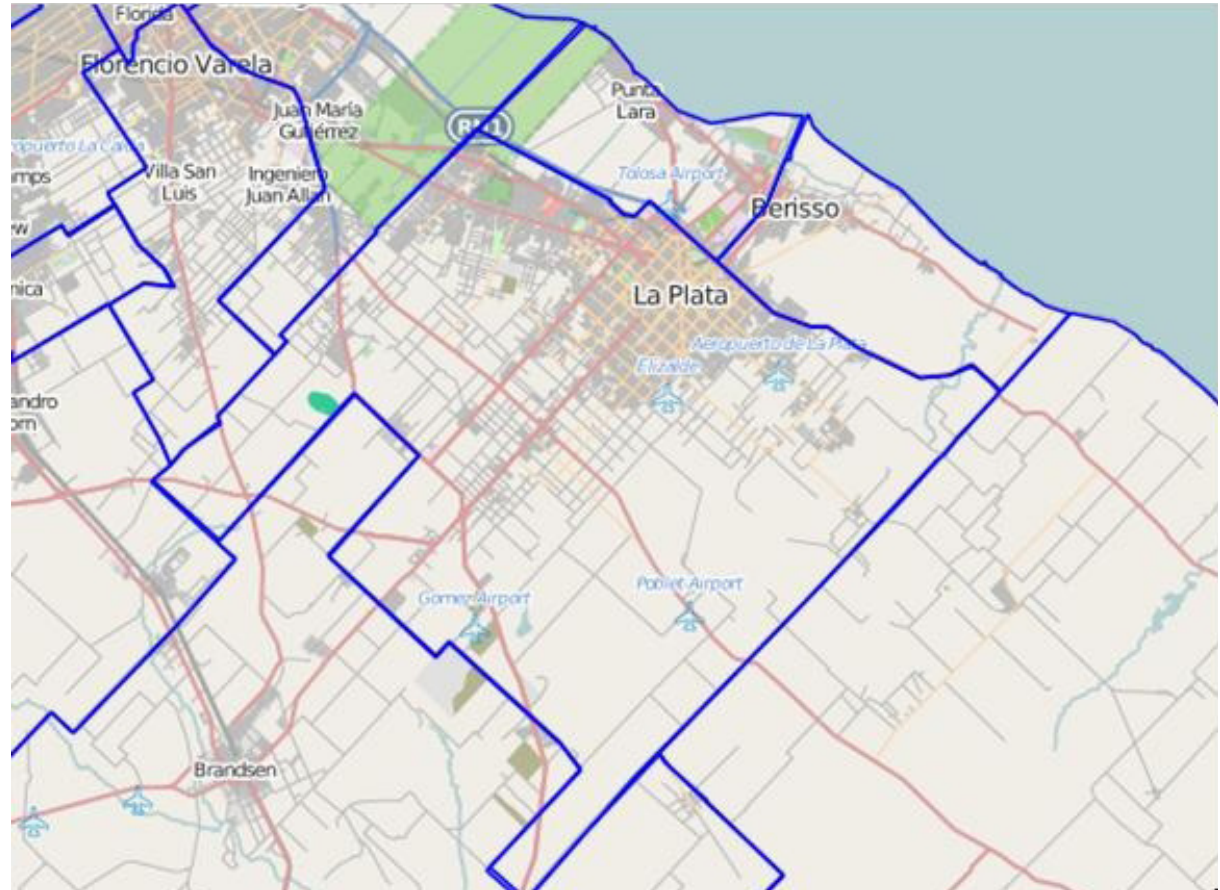
Una vez superada la etapa de evaluación en la muestra seleccionada, le sucederá un análisis crítico de sus procedimientos y resultados, que permitirá echar luz sobre la capacidad del modelo de cumplir con sus objetivos metodológicos. A partir de las conclusiones arribadas se procederá a un ajuste metodológico que asegure resultados válidos a los objetivos evaluativos propuestos, a la vez que sea confiable.

Finalmente, se procurará diseñar protocolos de transferencia de la metodología para que esta pueda ser utilizada por cualquier usuario, bajo condiciones que serán explicitadas allí. Para que esta transferencia tenga el mayor alcance posible se generará una estrategia de difusión.

