

## EVALUACIÓN SIMULADA DEL IMPACTO DE UN EMPRENDIMIENTO URBANO.

Alejandro Ambrosini<sup>1</sup>

### RESUMEN

La evaluación del proyecto de un Emprendimiento Urbano en el contexto de la compleja ciudad del Siglo XXI constituye un estudio que excede la planificación normativa y la evaluación estática. La metodología propuesta busca mediante el acoplamiento de tres tipos de modelos: sistémicos, precursores y de simulación, integrar datos y prever los posibles escenarios reflejando el dinamismo de los cambios que se dan durante el ciclo de vida de un emprendimiento urbano. Los fundamentos teóricos reconocen sus raíces en la Teoría General de Sistemas, la Teoría de los Eventos Discretos aplicados a la Arquitectura desde una visión sistémica aplicada a los proyectos. El resultado obtenido de la aplicación de esta metodología, permite la visualización de la evolución de las variables más significativas, por parte de los distintos actores sociales afectados, pudiéndose prever efectos no deseados que se podrían producir y de este modo evitar costosas modificaciones o malfuncionamientos durante el ciclo de vida de un Emprendimiento Urbano. La metodología propuesta se aplicó a dos casos de estudio que permitieron detectar anomalías y la aparición de sistemas contra intuitivos no detectados inicialmente.

### PALABRAS CLAVE

Modelos de Simulación; Emprendimiento Urbano; Impacto

Fecha de Recepción: 20 de agosto 2018

## SIMULATED EVALUATION OF THE IMPACT OF AN URBAN REAL ESTATE DEVELOPMENT.

### ABSTRACT

*The evaluation of the project of an Urban Real Estate development in the context of the complex city of the 21st century constitutes a study that exceeds the normative planning and the static evaluation. The proposed methodology seeks through the coupling of three types of models: systemic, precursor and simulation, integrate data and forecast possible scenarios reflecting the dynamism of the changes that occur during the life-cycle of an urban real estate project. The theoretical foundations recognize their roots in the General Theory of Systems, the Theory of Discrete Events applied to Architecture, recognizing a systemic vision applied to projects. The result obtained from the application of this methodology allows the visualization of the evolution of the most significant variables, by the different social actors affected, being able to foresee undesired effects that could be caused and in this way avoid costly modifications or malfunctions during the life cycle of an Urban Real Estate Entrepreneurship. The proposed methodology was applied to two cases of study that allowed detecting anomalies and the appearance of counterintuitive systems not detected initially.*

### KEYWORDS:

Simulation Models; Urban Real Estate Development; Impact

Fecha de Aceptación: 4 de octubre 2018

1. Magister en Gestión y Desarrollo Habitacional, FAUD, UNC. Ing. Civil. UNC. Analista en computación, Profesor adjunto encargado de la cátedra de Modelos de Simulación, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales UNC; docente investigador categorizado III. Investigador proyecto SECYT UNC 2006 al presente proy. Dra. Cecilia Marengo 05/A244. Actualmente, es doctorando de la carrera doctorado en arquitectura, DOCTA, FAUD.



## Introducción

La práctica habitual del urbanismo está centrada en los procesos de planificación y en la implementación de lo planificado. Los atributos de la planificación (la escala geográfica, la escala temporal, los actores sociales, las organizaciones, los técnicos, el medio ambiente, la cultura) influyen y generan las decisiones que guían la gestión de un territorio. Sin embargo, siguiendo las ideas de Friedmann F. (2011),

“la politización de la planificación y la confianza ciega en la auto organización que generan los mercados juntamente con la ausencia de un consenso común, en un ambiente de resistencia civil reivindicativa, generan que las decisiones trascendentales se produzcan, por efecto de las presiones ejercidas sobre las instituciones, en un clima de sometimiento de las mismas a intereses que no son el interés común ni el interés general” (pág. 365)

El marco actual caracterizado por la incertidumbre, se debe a la mutabilidad de las circunstancias, producido por diversos factores tales como: el crecimiento demográfico, el envejecimiento poblacional, la presión de la urbanización, el cambio tecnológico, los cambios culturales, el cambio climático, dificultan la visualización de la evolución de un territorio, especialmente de una ciudad, quedando oculto tras la complejidad, y añadiendo una gran incertidumbre a la planificación.

La planificación urbana queda entonces rápidamente obsoleta ante la dinámica de la realidad sobre la cual se aplica la planificación. La formulación ordenada y justificada de normas y, en general legislación urbanística, que son una forma de plasmar y hacer pública la ordenación, puede quedar en un breve período de tiempo injustificada y desordenada al cambiar las circunstancias. Un caso concreto se observó en el cambio de la rentabilidad producido por la depreciación de la moneda en la circunstancia de la crisis de México llamada “efecto Tequila”<sup>2</sup> durante 1994/95, donde quedó claro que un problema de mercado remoto y global produjo un efecto local concreto, cambiando radicalmente el escenario de planificación urbana de esos años, al desfinanciarse tanto la obra pública como la privada. A este efecto, siguieron muchas otras crisis que volvieron a dañar o dejar fuera de curso a las distintas planificaciones urbanas especialmente en lo que se refiere a las infraestructuras y su financiación.

Ante un dinamismo de la realidad que dificulta el ordenamiento persiste la necesidad de preparar y llevar a la realidad una ordenación que dé solución a los problemas. Sin embargo, la determinación de los problemas constituye un emergente de la realidad que los sistemas deben reflejar para poder determinar cuál es el “Plano de Análisis” o enfoque desde el cual se describe el sistema. Desde esta perspectiva, la observación y estudio de la realidad urbana debe estar impregnada de un realismo que impida un juicio “a priori” o de un filtro ideológico teniendo como premisa la ética el bien común y el interés general.

El surgimiento de las nuevas tecnologías, especialmente, los teléfonos celulares vinculados a bases de datos y redes sociales están generando constantemente un considerable volumen de datos no mediados por humanos. Estos datos son obtenidos directamente por los sensores de los propios celulares y guardados en forma permanente en “nubes de datos” (grupos de servidores de almacenamiento distribuido), físicamente remotos, acumulándose en grandes cúmulos de datos (“Big Data”) que son utilizados por distintas empresas. El valor de la información proviene de su obtención desde múltiples sensores independientes, ubicados en los celulares de los habitantes que se encuentran en una determinada área geográfica, y que no se ve afectado por las subjetividades, ni los errores de selección y memorización normales de un operador humano.

Esta situación afectará especialmente a los modelos sistémicos que se tengan de una ciudad al producirse un cambio de sentido de la dirección de la teoría de sistemas (Batty, 2013). Usualmente para el diseño de un sistema se partía desde lo general hacia lo particular en un movimiento deductivo (“top – down”<sup>3</sup>) estando afectada necesariamente por la subjetividad del diseñador del sistema. Las nuevas tecnologías de “Big Data” permiten

<sup>2</sup> Denominada así por Foreign Policy Magazine (2015)

<sup>3</sup> De arriba abajo, de lo general a lo particular

invertir la dirección de la información desde los distintos sensores hacia la generación de la información en un flujo de abajo hacia arriba (“bottom up”<sup>4</sup>) en una dirección inductiva que trata los sistemas como abiertos, basados más en la resultante de la evolución de los procesos que en el gran diseño (Portugali, *et. al.*, 2000).

Este enfoque sistémico va en la línea de pensamiento de Patrick Geddes en su libro “Cities in Evolution” -Ciudades en Evolución- (1946: 13) decía “...nuestras ciudades deben ser revisadas individualmente, comparadas científicamente”. La evolución de las ciencias produjo, hace 55 años el surgimiento de la Teoría General de Sistemas, proveniente del campo de la biología que comenzó a aplicarse en las ciencias sociales, como es el caso de la sociología, el gerenciamiento, la planificación urbana y la informática. El enfoque sistémico de la ciudad permitió describir la evolución urbana como resultante de los patrones emergentes de los subsistemas que componen lo social- urbano al estudiar las ciudades como interacciones entre subsistemas.

El enfoque sistémico incluye dos características importantes: la primera, es la dinámica del sistema que contiene el tiempo visualizando la evolución del sistema y la segunda, es la interacción entre los subsistemas componentes. El análisis detallado de las interacciones en el enfoque sistémico resalta la existencia de una red de relaciones físicas y de información en la ciudad.

La idea principal que desarrolló Jay Forrester en su libro “Urban Dynamics” (1969) es que un sistema que representa una ciudad es isomorfo conceptualmente con la ciudad representada, implicando también que la dinámica del sistema imite el comportamiento de la ciudad y por esta razón se puede determinar sus posibles evoluciones. Por el principio de recursividad los sistemas urbanos están compuestos por partes que son, a su vez, sistemas. Podemos entender que un emprendimiento urbano, como parte de la trama urbana, interactúa con el resto del sistema y es posible describir y cuantificar sus interrelaciones incluso con sistemas de mayor jerarquía.

