

SIMULACIÓN URBANA PARAMÉTRICA: SISTEMA DE MODELACIÓN DIGITAL DE NORMATIVAS URBANAS

Claudio Labarca M.
Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Arquitectura
El Comendador 1916, 753-0091 Providencia, Chile
clabarca@puc.cl

Rodrigo Culagovski R.
Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Arquitectura
El Comendador 1916, 753-0091 Providencia, Chile
rculagovski@puc.cl

Abstract

Parametric urban simulation: digital modeling system for building codes

Urban building codes include a series of abstract geometric and mathematical prescriptions whose final built result is not easily visualized by non-technical users. This makes an informed public debate about the proposed regulations difficult and leaves the final definition of the exact ratios and formulas in the hands of local governments' technical consultants. Even these experts usually have only gross numerical approximations, photomontages and other non-rigorous representations of the final built environment on which to base their decisions. We propose a system which, taking as its inputs the roads and lots of the area under consideration, as well as the proposed building codes, generates a detailed three dimensional model that gives neighbors, users and authorities' access to a common, objective preview of the foreseeable result of the codes under consideration. We believe this will lead to a greater transparency and participation in building code definition and approval processes.



Imagen 1: Vista de modelo normativa urbana La Florida..

1. Introducción

1.1. El problema

La normativa urbana se define en parte a través de índices abstractos y prescripciones geométricas que determinan ocupaciones de suelo, distanciamientos,

ángulos de rasantes, etc. Estos índices no son fácilmente traducibles a su resultado visual y espacial, por lo que es difícil, especialmente para usuarios no técnicos y público en general, pre-visualizar y evaluar el impacto real de la aplicación de una normativa en un sector específico.

El impacto de un cambio mínimo en uno de estos índices puede redundar en un resultado inesperado y desfavorable

para los propietarios, usuarios y residentes de un sector. Las imágenes objetivo creadas para explicar los nuevos planes en general son meramente ilustrativas y no representan objetivamente los alcances de las normas propuestas.

Con las herramientas actuales, es lento y engorroso evaluar escenarios de alternativas de normativa, por lo que se hace difícil comparar y decidir entre las opciones disponibles.

Las estimaciones de metros cuadrados, montos de inversión, habitantes, etc., se realizan generalmente en forma muy gruesa y estimativa, sin tomar en cuenta la aplicación específica de las normativas propuestas en cada lote.

Esto hace muy difícil para las autoridades evaluar el impacto final de lo propuesto por los consultores urbanos, y complica el proceso de modificación y aprobación de normativas urbanas. Además, imposibilita un debate público informado por no contar el público general con un entendimiento real de lo propuesto, por lo que el proceso de decisión al final se remite a los consultores por un lado y los agentes inmobiliarios por el otro, que están familiarizados con el lenguaje abstracto de la normativa.

El problema de investigación es:

¿ Como previsualizar, evaluar y mostrar el resultado espacial, morfológico y visual de uno o más escenarios normativos urbanos, de forma rápida, simple y objetiva?

1.2. Caso de estudio

La oportunidad de estudiar el problema surge como respuesta a un encargo del SEREX de la Universidad Católica de Chile, que se encontraba estudiando una modificación al plan regulador de la comuna de La Florida, ubicada en el sur de la ciudad de Santiago, Chile, consistente en un Plan Seccional que especificaría y alteraría la normativa del sector central de esta comuna, de alta densidad, uso y transformación en las últimas décadas.

Por la complejidad de interpretación de las normativa ya explicada, más la gran visibilidad e impacto de las

modificaciones propuestas, se buscó medios de mostrar a las autoridades, vecinos, usuarios y desarrolladores el alcance de éstas.

1.3. Aproximación elegida

Se propuso una metodología de trabajo que permitiera generar en forma simple modelos tridimensionales de edificios que maximizaran su altura y superficie en base a las normativas estudiadas. El modelo debía ser fácilmente generado a partir de la información disponible, consistente en planos catastrales digitales con polígonos representando los lotes individuales y ejes de calles, así como de la definición de zonas con normativas específicas.

Los modelos de edificios debían responder a las tipologías reales que se estuvieran construyendo en las zonas a estudiar y tener un nivel de detalle suficiente para que el público general entendiera su escala y efecto final sobre el medio ambiente construido. El modelo debía incluir tanto edificios aislados de vivienda y oficina como la tipología “placa y torre”, consistente en un volumen continuo bajo y un volumen aislado de mayor altura.

2. Metodología de modelación

2.1. Lenguaje de la aplicación

Se eligió AutoLISP, lenguaje de programación incluido dentro de AutoCAD, ya que su orientación funcional permitía un trabajo modular y por ser interpretado, lo que permitía un desarrollo rápido de la aplicación. La relativa simpleza de las operaciones a realizar no hacía necesario usar un lenguaje compilado.

2.2. Ingreso de información

La aplicación tiene cuatro modos de operación básicos:

Definición de parámetros edificación aislada

Dialogo que permite el ingreso de las variables:

- *Ocupación*: Razón entre la máxima superficie edificable en primer piso y la superficie del terreno. Es mayor a cero y menor o igual a uno.