## ESTADO DE AVANCE DE LA INVESTIGACIÓN Y RESULTADOS

De esta forma y a partir de la metodología planteada, durante el primer año, se realizó la sistematización y el análisis crítico de antecedentes, la elaboración del marco conceptual y metodológico definitivo, como así también el análisis de los posibles sectores de la Región del Gran La Plata, considerando oportuno en esta instancia trabajar la “prueba Piloto” sobre la porción territorial que comprende los límites jurisdiccionales de los tres partidos, en torno a los ejes de las Avenidas 122 y 60, desde Avda. 1 aproximadamente hasta calle 90, avenida 32 y costa del Río de La Plata (Figura 2).

Asimismo, se definieron dos tipos de variables las variables ESTABLES y las variables INESTABLES. De este modo, las Variables Estables, generan pautas para la localización de las actividades en



**Figura 1 - Gran La Plata Fuente:** IDEBA – Ministerio de Gobierno  
<http://sig.gobierno.gba.gov.ar/sig/ideba/>

el territorio, superficies dedicadas a cada tipo de uso y ocupación, indicadores urbanísticos, diferencias de población, densidad poblacional, usos del suelo, estructura e intensidad de sus actividades económicas, topografía entre otras. Las Variables Inestables establecen una condición nueva o diferente, afectan a la definición de los objetivos de las estables. Entre ellas podemos identificar:

Riesgos, Desastres Naturales, impactos de tipo ambiental, territorial, funcional, económico, social y cultural, generados por un conjunto significativo de proyectos.

El diseño del Modelo de Dinámica de Sistemas contempla como variables estables una síntesis fuertemente morfológica de los indicadores urbanísticos del Decreto Ley 8912/77 que rige el uso y