Esta propiedad de los sistemas permite el acoplamiento de interrelaciones en distintas escalas, lo que en otro tipo de enfoques queda limitado por la escala geográfica del análisis. Como ejemplo, se puede describir y cuantificar cuál sería la incidencia de la creación de un determinado emprendimiento urbano sobre tránsito de la ciudad en el cual estaría implantado antes de ser construido. De esta forma se puede demostrar la incidencia de un sistema de escala menor (un emprendimiento) sobre uno de escala mayor (una ciudad) continente del primero. De esta manera, surge la capacidad de visualizar por parte de los decisores y actores sociales, el impacto que produciría un emprendimiento urbano sobre su medio independientemente de su escala.

La crítica a este tipo de metodologías basadas en la Teoría General de los Sistemas surgió con Jane Jacobs en su libro “The Death and Life of Great American Cities”<sup>5</sup> (1961) criticaba a los planificadores urbanos que asumían modelos esquemáticos ideales que, según ella, condujeron a la destrucción del espacio público. Sin embargo, en la actualidad con las nuevas herramientas informáticas, tanto los métodos de planificación esquemáticos ideales, como métodos innovadores e interdisciplinarios, tienen posibilidad de ser formalizados e incluidos en los modelos de simulación reflejando tanto las variables objetivas (como las tasaciones o tránsito medio diario de una avenida), como las variables subjetivas (como el "capital social", los "usos primarios mixtos", entre otras) basadas en el comportamiento de una comunidad.

En este contexto, se plantea el desafío de conciliar la incorporación, mediante una metodología adecuada, de distintos tipos de variables, indicadores e índices a un modelo de simulación para obtener los escenarios posibles de la evolución de un emprendimiento urbano proyectado y su impacto sobre la ciudad.

La conciliación de la incorporación de variables sociales a modelos de simulación informáticos es actualmente objeto de estudio por grupos de investigadores del Massachusetts Institute of Technology (MIT) como los pertenecientes al “Senseable City Lab.” del arquitecto Carlo Ratti que propone una arquitectura desde la perspectiva de los grandes volúmenes de datos (“Big Data”) (Ratti & Claudel, 2016). A diferencia de lo propuesto por Portugali (2000), ya no se trata de sensores que relevan información, por ejemplo, del tránsito de una ciudad, sino de grandes cúmulos de datos del comportamiento humano como proponen Ranjan, Griffiths y Whitehouse

<sup>4</sup> De abajo arriba, de lo particular a lo general

<sup>5</sup> Muerte y vida de las grandes ciudades americanas.

(2017), a partir del relevamiento de las conductas humanas desde lo psicológico, lo emotivo y lo funcional utilizando sensores y permisos residentes en los celulares y en “internet de las cosas” (IoT – weareables)<sup>6</sup>.

Los modelos de simulación basados en Big Data, antes mencionados, utilizan grandes volúmenes de datos, así como una gran capacidad computacional que generan predicciones, con un notable grado de confianza, sin embargo, no son, en general, accesibles y poseen una complejidad conceptual que hace que su utilización sea restringida a los grupos de investigación que están dotados de grandes recursos económicos y técnicos.

La falta de disponibilidad y la utilización de datos correspondientes a las variables medidas en un EU, muchas veces afecta el grado de confiabilidad estadística, siendo esta una circunstancia frecuente, que disminuye la posibilidad de generar modelos de simulación confiables y predictivos. Sin embargo, es posible revertir esta situación mediante modelos de simulación que utilicen rangos de variación complementariamente a los valores estadísticos centrales de cada variable. El tratamiento metodológico que se propone genera, utilizando una metodología simplificada (ágil), modelos de simulación que miden el impacto de un EU en un área. El objetivo de este artículo es precisamente presentar una metodología simplificada para la evaluación del impacto de un EU que permita prever el comportamiento de este y del área urbana circundante bajo distintos escenarios utilizando la información disponible.

### **Evaluación Simulada de un Emprendimiento Urbano (EU). Selección de los parámetros a evaluar (¿Qué evaluar? ¿Cómo evaluar?)**

La generación de un modelo de simulación que permita evaluar el impacto producido por un emprendimiento urbano en la ciudad, implica la selección de los parámetros del sistema que serán cuantificados. La problemática urbana es compleja y el nivel de complejidad exige un cierto reduccionismo que posibilite el comportamiento descriptivo y predictivo de un Modelo Sistémico de simulación basado en el proyecto de un emprendimiento urbano concreto.

La reducción debe basarse en criterios orientados a la obtención de resultados que sirvan al objetivo del diseñador del modelo y a la visualización, por parte de los actores sociales afectados, de la evolución de los parámetros que se buscan predecir.

Los tipos de criterios usados para la selección son: criterios clásicos, que son aquellos criterios que permiten comparar con los modelos estándares de emprendimientos urbanos (dinámica poblacional de la zona de implementación del proyecto urbano); criterios basados en la problemática concreta de la región, ciudad, barrio donde se implantará el emprendimiento (generación de efluentes cloacales en una ciudad que encuentra su red cloacal colapsada, por ejemplo); criterios de moda social que son aquellos criterios que una comunidad científico cultural considera importantes (la perspectiva de género); y la mixtura de los criterios anteriores.

La Evaluación Simulada de un Emprendimiento Urbano es una valoración mediante un modelo de simulación informático, (basado en la Teoría General de Sistemas y programado en un lenguaje específico de simulación), mediante la integración del software con un conjunto dinámico de datos obtenidos de la parametrización de variables, tanto cualitativas como cuantitativas (objetivas y subjetivas). Estas son seleccionadas con un criterio basado en problemáticas emergentes, procedentes del proyecto del emprendimiento urbano y su medio circundante.

Esta metodología permite la evaluación anticipada, antes de la ejecución, de un proyecto de un Emprendimiento Urbano en particular, para estimar cuantitativamente las consecuencias que produciría un determinado diseño *arquitectónico y urbanístico* en su zona de influencia y en el medio circundante, mostrando la evolución de los parámetros en un período de tiempo. Como consecuencia directa de la obtención de valores de los parámetros estimados, surgirá la información sobre los escenarios posibles, donde se podrá distinguir el comportamiento de variables cuantitativas tales como: el nivel de consumo de agua producido por el emprendimiento urbano en su estado estacionario, el nivel de pérdida de identidad en la zona de influencia de un emprendimiento urbano, entre otras posibles. El modelo de simulación permite incorporar el contexto urbano, regional, nacional e internacional en el que se encuentra implantado el emprendimiento urbano evaluado, establecer y ponderar la influencia del contexto, (o medio del sistema), sobre la dinámica del mismo.

Una de las principales aspiraciones de la metodología de simulación consiste en la visualización por parte de los distintos actores sociales, (opositores o partidarios de un proyecto), de las consecuencias probables que un proyecto de un emprendimiento urbano a menudo produce. Posibilita una forma verificable, auditable y abierta a modificaciones, transparentando y acotando las discusiones. La metodología de la evaluación simulada aspira a

<sup>6</sup> IoT: Internet of things internet de las cosas, Wearables: vestimenta y objetos personales vinculados a internet.

que la toma de decisiones por parte de las autoridades contaría con una herramienta de pronóstico que posibilitaría una discusión, dentro de carriles inclusivos de los interesados y afectados directos e indirectos de un emprendimiento urbano.

En un horizonte de más largo alcance, contando con el entrenamiento y evolución de los modelos de simulación urbanos, se aspira a que el acoplamiento sistémico de distintos modelos de simulación correspondientes a diversos emprendimientos urbanos evalúe, o al menos contribuya, a evaluar las políticas públicas, estudiando y anticipándolas consecuencias de su aplicación.

## Fundamentos Teóricos de la herramienta

La evaluación simulada de un emprendimiento urbano (EU) se basa en tres ejes principales: la Teoría General de Sistemas, base para generar un Modelo Sistémico; los Modelos Precursores, basados en la Dinámica de Sistemas y la Teoría de Colas, y los Modelos de Simulación que permiten la valoración del proyecto de un emprendimiento urbano desde la óptica de la factibilidad y sostenibilidad durante su período inicial y su estado estacionario.

### El Modelo Sistémico

La Teoría General de Sistemas (TGS), iniciada por Von Bertalanffy (Bertalanffy, Hofkirchner, & Rousseau, 1954) establece una forma de modelización dinámica de la realidad que permite generar un “Modelo Sistémico” cuyo comportamiento describe e imita el comportamiento de una realidad específica desde un Plano de Análisis o punto de vista.

El Modelo Sistémico es formal y está compuesto por distintos elementos, siendo el primero el enunciado descriptivo que representa una realidad “R”, en nuestro caso, un Emprendimiento Urbano. El segundo elemento, consiste en el Plano de Análisis ( $pl_i$ ) que es un punto de vista determinado en base a la problemática emergente de un EU.

La problemática consiste en un conjunto de tipos de efectos supuestos que una determinada realidad “R” podría generar en el tiempo, produciendo consecuencias relevantes en su entorno inmediato y que el diseñador ha decidido como relevantes.

