

## **MODURB** **Modelado de Normativa Urbana**

### **MODURB** **Urban Regulation Modeling**

**A. Rodrigo Fernández Estellano**

*MONTEVIDEO, Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo; Universidad de la República,  
Uruguay*

[fernandezrodrigo@gmail.com](mailto:fernandezrodrigo@gmail.com)

#### **Resumen**

El análisis de los efectos de la norma sobre la morfología urbana habilita un necesario estudio y cuantificación de los impactos y cargas generados por la nueva forma implícita en los marcos normativos y de esta manera los aumentos en las cargas sobre las infraestructuras urbanas. La investigación tiene como objetivo principal ensayar un método que permita visualizar los efectos de la normativa sobre la morfología de la ciudad. Busca experimentar y evaluar el potencial de los sistemas de información geográfica (SIG), como ayuda para la construcción de las normas urbanas, la prefiguración de sus consecuencias morfológicas y los impactos sobre las infraestructuras que dichos marcos generan. El producto final se basa en la construcción de una plataforma que permite la visualización y cálculo de datos que las normativas urbanas plantean en la ciudad concreta. Esta herramienta se presenta como una ayuda visual de rápida y fácil aplicación.

**Palabras clave:** Normativa, SIG, Modelado, Morfología.

**Línea de investigación: 2:** Ciudad y Proyecto

**Tema:** Morfología urbana.

#### **ABSTRACT**

Urban planning regulations exert influence on built square meters, investment amounts, inhabitants, the number of vehicles, means of transportation, drinking water and electricity consumption, among others. The analysis of the effects of urban planning regulations on urban morphology enables a deeper study and quantification of the impacts generated by these regulatory frameworks. The main objective of this research is to test a method that allows visualizing the effects of the urban planning regulations on the morphology of the city. This research seeks to test and evaluate the potential of geographic information systems (GIS) as an aid to formulate the planning regulations by visualizing the morphological consequences and the urban infrastructure impacts. The final product is the construction of a digital platform that allows the visualization and calculation of the data that urban regulations pose on the city. It is presented as a visual aid tool of quick and easy application.

**Keywords:** Normative, SIG, Model, Morphology.

**Research line: 2:** City and Project

**Topic:** Urban morphology.

## 1 Fundamentación

### 1.1 Introducción

La normativa urbano-edilicia ha sido históricamente la expresión y el instrumento más concreto del ordenamiento de las construcciones en los espacios públicos y privados, legislado por las autoridades y al que generalmente aspiran las sociedades organizadas en núcleos poblados.

El urbanismo, la planificación y el ordenamiento territorial implican actualmente visiones y concepciones bastante abarcativas. El diccionario de la Real Academia Española define a la normativa urbana como “proceso de descripción, análisis y evaluación de las condiciones de funcionamiento de las ciudades para poder generar propuestas de diseño y formular proyectos que permitan regular la dinámica urbana y ambiental de toda la ciudad”. En una acepción que resulta apropiada se trata de “una metodología para escoger alternativas, que se caracteriza porque permite verificar la prioridad, factibilidad y compatibilidad de los objetivos y seleccionar los instrumentos más eficientes...” (Ahumada, 1966, pp. 2-3).

Con base en la división predial y la propiedad privada, provenientes de las primeras etapas de formación de los estados nacionales en Latinoamérica, la normativa urbano-edificatoria ha jugado el rol de herramienta fundamental para la intervención en ese proceso que constituye la construcción del paisaje urbano. Esto se ha basado en la convicción de que es posible condicionar por medio de ella las ocupaciones que se realizan predio a predio hasta conformar el paisaje urbano. Desde la regulación de la edificabilidad del predio se pretende actuar sobre la materia urbana pero sin encarar sistemáticamente los desafíos e impactos que esos cambios crean en la ciudad.

Del desbalance existente entre las herramientas utilizadas a la hora de diseñar y estudiar las normativas en Uruguay y las posibilidades que brinda el nuevo instrumental digital y los soportes teórico-metodológicos desarrollados y probados a nivel internacional, surge la necesidad de trasladar estos últimos al ámbito nacional. Ensayar un método que permita visualizar los efectos de la normativa sobre la morfología urbana y posibilitar el cálculo de los aumentos o cambios en las cargas que se generan sobre las infraestructuras urbanas parece posible y necesario.

Aun un aporte parcial, como el que presentaría el modelado tridimensional de las normas urbanas, constituye un avance respecto del catálogo de herramientas existentes para la planificación y un punto de partida hacia desarrollos más complejos (simulación de dinámicas urbanas).

La comprensión, el análisis y la evaluación de las relaciones espaciales son métodos permanentemente utilizados en el contexto de la planificación urbana. Los sistemas de información geográfica son capaces de manipular, analizar y visualizar estas relaciones espaciales.