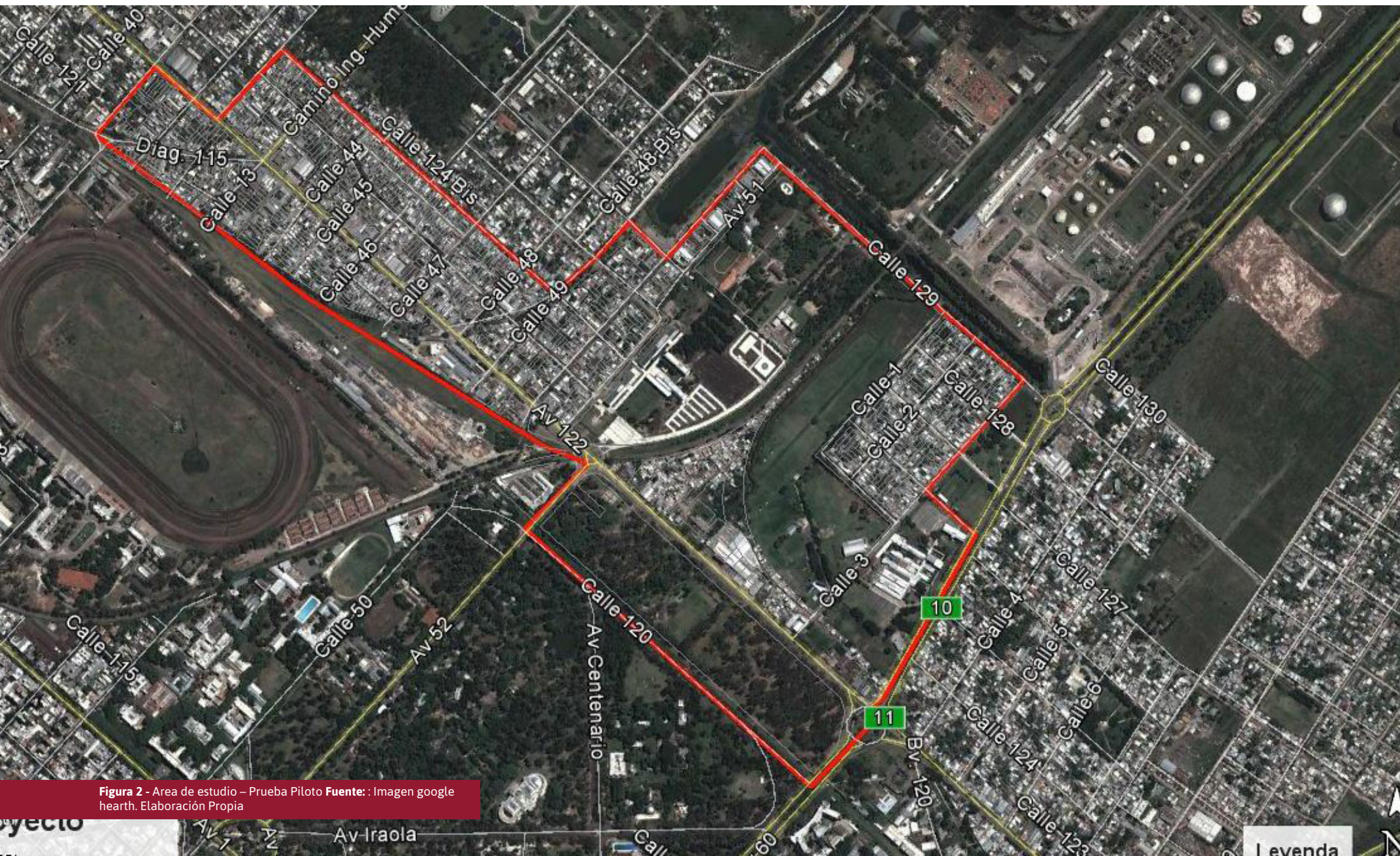


Figura 2 - Area de estudio – Prueba Piloto Fuente: : Imagen google hearth. Elaboración Propia



la ocupación del suelo en la Provincia de Buenos Aires, y en el caso de las variables inestables, se utilizaron Modelos de Elevación para incorporar variables vinculadas a las grandes obras que se desarrollan en la Región.

Las Variables Estables se trabajan con una Unidad de Análisis que es la zona (Figura 3), determinada por la normativa vigente, enmarcada en el Decreto mencionado.

La premisa sobre la que se trabajó para la definición del Modelo, es la consideración de que existe la ciudad legal, la ciudad real, la población que

vive en ella y las relaciones que se establecen en base a satisfacer sus necesidades. En el desarrollo del mismo, se definió que hay Variables Estables e Inestables, en función de su rol y carácter respecto al funcionamiento del Modelo.

De acuerdo a los indicadores urbanísticos que posee la zona, será la morfología que se pretende como alcanzar. Sobre las Unidades de Análisis, se trabaja en analizar:

Ciudad Legal	los indicadores urbanísticos,
Ciudad real	los atributos

Población	unidades familiares que residen en una zona, con características homogéneas, demanda de servicios urbanos y desplazamientos.
-----------	--

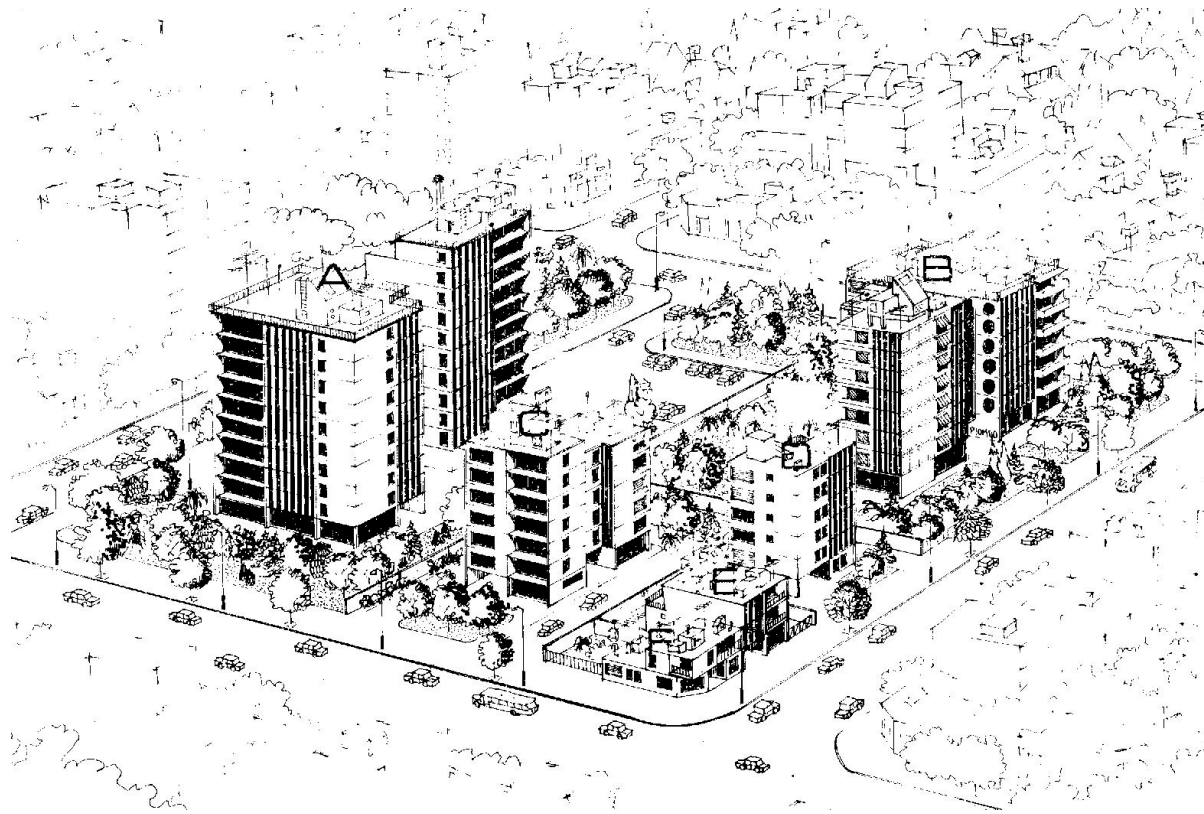
La posibilidad de proyectar y modelizar la aplicación de los indicadores “urbanísticos” al territorio, sobre la base de una norma urbanística en estudio, por ejemplo, permitiría explorar sobre los distintos resultados territoriales en cuanto a morfología urbana, perfiles, aplicación de densidades, posibilitando formular escenarios prospectivos “ver la ciudad futura”, “un sector de ella” o “un elemento u objeto arquitectónico en particular” readecuar y redefinir el proyecto de ciudad deseada, posibilitando la exploración de compatibilidad entre indicadores, visualización de modelos, ajuste de esos indicadores en relación a otras variables e indicadores de carácter territorial, como podrán ser las curvas de nivel, relieve, topografía, cotas de nivel, entre otras.