La tipología de los efectos que se prevén por la ejecución en el proyecto de un Emprendimiento Urbano, fijan los Planos de Análisis o enfoques que tendrá el Modelo Sistémico. Los Planos de Análisis de un Modelo Sistémico estarán acotados y podrán analizarse en forma aislada, uno por uno, o de manera combinada y variarán en cada caso particular. A modo de ejemplo, el caso sería considerar la incidencia de un emprendimiento urbano en una zona donde existen problemas en la red de efluentes cloacales y de tránsito, siendo estas problemáticas muy sensibles a cualquier densificación producida por un nuevo emprendimiento urbano. Sin embargo, ambas problemáticas no tienen relación directa entre ellas y generan dos Planos de Análisis disjuntos por lo tanto dan origen a dos sistemas distintos de la misma realidad R, es decir, del emprendimiento urbano.

Otro caso posible aplicado a la misma realidad “R”, pero con un Plano de Análisis compuesto por la concurrencia de dos Planos de Análisis diferentes podría, por ejemplo, relacionar el *nivel de ingresos per cápita de los compradores* y la *evolución comercial de la zona* considerando ambos conjuntamente, dando origen a un sistema con dos Planos de Análisis incluidos en un único Plano de Análisis compuesto para el mismo emprendimiento urbano. De este modo queda convenido que, dada la realidad de un proyecto, se pueden fijar tantos modelos sistémicos como se requiera para lograr el objetivo de quien lo diseña.

El Objetivo del Sistema ( $O_{s,i}$ ) consiste “en el fin o la meta que persigue el sistema desde el Plano de Análisis considerado” (Bertoglio, 1982:46) siendo este parámetro del Modelo Sistémico fundamental ya que da sentido al sistema estudiado también llamado sistema “foco”. Si el objetivo del sistema no tiene precisión conceptual, con referencia a la realidad “R” y al Plano de Análisis, el Modelo Sistémico no será ni isomorfo<sup>7</sup> ni isodinámico<sup>8</sup> respecto de la realidad analizada “R” (Emprendimiento Urbano), es decir, no tendrá similitudes ni de aspecto ni de comportamiento en el período de tiempo considerado desde el Plano de Análisis que el diseñador del sistema eligió, fracasando de este modo la metodología.

La visión sistémica incluye en el modelo, la determinación de otros parámetros como es el caso de objetivo del diseñador ( $O_d$ ), que en este caso puede tratarse de distintos actores: el urbanista, el desarrollista, el residente de la zona afectada, el técnico que desarrolla el Modelo Sistémico. El desarrollo de uno de estos modelos incorpora distintos subsistemas según sea el interés del diseñador, en la metodología propuesta no se descartan estos subsistemas, sino que se estudian conjuntamente al determinar las incidencias y adyacencias que pueden existir entre los diferentes subsistemas.

<sup>7</sup> Isomorfo: igual forma o topología con que la realidad desde el Plano de Análisis considerado

<sup>8</sup> Isodinámico: igual comportamiento dinámico que la realidad desde el Plano de Análisis considerado.

El Objetivo del Diseñador es un parámetro del Modelo Sistémico que está constituido por un conjunto de objetivos jerárquicamente organizado desde el objetivo general hasta llegar a objetivos particulares, y está claramente diferenciado del objetivo del sistema ( $O_s$ ).

El Medio o Ambiente del Modelo Sistémico describe el modo o manera en que el Modelo Sistémico se implanta en su Meta sistema. En el caso de Emprendimientos Urbanos no sólo está constituido por la proximidad geográfica sino por la proximidad conceptual, es decir, aquello que afecta “en forma directa” al emprendimiento estudiado independientemente de su proximidad física. La naturaleza de los sistemas del medio que afectan al Modelo Sistémico que es representado por el sistema “foco” que se estudia, es muy diversa, siendo algunos sistemas de naturaleza física (ej.: red de agua) y otros de naturaleza ideal (ej.: Ordenanza Municipal). Sin embargo, a pesar de la distinta naturaleza que va desde lo concreto hasta lo abstracto es posible describir, cuantificar y cualificar la interrelación entre los subsistemas y los sistemas ubicados en el medio, determinando la influencia entre entidades de muy diferentes esencias conservando el encuadre del Plano de Análisis.

La forma o topología de las relaciones que tiene la realidad “R” desde un Plano de Análisis refleja la principal propiedad de un Modelo Sistémico foco que es la Sinergia. Basándose en la Matemática Discreta<sup>9</sup> es posible plantear un grafo<sup>10</sup> traducible en dos tipos de matrices: de adyacencia y de incidencia que tienen una relación biunívoca con el grafo descriptivo de la Sinergia del Sistema foco. Cada elemento de las matrices describe una relación directa posible de existir entre un subsistema y el Medio del Sistema, para el caso de estudio, entre el Emprendimiento Urbano y su Medio Directo<sup>11</sup>.

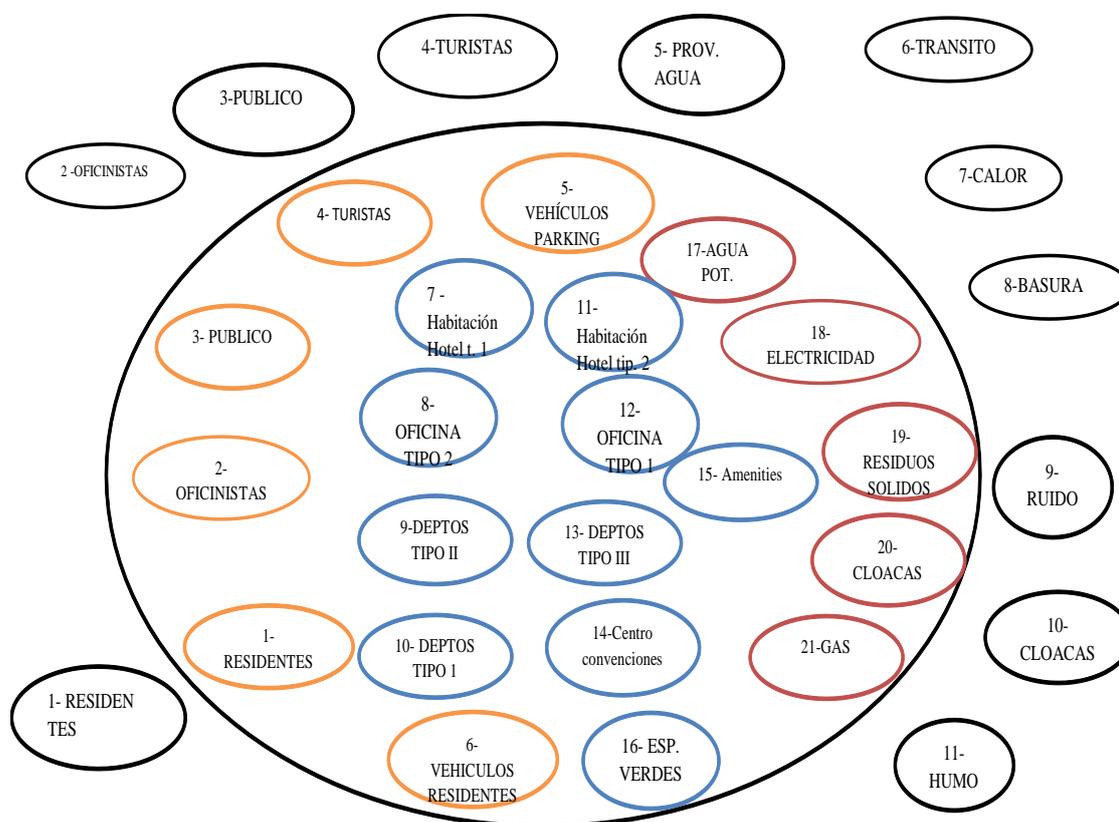


Imagen 1: Grafo de un Modelo sistémico. Fuente: elaboración propia.

<sup>9</sup> Matemática Discreta: En oposición a las matemáticas continuas, que se encargan del estudio de conceptos como la continuidad y el cambio continuo, las matemáticas discretas estudian estructuras cuyos elementos pueden contarse uno por uno separadamente. Es decir, los procesos en matemáticas discretas son contables, como, por ejemplo, los números enteros, grafos y sentencias de lógica.

<sup>10</sup> Grafo: es un gráfico o esquema sujeto a reglas que posee propiedades matemáticas.

<sup>11</sup> Medio Directo: Se refiere a todo aquello que lo circunda geográficamente o está en contacto directo, aunque no tenga proximidad geográfica ej.: un servidor de las cámaras de seguridad de un edificio que puede estar en otro continente, pero guardar la información de seguridad accesible en forma permanente.