Es necesario plantear el desafío de desarrollar un grupo de herramientas que nos permita afrontar el diseño normativo como parte de la planificación urbana. En esta línea el nuevo instrumental digital nos ofrece la posibilidad de una inmediata verificación de los volúmenes generados, así como de las alternativas de variación, contradicciones y posibilidades que la propia normativa contiene.

Incluso más, ofrece la capacidad de generar la normativa misma desde una secuencia de procedimientos que recoja las dinámicas de transformación eventuales y las modele como una serie de situaciones posibles. Considerando que toda normativa urbana tiene una pretensión y un resultado formal, la metodología propuesta permitiría, a partir de la forma y de las dinámicas producidas, la generación de la norma.

Esta tarea significa un punto de partida para posibles desarrollos normativos que exploten los potenciales de diferenciación que ofrecería este nuevo instrumental. La transferencia de estos desarrollos, iniciados en un entorno académico, a los entes reguladores municipales, departamentales o nacionales permitiría a los tomadores de decisión aumentar su capacidad para evaluar espacialmente los efectos urbanos de una norma, antes de ser validada.

La complejidad que han adquirido las dinámicas urbanas hacen necesario revisar los instrumentos tradicionales e investigar las variantes que permitan la generación de sistemas normativos mucho menos simples y por cierto, capaces de asumir la complejidad mediante los potenciales de los nuevos sistemas tecnológicos disponibles. Se trata de superar las formulaciones normativas más tradicionales que se basan en consideraciones geométricas planas y posibilitar la incorporación de nuevos instrumentos como variables paramétricas.

El análisis de los efectos de la norma sobre la morfología urbana habilita un necesario estudio y cuantificación de los impactos y cargas generados por la nueva forma implícita en los marcos normativos (estimaciones de metros cuadrados edificados, montos de inversión, habitantes, cantidad de vehículos, medios de transporte, consumo de agua potable y energía eléctrica, entre otros) y permite así observar los aumentos en las cargas sobre las infraestructuras urbanas. Sería entonces posible evaluar escenarios de alternativas de normativa para comparar y decidir entre las opciones disponibles.

## 1.2 Instrumentos tradicionales

Hay un peligro de retórica encubridora de la realidad en la proclamación de objetivos como competitividad, sostenibilidad, calidad de vida y gobernabilidad de una forma abstracta y por separado, puesto que estos objetivos sólo adquieren sentido cuando se concretan en programas o proyectos y en normas, y cuando se relacionan los unos con los otros y se superan las inevitables contradicciones. No se debe actuar desde miradas sectoriales, sino sobre la idea de ciudad que se quiere en conjunto. (Borja, 2003)

La normativa edificatoria expresa, aunque muchas veces no en forma explícita, una visión prospectiva del espacio antropizado. Su objeto es proponer un marco general para organizar el espacio de los asentamientos humanos. Toda normativa urbanística, al tratar la forma específica en que evolucionará el tejido construido de la ciudad, es necesariamente morfológica, según el concepto de morfología urbana al que refieren. Es por ello que el análisis de la morfología urbana y su relación directa o indirecta con los instrumentos de planificación y los cuerpos normativos adquiere especial relevancia en el diagnóstico de los impactos ambientales, espaciales y sociales en una localidad, ciudad o urbe.

Tradicionalmente, las normativas urbanas han buscado regular el paisaje urbano por medio de una serie de parámetros genéricos, fijos y restringidos a la unidad predial. El diseño de ellas se ha basado en una elaboración bidimensional y textual-discursiva y en la convicción de que su aplicación predio a predio generará las morfologías deseadas en un proceso lineal. Históricamente se han definido a partir de índices abstractos y prescripciones geométricas que determinan ocupaciones de suelo, distanciamientos, ángulos de rasantes. 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, previsualizar y evaluar el impacto real de una normativa en su ámbito de aplicación.

Las imágenes y previsualizaciones creadas para explicar los marcos normativos en general son meramente ilustrativas, se restringen a la unidad predial, y no representan sus alcances a una escala urbana. Con las

herramientas actualmente utilizadas es lento y engorroso evaluar escenarios de alternativas de normativa y por tanto, comparar y decidir entre las opciones posibles.

Las estimaciones de metros cuadrados, montos de inversión, aumento de población y similares en general se realizan en forma muy gruesa y estimativa, sin tomar en cuenta la aplicación específica de las normativas propuestas en cada lote. Esto hace muy difícil a las propias autoridades evaluar el impacto final de lo propuesto por los marcos normativos y complica el proceso de modificación y aprobación de las normas urbanísticas y edilicias. Además, dificulta un debate público informado ya que la ciudadanía no cuenta con información clara que le permita un entendimiento real de lo propuesto, por lo que el proceso de decisión al final se remite a los técnicos familiarizados con este tipo de lenguaje abstracto.