La realización de comparativas entre los indicadores elegidos en el proceso de investigación permitirá determinar las fortalezas o debilidades de cada uno de los sistemas y las interrelaciones entre los diferentes factores estudiados, desde los propios resultados de la modelización hasta las características urbanísticas actuales de los municipios y las posibilidades futuras.

Las posibilidades de abordaje son amplias, variables y multiescala permitiendo:

- Abordar el estudio de la situación normativa actual, por ejemplo en sectores que involucren límites de distintas jurisdicciones.
- Obtener una visión del impacto, en las distintas escalas territoriales – puntual, sectorial, regional, macroregional- de la aplicación de los máximos indicadores en determinada parcela, sector urba-

1 Una curva de nivel es aquella línea que en un mapa une todos los puntos que tienen igualdad de condiciones y de altura



**Figura 3** – Aplicación de indicadores urbanísticos – DL 8912/77 – esquemas originales. **Fuente:** Dirección Provincial de ordenamiento Urbano y Territorial. Año 1980



**Figura 4 - Modelo General de Dinámica de Sistemas Fuente:**  
Elaboración propia

no, municipio o provincia.

- Estudiar la situación actual pudiendo definir aquellos indicadores que podrían pasar a ser variables.
- Estudiar las posibilidades de aplicación de indicadores territoriales, lo que daría como resultado distintos modelos de ciudad.

Todas estas operaciones, han sido realizadas históricamente a partir de operaciones matemáticas específicas y en el mejor de los casos representados mediante maquetas o dibujos tridimensionales.

A partir de la comparación de estos datos, se define el comportamiento de cada zona, dado que cada una de ellas satisface algunas necesidades y carece de otras, para esto la población se traslada

hacia otras zonas y logra de esta forma cubrir sus demandas.

Desde el proyecto se ha considerado para la definición del modelo de ciudad y sus relaciones un modelo general (figura 4) que se describe brevemente, para trabajar en la etapa de prueba sobre el sector considerado prueba piloto que permitirá analizar críticamente las relaciones planteadas. Este Modelo General se ve perturbado por el surgimiento de Variables Inestables, que en particular en este primer momento del proyecto, fueron definidas como las obras y políticas públicas de escala regional, que generan tensiones afectando la escala urbana. En general esta situación tiende

a producir una mayor demanda de transporte y de nuevas localizaciones residenciales multifamiliares, que compiten con la ocupación actual, definida y delimitada por los atributos de la zona y en el marco de lo que permiten los indicadores urbanísticos.