En el grafo sistémico (imagen1) cada elemento interno es un subsistema y cada elemento externo es un sistema del medio ambiente sistémico. Es posible vincular cada elemento del grafo consigo mismo y con los otros elementos mediante un vector que tiene tres valores uno de origen, otro de destino y otro de existencia (“0” no existe y “1” si existe), por ejemplo el elemento “cloacas-20” (ver imagen 1) interno corresponde a los efluentes producidos en el EU, se vincula con el elemento “Cloacas -10” externo que corresponde a la red cloacal externa , y ese vínculo existe por lo tanto vale “1” quedando entonces el vector para el ejemplo como { origen 20 interno, destino 10 externo, valor de existencia: 1 } ó simplemente {20,10,1} extrapolarlo a todos los elementos se obtiene una conjunto de vectores que se puede agrupar en dos matrices una de relaciones internas “rij” donde se relacionan los elementos entre ellos, y otra de relaciones externas “ekj” donde se relacionan los elementos internos con los externos. Estas dos matrices son únicas para cada sistema y describen la sinergia del sistema que en este caso es un EU. A continuación, se presentan dos matrices, a modo de ejemplo<sup>12</sup>, que relacionan un sistema que tiene tres subsistemas (internos) y tres sistemas externos donde se han colocado “0” y “1” según el vínculo exista o no.

Tabla 1 y 2: Ejemplo de Matrices descriptoras de la Sinergia “Si” para un sistema de 3 sistemas externos y 3 subsistemas internos aplicables a un EU

Elementos Internos	1	2	3	Total filas	Observaciones
1	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	
2	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	Sistema más originador
3	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	
Total columnas	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>		
Observaciones	Subsistema más receptor	Subsistema menos receptor			

Matriz de relaciones directas para los elementos internos “rij”. Fuente: elaboración propia.

Elementos internos	1 interno	2 interno	3 interno	Totales	Observaciones
Elementos externos					
1 externo	1	1	1	3	Elemento Externo más relacionado
2 externo	1	1	0	2	
3 externo	1	0	0	1	Elemento Externo menos relacionado
Totales	3	3	1		
Observaciones		Elemento Interno más relacionado	Elemento Interno menos relacionado		

Matriz “ekj” de relaciones directas entre los elementos internos del sistema y elementos del medio cercano (Me).

Conjuntamente al grafo y las matrices del Modelo Sistémico se resume en el siguiente conjunto los parámetros del sistema anteriormente explicados:

$$S_i = \{R, p_i, O_s, O_d, R_d, M_d, M_{s_i}, S_{i_i}, T, dT, E(t)_i, R+, R-, Inputs^{13}, Outputs^{14}\}$$

Siendo:

<sup>12</sup> Las matrices no se corresponden con el ejemplo de la imagen “1” por razones de economía de texto

<sup>13</sup> Ingresos, entradas en inglés, puede ser material o inmaterial ej.: información

<sup>14</sup> Salidas o egresos en inglés, ídem inputs.

“ $S_i$ ” el sistema denominado “foco” desde el plano de análisis “ $i$ ”;  $R$ : la realidad analizada, en nuestro caso un E.U.(Emprendimiento Urbano);  $p_i$  el plano de análisis obtenido desde la problemática del EU ;  $O_s$  :Objetivo del sistema desde el plano de análisis ;  $O_d$ ,  $R_d$ ,  $M_d$ , son el objetivo del diseñador , los recursos del diseñador y la motivación del diseñador respectivamente;  $M_s$  es el Medio del sistema desde el plano de análisis “ $i$ ”;  $Sin_i$  : Sinergia del sistema desde el plano de análisis “ $i$ ”;  $T$ : se trata de la fecha del sistema;  $dT$ : es el intervalo de tiempo mínimo más probable en el que el sistema  $S_i$  cambia,  $E(t)$ : es la entropía del sistema desde el plano de análisis “ $i$ ”;  $R+$ : realimentación positiva del sistema ;  $R-$ : realimentación negativa del sistema; Inputs: flujos o relaciones ingresantes al sistema; Outputs: flujos o relaciones salientes del sistema.

Se considera que habiendo definido el conjunto “ $S_i$ ”, el Grafo y las matrices, queda bien determinado el Modelo Sistémico de un Emprendimiento Urbano. De este modo, es posible pasar a la siguiente etapa que consiste en la construcción del Modelo Precursor. Este estará guiado por el Modelo Sistémico con el objetivo final de confeccionar un Modelo de Simulación congruente (que satisfaga las condiciones de isomorfismo e Isodinamismo con realidad del EU)

### El Modelo Precursor

Se refiere al modelo de interfaz que relaciona el modelo conceptual con el modelo de simulación permitiendo la relación bidireccional, (ida y vuelta) entre ambos tipos de modelos aplicados al mismo Emprendimiento Urbano. El modelo precursor surge como intermediario, que posibilita conectar el enfoque sistémico con el objeto informático de simulación, al fijar los requerimientos del Modelo Sistémico en el modelo de simulación. Para poder conectar el sistema con el objeto informático se fijan reglas de transformación que, según sea la naturaleza de la problemática analizada, indican que objetos informáticos se deben utilizar y los parámetros de borde de cada objeto informático, es decir los “inputs” y “outputs” que corresponden.

La naturaleza de las realidades a simular que se refleja en el Modelo Sistémico fija el tipo de simulación que será necesario utilizar. Se observa que en un emprendimiento urbano es posible que coexistan distintos tipos de fenómenos, es decir, existen modelos de simulación de diferentes tipos según sea la naturaleza del fenómeno que se desea simular y la escala temporal del mismo. La incidencia del tiempo en un sistema genera la dinámica del sistema que indica la “tasa” o “ratio” de cambio de este. La dinámica de un sistema puede corresponder a un comportamiento de “*eventos discretos*” con procesos que pueden comenzar y terminar varias veces durante el período del ciclo de vida de un EU condicionados por los recursos cuantificables por números enteros, es decir que se pueden contar, siendo estos últimos condicionantes necesarios para que un proceso comience.

Por otra parte, es posible también que la dinámica de sistemas coincida con un comportamiento de tipo “*continuo*” donde se observa que gran parte de los recursos e información que el sistema posee están constituidos por “flujos” o caudales. Este tipo de modelos fue generado por J. W. Forrester y aplicado por Hannon (2001) y por Aracil (2007). Es frecuente encontrar un comportamiento híbrido que contiene en un mismo sistema: subsistemas del tipo “eventos discretos” así como otros subsistemas correspondientes a comportamiento “continuo”, coexistiendo en un mismo espacio conceptual. La construcción de un Modelo de Simulación es guiada por el Modelo Sistémico mediante la intermediación del Modelo Precursor que actúa de interfaz. El Modelo Sistémico es absolutamente conceptual y vinculado a la realidad de un emprendimiento urbano, mientras que el Modelo Precursor actúa como traductor del Modelo Sistémico al Modelo (informático) de Simulación, y una vez establecida la naturaleza de los fenómenos se aplican reglas de transformación lógicas según sea “discreto” o “continuo”.

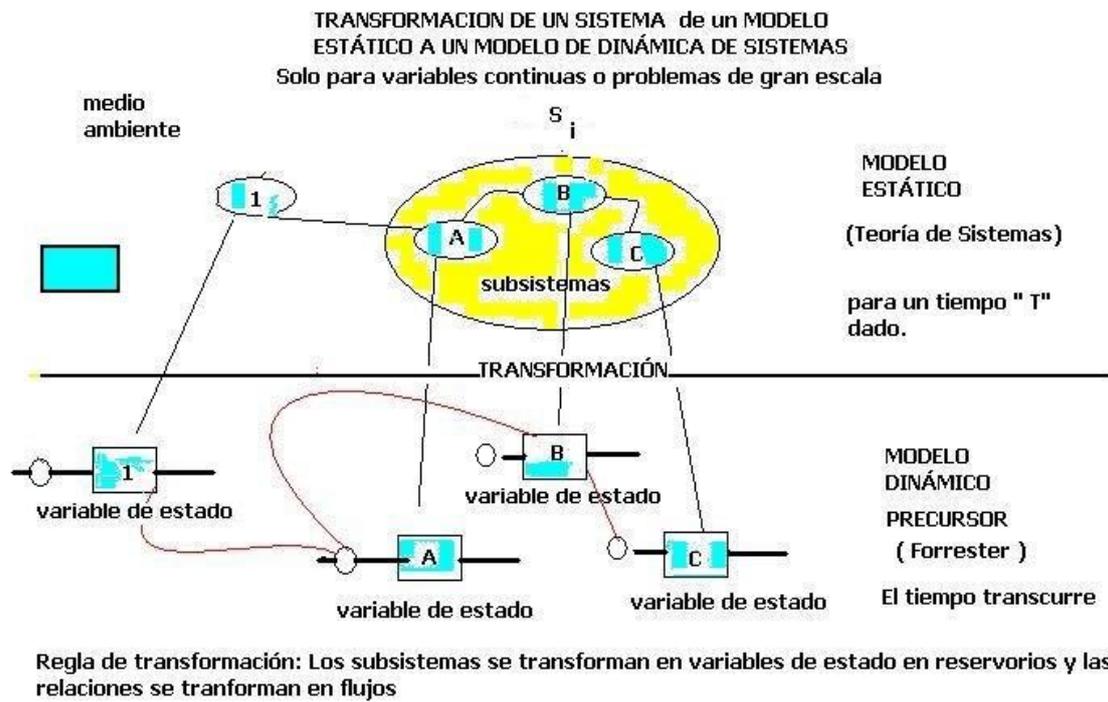


Imagen 1 Ejemplo de transformación de Modelo Sistémico a precursor. Fuente: Elaboración propia (2013)