- *Constructibilidad*: Razón entre la superficie máxima edificable en todos los pisos del edificio y la superficie del terreno. Es mayor que cero.
- *Ancho Mínimo Torre*: Definido como el ancho mínimo en metros que puede tener el edificio en cualquiera dirección.
- *Ancho Máximo Torre*: Definido como el ancho máximo en metros que puede tener el edificio en uno de sus ejes.
- *Proporción planta*: Razón entre el ancho y profundidad de la planta del edificio, permite la generación de edificio más o menos esbeltos. Es mayor que cero.

Estas variables son persistentes (se mantienen en memoria hasta ser modificadas), lo que facilita la creación de zonas con una normativa común.

Definición de parámetros edificación continua

Dialogo que permite el ingreso de las variables:

- *Ocupacion Torre*: Razón entre la máxima superficie en una planta del volumen de edificación aislada y la superficie total del terreno. Es mayor a cero y menor o igual a uno.
- *Ocupacion Placa*: Razón entre la superficie máxima en el primer piso del volumen continuo y la del terreno. Es mayor a cero y menor o igual a uno.



Imagen 2: Ingreso de variables.

- *Constructibilidad*: Razón entre la superficie máxima

edificable en todos los pisos del edificio y la del terreno. Es mayor que cero.

- *Antejardín*: Distanciamiento en metros entre el límite anterior del terreno y el comienzo de la edificación en primer piso.
- *Altura Placa*: Altura en metros del volumen continuo.
- *Ancho Mínimo Torre*: Definido como el ancho mínimo en metros que puede tener el volumen aislado en cualquiera dirección.
- *Ancho Máximo Torre*: Definido como el ancho máximo en metros que puede tener el volumen aislado en uno de sus ejes.
- *Tipo de Edificio*: Tipología a aplicar, Residencial u Oficina, que determina si el edificio tendrá balcones corridos o no.

Estas variables también son persistentes.

En ambos casos, algunas variables no se exponen al usuario, como el ángulo de la rasante, el distanciamiento mínimo a los deslindes del terreno, etc., ya que estos no variaban dentro del área de estudio. En una futura generalización de la aplicación éstas sí podrán ser modificados por el usuario.

Generación de edificios aislados

Aplicación ingresada en la línea de comandos que recibe la siguiente información:

- *Terreno*: *Polilínea* (pline) que define el terreno a modelar. Acepta solo la selección de una polilínea.
- *Base Rasante*: Secuencia de puntos que definen la base a partir de la cual se proyecta la rasante (volumen dentro del cual debe estar contenido la totalidad del edificio).

Generación de edificación continua

Aplicación ingresada en la línea de comandos que recibe la siguiente información:

- *Terreno*: Secuencia de puntos que definen los lados del terreno a modelar. Se debe ingresar en un orden

específico (adelante izquierdo, atrás izquierdo, adelante derecho, atrás derecho, mirando desde la calle). En el caso de la edificación continua, a diferencia de la aislada, la aplicación necesita saber cuál límite del edificio es el que da a la calle para calcular el volumen continuo.

- *Base Rasante*: Secuencia de puntos que definen la base a partir de la cual se proyecta la rasante (volumen dentro del cual debe estar contenido la totalidad del edificio).

2.3. Generación de modelo

Edificación aislada

La aplicación realiza (en forma automatizada) las siguientes operaciones:

- Cálculo de base del edificio tomando en cuenta la superficie máxima en primer piso, los distanciamientos mínimos, anchos mínimos y máximos, proporción planta, etc.

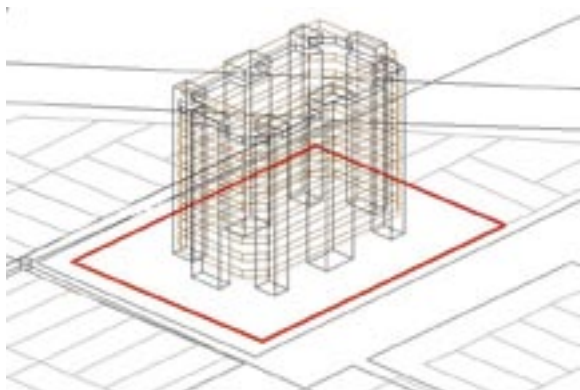


Imagen 3: Modelo resultante.

- Cálculo de altura máxima en base a la superficie de la base del edificio y su constructibilidad
- Prueba de que el volumen propuesto quede contenido por el volumen que representa a la rasante, extruyendo la base dada con un ángulo de 70° desde el plano de suelo. En caso de que parte del volumen quede fuera del volumen de rasante, se ajusta la altura del edificio y se itera hasta quedar éste dentro de la norma

establecida.