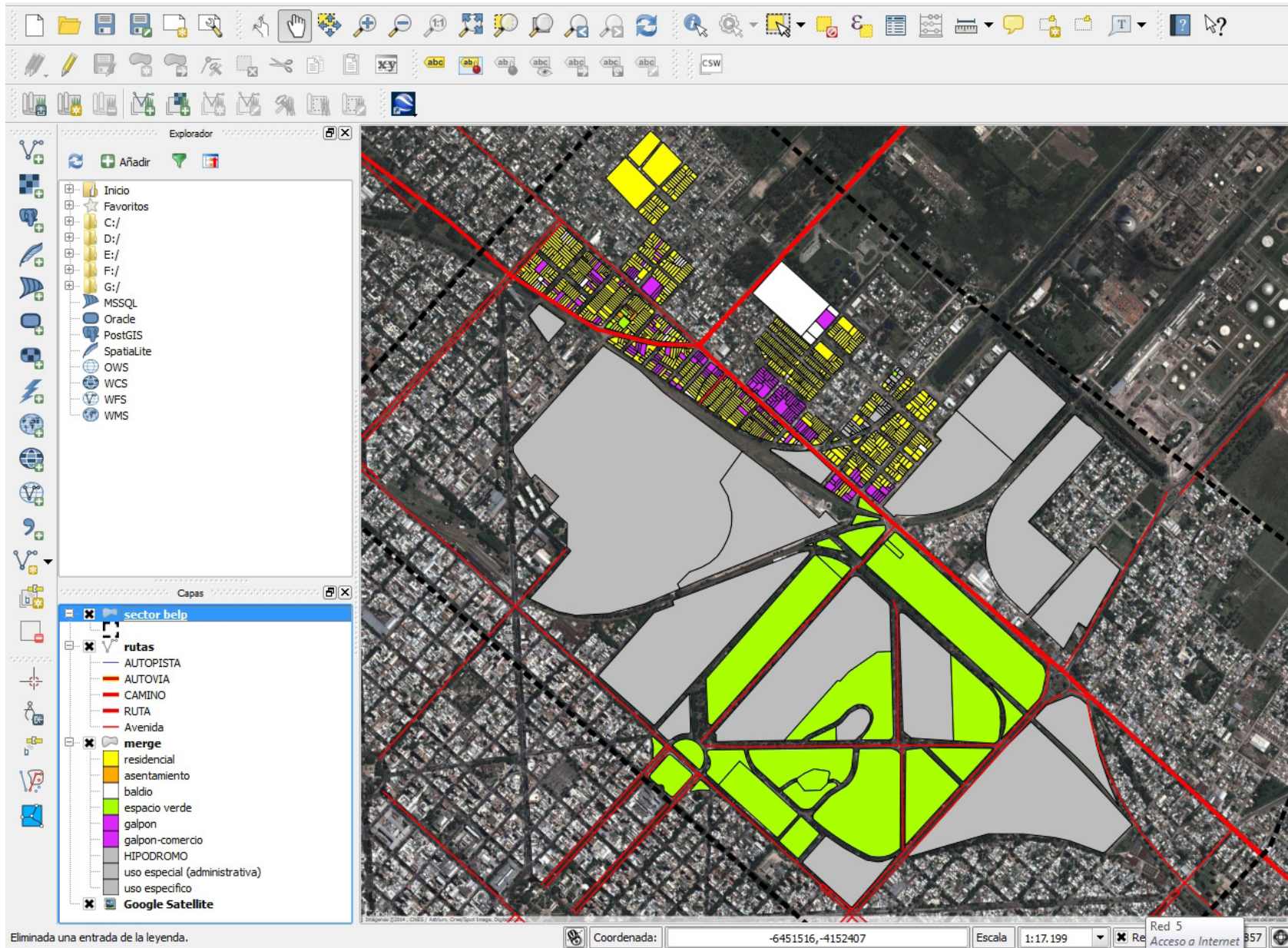
Cada momento de la definición del Modelo, ha sido registrada en un Sistema de Información Geográfica, entendiéndose que ofrece las mayores posibilidades de estudio del territorio, además de posibilitar ajustes en el proceso de prueba del modelo de manera dinámica.

Es importante mencionar, que entre las actividades desarrolladas se programó, diseñó y realizó una práctica de transferencia al grado, a través de modelizaciones con estudiantes del taller de Sistemas de Representación, considerando solamente las variaciones posibles con la base de variables estables aplicadas al territorio en estudio. En junio de 2014, se realizó el relevamiento de información primaria, que consistió en la toma de información por parcela, incluyendo el soporte fotográfico, en el recorte territorial considerado para la prueba piloto. El plan de trabajo contempló un trabajo de fotolectura e interpretación a partir del estudio de la de imágenes satelitales de google earth. La toma de datos en campo, incluyó los siguientes los indicadores urbanísticos que en principio se considerarán para la construcción del Modelo:

Tipo De Uso Del Suelo (residencial unifamiliar y multifamiliar, comercial, administrativo, vacantes, etc.) Extensión de Ocupación del Suelo, Intensidad de Ocupación del Suelo, Alturas de la edificación, retiros de edificación, posteriormente y como trabajo en gabinete se estimó la densidad de población.