El modelo precursor obtenido mediante las “transformaciones”, guiadas desde el modelo sistémico, posee menor nivel de abstracción, más próximos a la naturaleza de la realidad “R” (Emprendimiento Urbano) que se pretende modelizar y simular, que en nuestro caso es un emprendimiento urbano desde un plano de análisis (o problemática) dado. El Modelo Sistémico de un emprendimiento urbano indicará la naturaleza de los procesos en lo referente a si estos son “eventos discretos” o pertenecen al grupo denominado de “dinámica de sistemas” generando un modelo precursor conforme a los objetivos del diseñador del sistema por ejemplo un modelo de eventos discretos que se traduce en procesos y colas, tal como se observa en la imagen N°3:

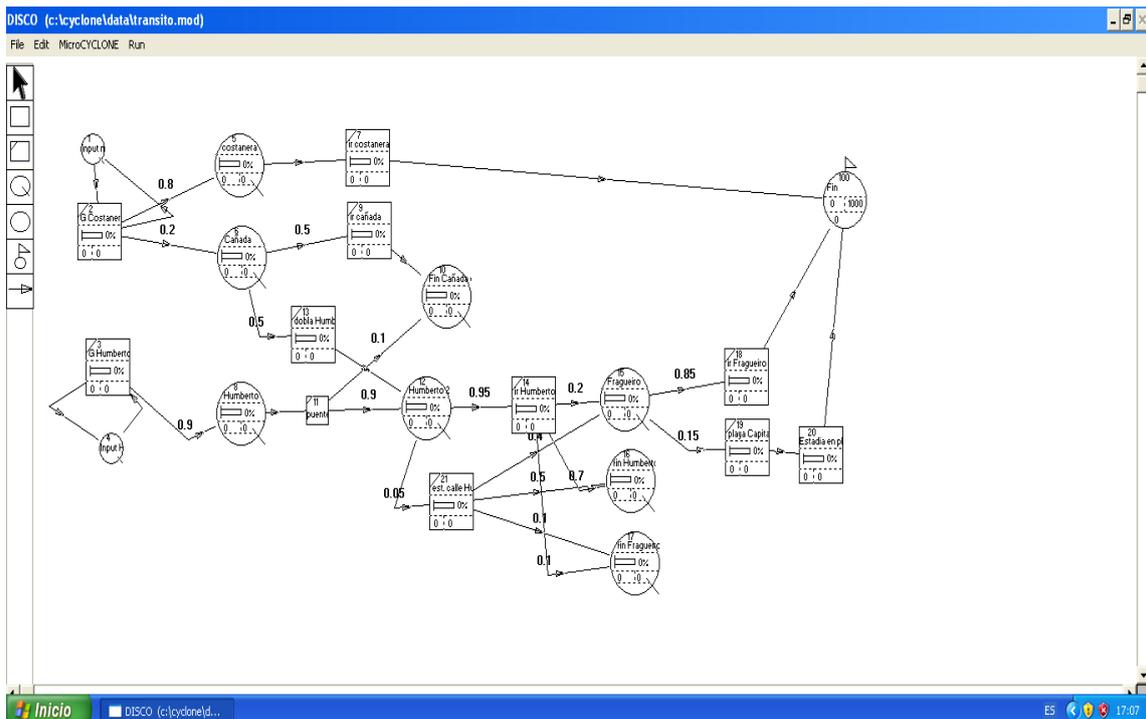


Imagen 2 - Ejemplo de Modelo Precursor de Eventos Discretos de Procesos y Colas. Fuente: Elaboración propia.

En otro caso, si el Modelo Sistémico correspondiente a un Emprendimiento Urbano indicara la necesidad de un Modelos Precursor correspondiente a la tipología de “Dinámica de Sistemas” un ejemplo posible se vería de este modo:

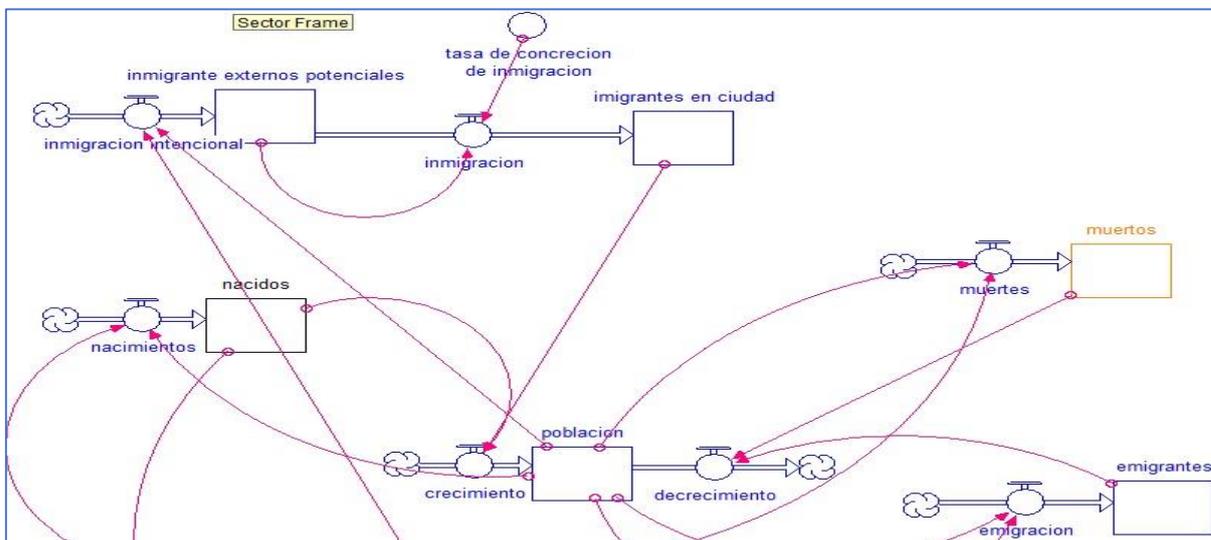


Imagen 3- Modelo Precursor caso Continuo - Dinámica de Sistemas. Fuente: Elaboración propia (2013)

Los modelos precursores tienen propiedades del Modelos Sistémico y del Modelo de Simulación, cuando se genera un Modelo Precursor es necesario ajustar nuevamente el Modelo Sistémico ya que aparecen subsistemas que no eran visibles inicialmente por las interacciones complejas. El mismo caso se observa cuando un modelo de simulación evidencia un patrón emergente de comportamiento, luego de realizar los experimentos de simulación, el modelo precursor permite que se refleje en el Modelo Sistémico una topología emergente que no se evidenciaba al momento de la construcción inicial del modelo de simulación. Esta situación es frecuente en razón de la complejidad de los emprendimientos urbanos se dan comportamientos contra intuitivos surgidos de las corridas experimentales que por carácter transitivo de la metodología producen el surgimiento de elementos en los modelos precursores que no pudieron ser incluidos de entrada, los que a su vez inducen la aparición de subsistemas en los modelos.

Un caso interesante surgió en trabajos anteriores (Ambrosini, 2013) con las corridas del modelo de simulación sobre el emprendimiento urbano “Capitalinas”, donde el consumo y reservas de agua presentaba una anomalía sobre el final de período constructivo de la obra pensándose inicialmente que se trataba de un error. Sin embargo, investigando más en profundidad los resultados, se pudo determinar un emergente surgido de la existencia de un subsistema que consumía agua en abundancia pero que no había sido tenido en cuenta en el Modelo Sistémico, tratándose de las cuadrillas de obreros que desarrollaban procesos constructivos mientras el complejo edilicio estaba siendo habitado y ocupado. La coexistencia de procesos constructivos con el funcionamiento de oficinas y el estacionamiento no se había tenido en cuenta en el Modelo Sistémico del Emprendimiento Urbano.