- Generación de la volumetría del edificio consistente en estructura, losas y balcones y vidrios, separadas en capas (layers) que facilitan la posterior aplicación de materiales en la etapa de generación de imágenes. Este paso incorpora algunas variables aleatorias que afectan el ancho, cantidad y posición de elementos estructurales, esquinas curvas o rectas de balcones,



Imagen 4: Vista de modelo normativa urbana La Florida.

etc., de manera de generar una gama de edificios que simule la variabilidad de las edificaciones reales, lo que genera un modelo final más real y menos mecánico.

Edificación continua

Se aplica un proceso similar a la de la aplicación aislada, con la adición del cálculo de superficie de la “placa” y “torre”.



Imagen 5: Vista de modelo normativa urbana La Florida.

Se genera de esta manera un modelo simple de un edificio que podría construirse en cada terreno específico, de bajo peso (en KB) pero con los elementos necesarios para ser reconocido como una construcción real y no simplemente una “caja”. Las proporciones y alturas de cada edificio varían enormemente de acuerdo a la geometría de cada lote y de las normativas que se le aplican, lo que resulta en un modelo general que muestra la complejidad real de la aplicación de la normativa en estudio.

Los modelos básicos tridimensionales se completaron con las calles y manzanas y una volumetría simple que representaba las edificaciones existentes en el sector, de acuerdo a la información entregada por SEREX.

Los modelos fueron renderizados en 3DStudio Max.

3. Experiencia

El modelo resultante fue de gran utilidad en el proceso de definición y aprobación del Seccional de La Florida, ya que facilitó un dialogo más fluido entre todos los interesados. Fue así que el encargo original, en que las imágenes se entendían más como elementos de presentación, fue modificado para incluirse dentro de las etapas de discusión de las normativas. Se pudo mostrar varios escenarios de normativas posibles, con una demostración clara de los efectos esperables para cada escenario, lo que facilitó el proceso de ajuste y aprobación de las propuestas.

El éxito de esta experiencia llevó a la inclusión de la metodología desarrollada dentro de propuestas futuras del SEREX.

4. Conclusiones y proyecciones

4.1. Transparencia y debate informado

Parece claro que la objetividad, concreción e intelegibilidad de los modelos generados tienen el potencial de hacer mucho más transparente el proceso mediante el cual se definen las normas que guían el desarrollo de las ciudades. Creemos que es de primera importancia desarrollar éste y otros métodos mediante los cuales se puede dar acceso a los habitantes y usuarios

de la ciudad a un entendimiento real de cómo se está construyendo su entorno, cuales normas lo rigen y que resultado pueden esperar.

4.2. El arquitecto como programador

Nos parece que así como todo arquitecto debiera ser capaz de dibujar un croquis o calcular una viga, también debiera ser capaz de generar herramientas computacionales ad hoc, que le permitan enfrentar problemas que de otra forma serían intratables por problemas de tiempo o presupuesto, así como generar soluciones que tomen en cuenta una mayor cantidad de información y se adapten más fielmente a la realidad de los fenómenos estudiados.

Los programas de planilla de cálculos (como Excel) fueron revolucionarios porque permitieron a los usuarios liberarse de las lógicas prefabricadas de los programas de contabilidad y análisis y generar sus propios modelos y algoritmos con los cuales analizar sus números. Análogamente, creemos que la arquitectura se vería enormemente beneficiada si los arquitectos pudieran generar herramientas de análisis y creación espaciales y cuantitativas a necesidad, y no verse limitados simplemente a las aplicaciones que ofrece el mercado.

4.3. Proyecciones

La metodología desarrollada aún está en una etapa inicial, lo realizado hasta el momento es más bien una “prueba de concepto”. Los principales temas a desarrollar son:

- Permitir la modificación de los algoritmos de calculo de normativas, por ejemplo a través de un lenguaje simple de ‘scripting’, lo que permitiría estudiar escenarios de normativas nuevas y de otros países.
- Análogamente al punto anterior, incorporar un sistema de definición de gramáticas formales para la generación de las tipologías y volumetrías de las edificaciones, por ejemplo con sistemas-L (Parish and Müller 2001) o con mecanismos basados en agentes (Lechner et al. 2003).
- Permitir la modificación interactiva de los edificios.
- Generación de base de datos que entregue información

individual y agrupada sobre superficies, habitantes, costos estimados, etc.

- Ampliar los métodos de ingreso de información base, de manera de poder leer directamente grandes cantidades de información a partir de archivos DWG, DXF, SIG, etc.

Agradecimientos

Agradecemos el equipo de SEREX de la P. Universidad Católica de Chile.

Referencias

Lechner, T., B.A. Watson, U. Wilensky & M. Felsen. Proceduring city modeling. *1st Midwestern Graphics Conference*, 2003 St. Louis, MO, USA.

Parish, Y. I. H. and P. Müller, Procedural modeling of cities. *Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive technique*, p.301 -308, 2001 ACM Press, New York, NY, USA.



Claudio Labarca M.

*Arquitecto Pontificia Universidad Católica de Chile
MArch UCLA
Digital Architecture, Urban Simulation*



Rodrigo Culagovski R.

*Arquitecto Pontificia Universidad Católica de Chile
Procedural Urban Modeling, Simulation, Algorithmic Form*