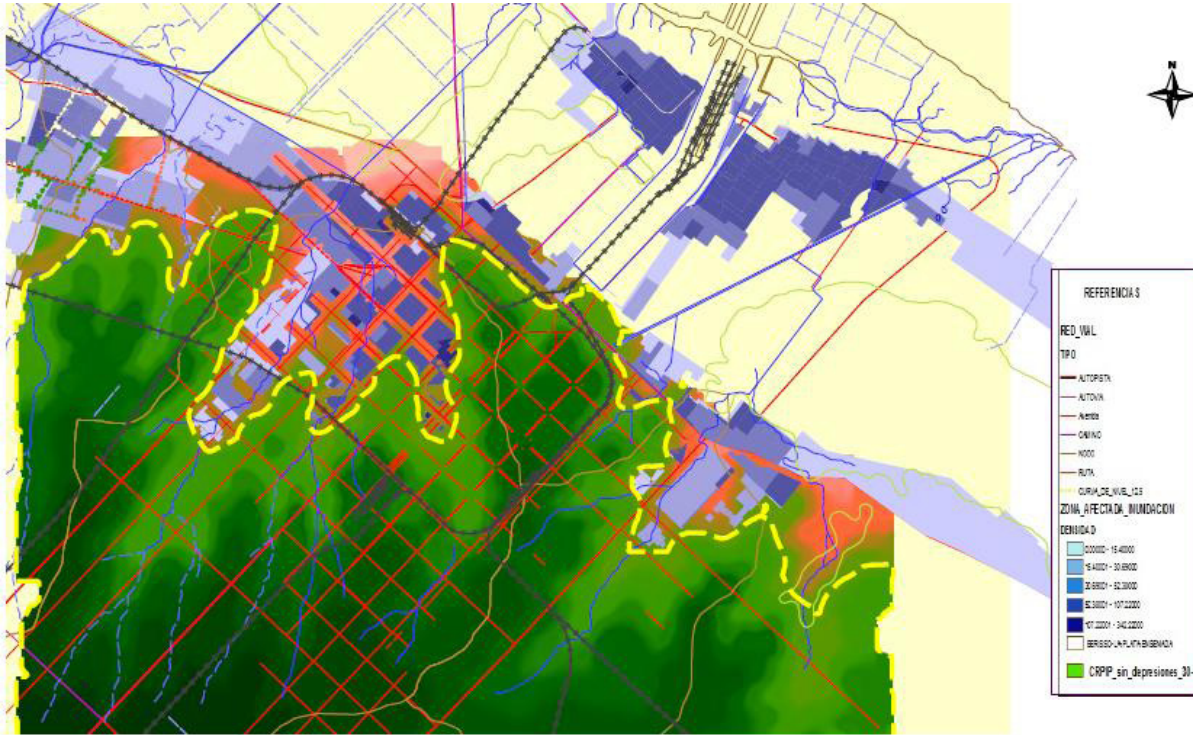
Actualmente el Equipo de investigación se encuentra abocado procesamiento y volcado del relevamiento de información primaria (figura 5)





**Figura 5 -** Relevamiento de datos de la ciudad real, en SIG Fuente: Elaboración propia 2014





## **BIBLIOGRAFIA**

- IZQUIERDO, L., GALÁN, J. et. AL., (2008) "Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas". Empiria. Revista de Metodología de Ciencias Sociales 16. pp. 85-112. Editorial Board
- FORRESTER, JW (1968). Principles of Systems. Cambridge MA: Productivity Press
- MARQUÈS GRAELLS, P. (2008) Las TIC y sus aportaciones a la Sociedad.
- SENGE, P. (1990). The Fifth Discipline. Currency.
- STERMAN, John D. (2000). Business Dynamics. Systems thinking and modeling for a complex world. Cambridge McGraw Hill.
- Legislación
- DECRETO LEY 8912/77. Ley de Uso y Ocupación del Suelo de la Provincia de Buenos Aires. Buenos Aires 1977.
- Dirección Web: <http://sig.gobierno.gba.gov.ar/sig/ideba/>