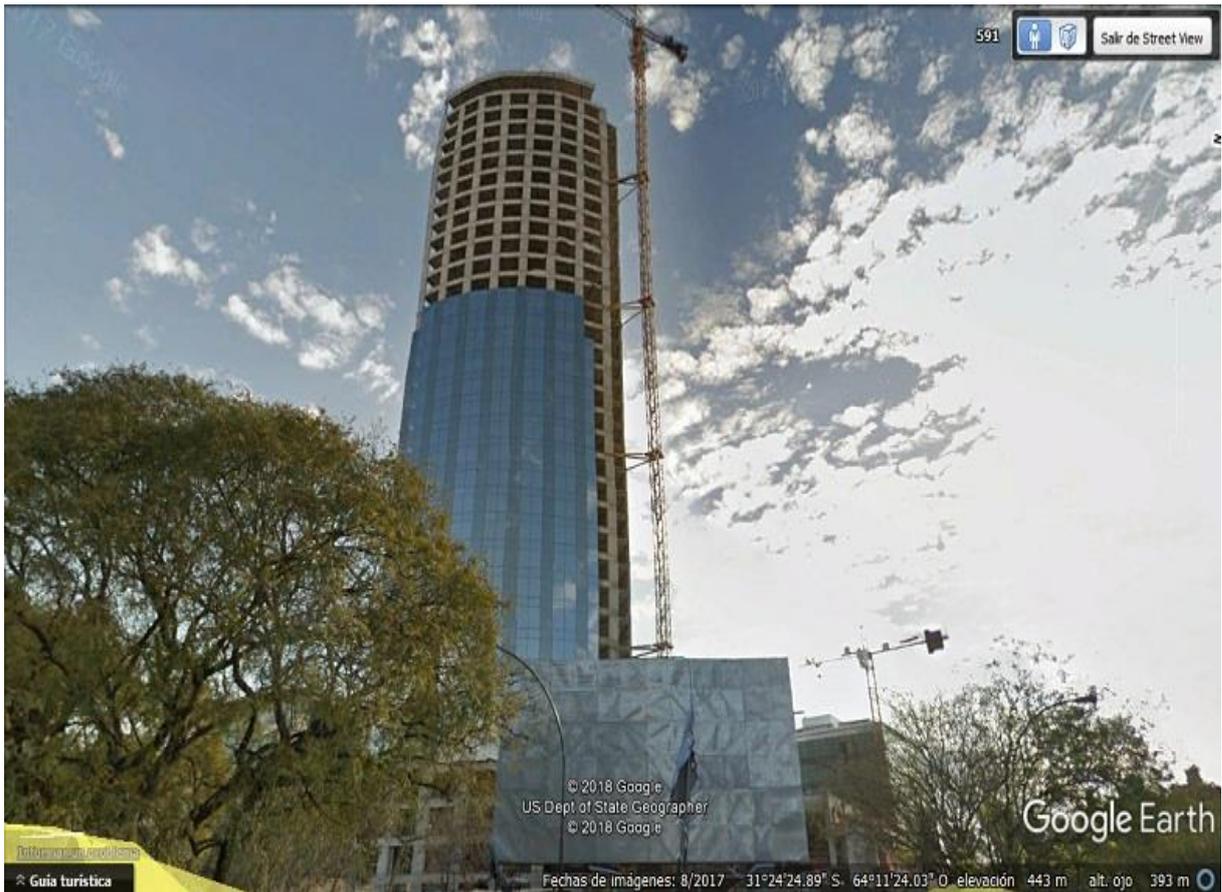


Imagen 5- Vista parcial del Complejo “Capitalinas”. Fuente: Google Earth – Street View (2018)

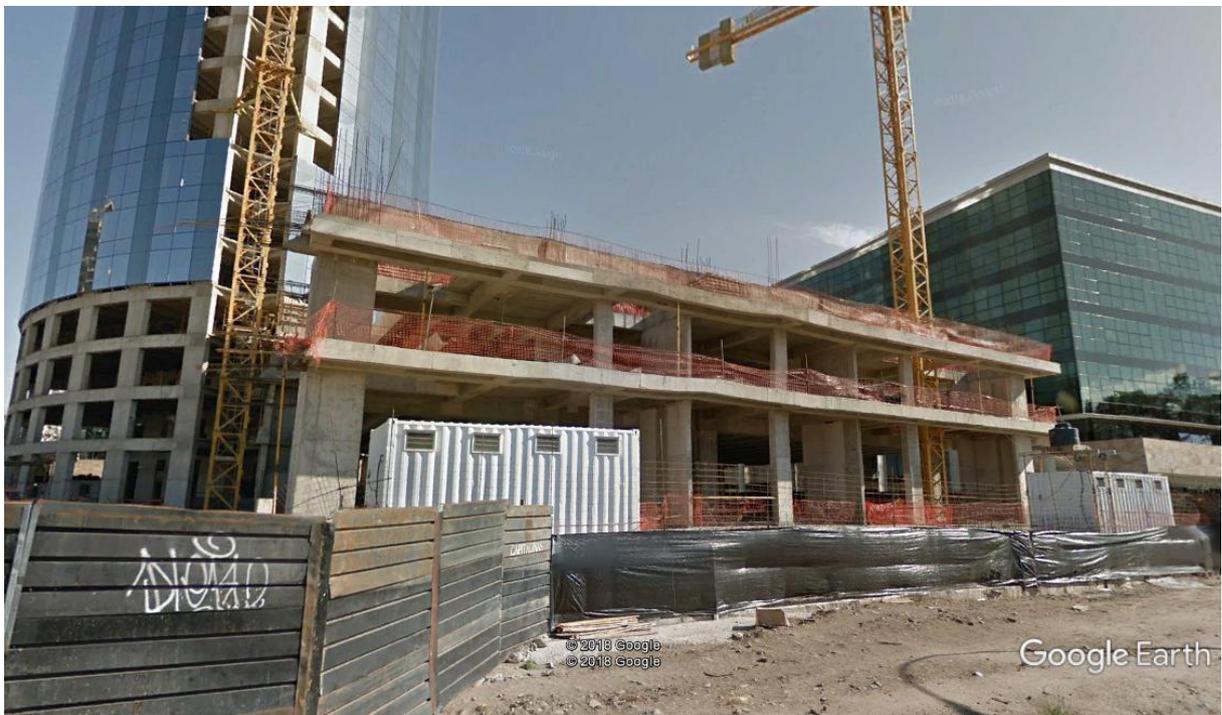


Imagen 6 - Otra vista parcial del Complejo “Capitalinas”. Fuente: Google Earth – Street View (2018)

El Modelo de Simulación

El Modelo de Simulación propiamente dicho surge de la traducción del modelo precursor del EU a un lenguaje de programación gráfico orientado a objetos que es capaz de contener los mismos parámetros conceptuales del Modelo Precursor y por carácter transitivo del Modelo Sistémico. La elección de lenguajes adecuados para la generación de un modelo de simulación, como dijimos anteriormente, depende de la naturaleza de lo que se quiere simular del EU característica fijada en el Modelo Precursor, por ejemplo: para determinar como un EU afecta el estacionamiento y el tránsito de su zona colindante, se observa que se puede estudiar utilizando un lenguaje que soporte “eventos discretos” generando una red de líneas de espera o “colas” y de procesos. Los procesos resultan de la medición de los tiempos de estacionamiento y de circulación en las calles y avenidas colindantes y los de estacionamiento, dado que se trata de un proyecto, se establecen por analogías a otros EU ya realizados, y estandarizadas.

Luego, se procede programar el modelo, utilizando la información brindada en el Modelo Precursor y obteniéndose un primer modelo de simulación del tránsito y estacionamiento del EU que se utiliza para las primeras corridas del modelo que son las que permite el ajuste estadístico del mismo. La metodología indica que a continuación se comiencen las corridas o experimentos con el Modelo de Simulación ya ajustado y de este modo se obtienen estadísticas que permiten la toma de decisiones con referencia al proyecto del EU en el plano de análisis de tránsito y estacionamiento.

Un ejemplo al respecto resultó observable al simular el caso de “Capitalinas” donde se producía una demora en la salida / entrada de vehículos mayor a 30 minutos por efecto de simultaneidades en la entrada. También especialmente en el proceso de salida (donde no hay otra opción), lo que indicaba la necesidad de salidas adicionales que hiciera disminuir el tiempo de salida a un máximo de 10 minutos de espera. La simulación de este caso fue realizada en lenguaje de simulación “ExtendSim”, este software es un ambiente de programación orientado a objeto con interface gráfica (“GUI”<sup>15</sup>) que tiene por característica principal su amigabilidad y facilidad de programación lo que posibilita a los diseñadores centrarse en los problemas a resolver y no en las herramientas. Otra situación se experimenta cuando el Modelo Precursor indica que el comportamiento corresponde a la “Dinámica de Sistemas” indicando procesos continuos y flujos de recursos en un tiempo continuo. Tal es el caso de los flujos de económicos -financieros evidenciados en los flujos de fondos para solventar la construcción y la obtención de ingresos mediante la venta anticipada u obteniendo inversores o préstamos bancarios. Estos flujos son representados por una red de ecuaciones diferenciales de primer orden vinculadas por la lógica de los flujos y almacenamientos (en este caso de dinero) y simuladas utilizando algoritmos de “métodos numéricos” como puede ser el método iterativo “Runge-Kutta” (2017).

Existen lenguajes específicos para este tipo de simulación como es el caso del “Stella Architect” (s/d) que permite generar un modelo de “Dinámica de Sistemas” y además compartirlo y ejecutarlo en forma remota con diferentes actores, de modo que cada actor puede correr el modelo conforme a los valores que estime apropiados, sin requerir conocimientos especializados, obteniendo instancias originales de los experimentos que los otros actores no hayan contemplado. Este hecho constituye una novedad ya que se democratiza el uso y la auditabilidad del Modelo de Simulación de un Emprendimiento Urbano.

## Los Experimentos y la Evaluación Simulada de un Emprendimiento Urbano

La metodología propuesta se utilizó para estudiar la evolución del complejo “Capitalinas” y verificar externamente el comportamiento dinámico del emprendimiento urbano y su impacto sobre el área de intervención colindante. El modelo sistémico se basó en los emergentes surgidos de la preocupación de los técnicos municipales y de algunos vecinos de la zona.

El acceso a la documentación necesaria fue a través de información municipal, la brindada públicamente por el grupo desarrollista, y la obtenida a partir de las webcams instaladas “en vivo”<sup>16</sup> que proveían información de: la evolución de la obra, de los eventos y del tránsito alrededor de la obra- Esta información resultó muy valiosa a la hora de comparar los valores del modelo de simulación con los valores de la realidad del emprendimiento urbano. De este modo, se podía comparar los datos obtenidos del Modelo de Simulación con la información real visible. Dada la complejidad del Emprendimiento Urbano investigado, se desarrollaron dos modelos precursores uno discreto y otro continuo, el primero, referido a la influencia sobre el tránsito y el segundo, sobre el desarrollo constructivo, comercial, funcional y financiero del emprendimiento.

Los dos modelos precursores permitieron la programación de los modelos de simulación uno discreto (“ExtendSim”) y otro basado en Dinámica de Sistemas (“Stella”). El primer modelo de simulación sirvió para calcular “ratios”<sup>17</sup> que sirvieron de alimentación al segundo modelo, ya que se obtuvieron utilizando numerosas

<sup>15</sup> GUI: en inglés: graphic user interface, en español: interface gráfica con el usuario

<sup>16</sup> En la actualidad, estas cámaras se encuentran desactivadas.

<sup>17</sup> Ratios: razones, proporciones, tasas generalmente en función del tiempo simulado

corridas, (aleatorias con diferentes hipótesis) el valor más probable (promedio, media) de una variable como por ejemplo: la cantidad de autos que ingresarían al estacionamiento subterráneo previsto en el proyecto. El acoplamiento de los modelos de simulación diferentes se hizo utilizando archivos intermediarios<sup>18</sup> que posibilitan que el resultado de una simulación migre hacia el otro modelo de simulación. Esta es una forma de integración de variables de distintas naturalezas cuantitativas o incluso cualitativas.

En la experiencia de haber aplicado la metodología propuesta al emprendimiento urbano “Capitalinas”, que comenzó a construirse en 2007 y aún en 2018 se sigue construyendo fue posible simular el comportamiento, mediante “análisis de sensibilidad”<sup>19</sup> de algunos aspectos relevantes (Ambrosini, 2013).

A modo de ejemplo:

- pudo predecir la saturación del sistema de estacionamiento y desbordamiento hacia las inmediaciones
- pudo predecir el no cumplimiento del plazo de obra
- se visualizó la no rentabilidad de la construcción de las “residencias en altura”
- Se pudo visualizar como influenció la variación del FOS<sup>20</sup> y FOT<sup>21</sup> en la rentabilidad para distintas hipótesis de ventas del mercado inmobiliario.

La corrida del Modelo de Simulación (denominada experimento) que se realizó implicó la verificación de datos, hipótesis e información. Cada experimento con el modelo de simulación parte de una configuración de datos cuya característica principal es que conforman una hipótesis sobre el proyecto del EU, que implica conocer los rangos de variación de los distintos indicadores, índices y variables medibles de modo que conserve el isomorfismo entre la realidad del emprendimiento urbano y su proyecto arquitectónico.

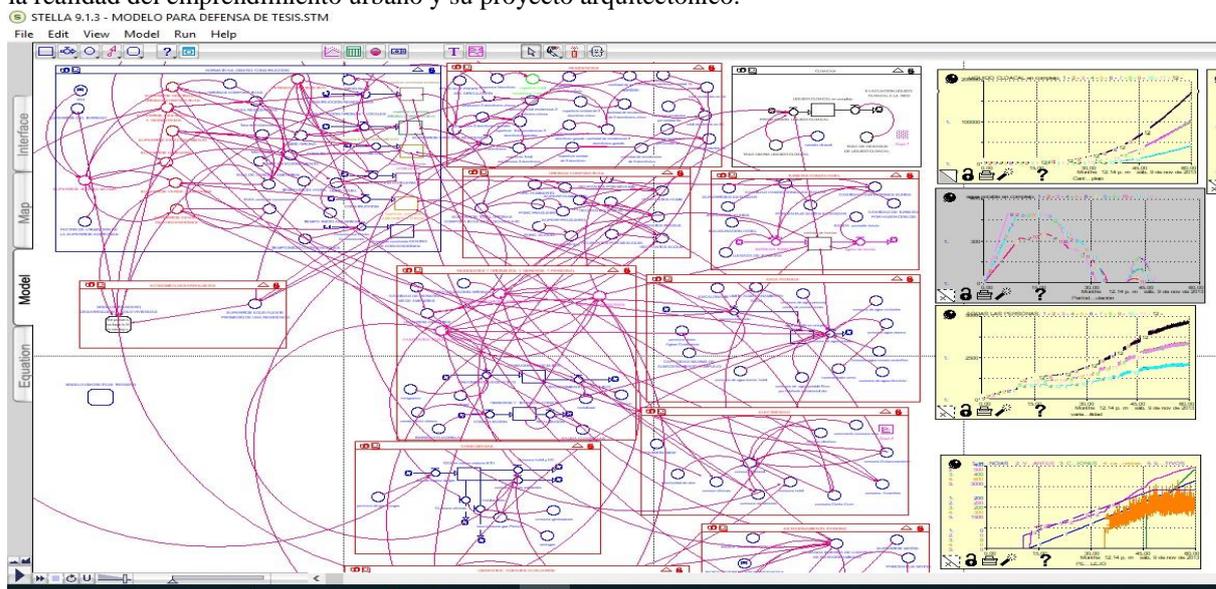


Imagen 7- modelo de simulación de "Capitalinas" (vista parcial). Fuente: Elaboración propia.

Otra experiencia distinta que se aplicó la metodología, consistió en el seguimiento de procesos de urbanizaciones privadas como es el caso de “Miradores de Manantiales” donde se estudió la forma en que los desarrollistas generan el proyecto, cómo se realiza y las consecuencias que este tipo de Emprendimiento Urbano genera. Se simularon los criterios de partición de los terrenos y su incidencia en la logística y en el valor de la tierra. Algunos de los datos obtenidos permitieron simular la variación del valor del metro cuadrado de un terreno en función del tipo de partición de la tierra especialmente frente a los anchos de calzadas y a la existencia de cursos de agua o bosques nativos (pequeños montecillos).

<sup>18</sup> Archivos intermediarios tipo “c.s.v.” (valores separados por comas)

<sup>19</sup> Análisis de sensibilidad: consiste en hacer variar los parámetros hasta producir cambios significativos en el modelo de simulación.

<sup>20</sup> FOS factor de ocupación del suelo definido por el código de edificación de la ciudad de Córdoba, Argentina

<sup>21</sup> FOT factor de ocupación total definido por el código de edificación de la ciudad de Córdoba, Argentina



Imagen 8 - Miradores de Manantiales de Edisur con los perímetros de los montecillos originales marcados en rojo y amarillo (fuente Google Earth y elaboración propia -2017)

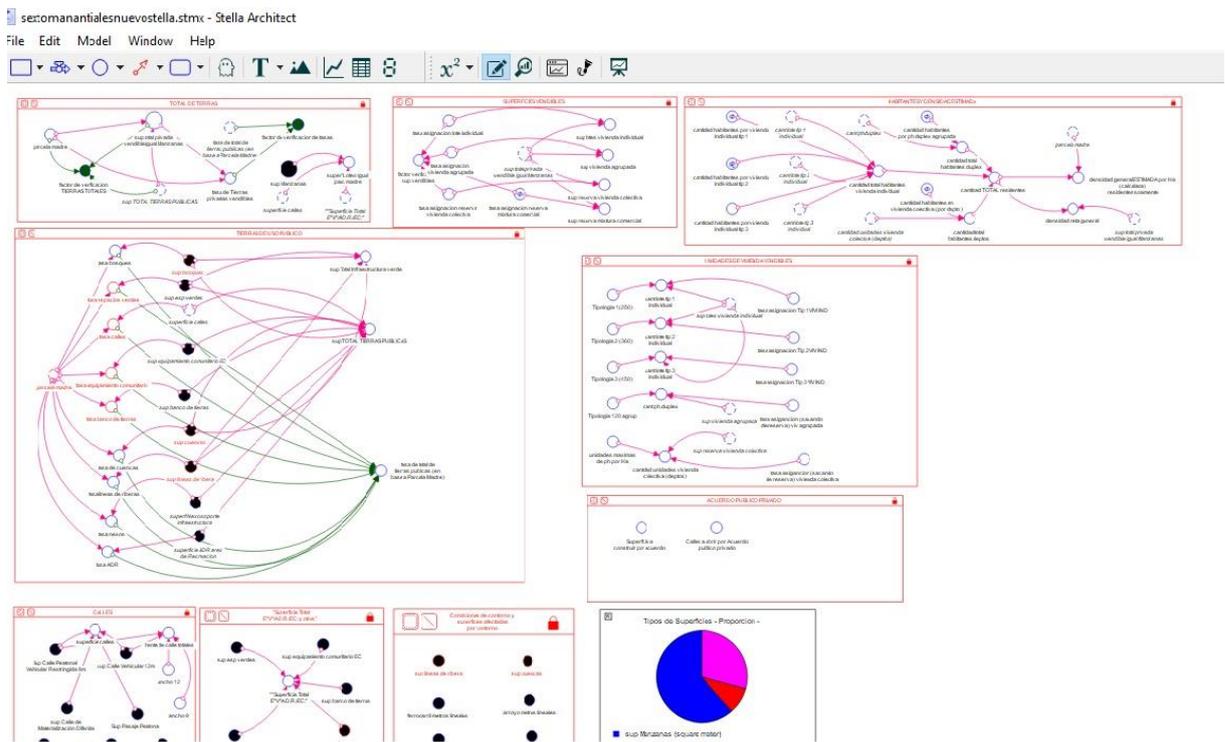


Imagen 9- Modelo de simulación de urbanización Miradores de Manantiales - partición de tierras. Fuente: Elaboración propia (2018)

Los criterios iniciales para generar el modelo de simulación fueron solo el punto de partida. La problemática es mucho más amplia dado que es posible simular la incidencia social, simbólica, paisajística, cultural, aspectos que se desarrollarán en las siguientes etapas de la investigación. Esto se realizará, a medida que se avance en la determinación de indicadores e índices que permitan su incorporación en forma consistente al modelo de simulación previa incorporación a sus correspondientes modelos sistémicos y precursor respectivamente.

## Conclusiones

- El modelo de simulación, cuando está ajustado estadística y conceptualmente a la realidad de un Emprendimiento Urbano, genera la posibilidad de tomar decisiones proyectuales que atenúen efectos no deseados y esto lo constituye en un elemento útil como “banco de prueba” del proyecto antes de su ejecución, disminuyendo costosas modificaciones constructivas o pagar el precio de un mal funcionamiento, no deseado por el proyectista, durante el ciclo de vida del Emprendimiento Urbano.
- Sin embargo, este grupo de metodologías (los modelos de simulación) no son valorados todavía, en Córdoba (Argentina), como herramientas útiles para la generación de acuerdos urbano- Según lo relevado, por la creencia de que son excesivamente complejas y que insumen mucho tiempo de desarrollo, lo que dejaría en manos de los técnicos especializados la utilización de los modelos.
- Es interesante observar dos aspectos importantes: el primero es que los modelos de simulación que se utilizan en la actualidad se pueden compartir y utilizar simultáneamente mediante internet como si se tratara de un “juego en red”<sup>22</sup> utilizando para esto los celulares o pc comunes, ya no es necesario tener un complejo sistema de computadoras debido a que los proveedores de este tipo de herramientas de software brindan el servicio de “radicar” el modelo en sus servidores permitiendo interactuar con el modelo a cualquiera que haya sido autorizado por sus diseñadores abriendo la posibilidad a la participación de distintos actores sociales.
- Otro aspecto es su auditabilidad, es decir la capacidad de comprobar la lógica, los valores de las variables y su funcionamiento. Este aspecto ha sido facilitado por la programación de objetos gráficos que permite al programador centrarse en la lógica del problema que trata el modelo y no en la lógica de programación ya que esta última está implícita.
- Por otra parte, existen hechos sociales como es el caso de la corrupción que se oponen a métodos que transparenten procesos de organización y negociación de proyectos tanto públicos como privados.
- La metodología propuesta permite acoplar desde los conceptos más abstractos y conceptuales con variables concretas del proyecto de un Emprendimiento Urbano, descendiendo deductivamente desde lo abstracto a lo concreto. Este acoplamiento se logra en dos formas: la primera de “arriba hacia abajo” (top – down), deductiva, y la segunda de “abajo hacia arriba” (bottom- up) inductiva. Esto es debido a que el Modelo Sistémico se ajusta con la aparición de subsistemas (que no figuraban antes) en el Modelo Precursor, realizándose un primer ajuste. Un segundo ajuste se basa en los emergentes que surjan de los experimentos de las corridas del Modelo de Simulación del Emprendimiento Urbano. Un tercer ajuste consiste en lograr que las variables del Modelo de Simulación sean coherentes estadísticamente con las variables medidas en la realidad. Con estos ajustes de habrá comenzado a incorporar en forma tangible y coherente, la “Complejidad” (Batty, 2013: 28) al Modelo de Simulación.

En la actualidad las investigaciones en el campo de los Modelos de Simulación aplicados a los Emprendimientos Urbanos y al Urbanismo buscan incorporar variables cualitativas a sistemas cuantitativos desde cada habitante, visitante o transeúnte vinculado a un emprendimiento urbano, capturando la información generada y simulando el comportamiento humano mediante el perfilado de los posibles actores sociales estableciendo analogías homologadas de otras realidades similares (Hui Lin, 2009; Batty, 2013; Pumain & Reuillon, 2017; entre otros).

El principal desafío consiste entonces, en establecer las relaciones coherentes, mediante un sistema de simulación informático entre arquitectura, sistemas cuantitativos y sistemas socio -culturales, prever el comportamiento de un sistema complejo centrado en la persona humana vinculada a un Emprendimiento Urbano.

---

<sup>22</sup> Juego en red o juego en línea son juegos de alta complejidad que se juegan interactivamente utilizando un pc o un celular dotados de una conexión de datos de internet

## Bibliografía

- Ambrosini, A. (2013). *Modelos de simulación como herramienta para la generación de acuerdos urbanos entre desarrollistas y municipio*. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Aracil, J., & Gordillo, F. (2007). *Dinámica de sistemas / System Dynamics*. Madrid: Alianza Editorial Sa.
- Batty, M. (2013). *The New Science of Cities*. MIT Press.
- Bertalanffy, L. von, Hofkirchner, W., & Rousseau, D. (1954). *General System Theory: Foundations, Development, Applications* (1 edition). New York: George Braziller Inc.
- Carlo Ratti. (2018). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Carlo\\_Ratti&oldid=109515478](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Carlo_Ratti&oldid=109515478)
- Foreign Policy magazine, Redacción. (2015, mayo 14). ¿Qué fue el efecto tequila? *Foreign Policy magazine (FP Group)*. Recuperado de <https://foreignpolicyesp.wordpress.com/2015/05/14/que-fue-el-efecto-tequila/>
- Forrester, J. W., & Forrester, J. W. (1969). *Urban dynamics* (Vol. 114). MIT press Cambridge.
- Friedmann, J. (2011). *Insurgencias: Essays in Planning Theory* (1 edition). Abingdon, Oxon ; New York, NY: Routledge.
- Geddes, P. (2012). *Cities in Evolution: An Introduction to the Town Planning Movement and to the Study of Civics*. London: Forgotten Books.
- Grupo Edisur. (s. f.). Grupo Edisur | Emprendimientos | Miradores de Manantiales. Recuperado 19 de agosto de 2018, de <http://www.grupoedisur.com.ar/web/es/emprendimientos/miradores-de-manantiales/>
- Hannon, B., & Ruth, M. (2001). *Dynamic modeling*. Springer Science & Business Media. Recuperado de <https://books.google.com.ar/books>
- ExtendSim Simulation Software. (s. f.). Recuperado 17 de agosto de 2018, de <https://www.extendsim.com/>
- Hui Lin Michael, B. M. (2009). *Virtual Geographic Environments*. Beijing: China Press.
- Jacobs, J. (1992). *The Death and Life of Great American Cities* (Reissue edition). New York: Vintage.
- Johansen Bertoglio, O. (1982). *Introducción a la teoría general de sistemas*. Editorial Limusa.
- Método de Runge-Kutta. (2017). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/\\_Runge-Kutta](https://es.wikipedia.org/_Runge-Kutta)
- MIT Senseable City Lab. (s. f.). Recuperado 20 de agosto de 2018, de <http://senseable.mit.edu>
- Peralta, Carolina. (s. f.). Urbanismo. Recuperado 17 de agosto de 2017, de <http://urbanismounlar.blogspot.com.ar/>
- Portugali, J., Haken, H., Benenson, I., Omer, I., & Alfasi, N. (2000). *Self-Organization and the City* (2000 edition). Berlin: Springer.
- Pumain, D., & Reuillon, R. (2017). *Urban Dynamics and Simulation Models* (1st ed. 2017 edition). Cham: Springer.
- Ratti, C., & Claudel, M. (2016). *The City of Tomorrow: Sensors, Networks, Hackers, and the Future of Urban Life*. New Haven; London: Yale University Press.
- Song, H., Srinivasan, R., Sookoor, T., & Jeschke, S. (2017). *Smart Cities: Foundations, Principles, and Applications* (1 edition). Hoboken, NJ: Wiley.
- Stella Architect. (s. f.). Recuperado 17 de agosto de 2018, de <https://www.iseesystems.com/store/products/stella-architect.aspx>
- Torres Capitalinas. (2017). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/Torres\\_Capitalinas](https://es.wikipedia.org/Torres_Capitalinas)