### 1.3 Nuevo Instrumental

Frente a la realidad expuesta (de normas urbanas diseñadas, definidas y publicadas mediante herramientas y mecanismos que se han mantenido constantes durante décadas) aparecen a nivel internacional distintos desarrollos teórico-metodológicos que abren un nuevo campo para el estudio de los fenómenos urbanos y sus resultados físicos y espaciales.

Desde mediados del siglo XX asistimos a un cambio de paradigma científico-filosófico relevante en el que la realidad se entiende como un sistema complejo. La teoría de sistemas (Bertalanffy, 1968) y la profundización en el estudio y definición de los sistemas complejos (Morin, 1977) han dado los insumos teóricos para esta nueva perspectiva.

Con este soporte teórico se interpreta la ciudad como entidad compleja en la que las variables no se relacionan en forma lineal. El comportamiento de las variables urbanas responde al de un sistema dinámico, la morfología de la ciudad sería por lo tanto una estructura emergente resultado de dichas dinámicas y la normativa edilicia un elemento influyente significativo.

Sobre la interpretación de los fenómenos urbanos basada en estos aportes teóricos se generaron distintas experiencias que intentaron modelar y simular las dinámicas urbanas. En ese sentido existen desarrollos tecnológicos de distinto tipo como autómatas celulares, desarrollos fractales, L-Systems o gramáticas complejas que se han utilizado para interpretar estas dinámicas. Estas aproximaciones generaron una gama de productos de variado alcance que modelan con mayor o menor éxito los sistemas urbanos y permiten simular de este modo los desarrollos de nuestras ciudades en un entorno digital.

El interés internacional por la modelización de dinámicas complejas metropolitanas no ha tenido aún una clara traslación o aplicación para el caso de las áreas urbanas latinoamericanas y mucho menos nacionales, con las peculiaridades que ellas presentan. Últimamente la integración de estos desarrollos con software GIS ha ampliado las capacidades de ellas y han acercado experiencias desarrolladas en entornos académicos a los ámbitos de gestión y decisión. Los sistemas de información geográfica pueden agregar a estos modelos urbanos los beneficios que aportan los datos o atributos y su análisis espacial. Sin embargo, a pesar de todo su potencial, los GIS se utilizan tradicionalmente como «visualizadores de datos» y por tanto aún no están siendo aprovechados en plenitud.

Entre las aplicaciones de los modelos urbanos, tanto para el diseño como para operaciones que involucran juicios de valor y toma de decisiones, podemos incluir:

- Planificación comparativa. Simulación de escenarios para cada una de las alternativas del proyecto y comparación frente al contexto. Este fue el caso que se aplicó en Maryland (Anderson, 1996) para diseñar el

conector InterCounty. Se pudo evaluar y comparar el impacto entre incluir una vía de trenes de alta velocidad, una tradicional o ninguna.

- Resolución de conflictos. Identificación de áreas problemáticas, evaluando distintas variantes de Proyecto. Como ejemplo se puede mencionar al Plan Maestro para Leidsche Rijn. En ese caso el usuario podía alternar entre las diferentes opciones, modificar variables, como la inclinación de la autopista, y visualizar el impacto ambiental de cada alternativa desde distintos puntos de vista (van Dipten y van Klaveren, 1996).
- Estudios de visibilidad. Señalización del tránsito para corroborar su visibilidad desde todas las direcciones (Ranzinger y Gleixner, 1995) o en la verificación de cobertura o visibilidad de antenas transmisoras.
- Estudios de morfología y diseño. Comparación de cambios en la volumetría edificada según la aplicación de distintos códigos urbanos (Culagovski, Labarca y Rodrigo, 2005).
- Estudios de iluminación. Análisis de diferentes situaciones de iluminación y la influencia de la luz solar y las sombras en áreas urbanas.

## 2 Propuesta de trabajo

### 2.1 Objetivos

#### 2.1.1 Objetivo General

Este proyecto busca experimentar y estudiar el potencial de los sistemas de información geográfica y de otras herramientas digitales como plataformas para la planificación urbana incluyendo la modelización y diseño de normativa urbana, la prefiguración de los posibles desarrollos y el cálculo de los aumentos de carga sobre las infraestructuras urbanas que los marcos normativos generan. Mediante la experimentación en entornos concretos se profundizará en los campos de utilización de estas herramientas como apoyo a la planificación urbana y su estudio prospectivo definiendo posibles estrategias metodológicas.

#### 2.1.2 Objetivos Específicos

- Explorar las técnicas y principios del modelado tridimensional en entornos digitales.
- Aplicar dichas técnicas y principios a la modelación urbana de los marcos normativos edilicios de entornos concretos.
- Generar de esta manera prefiguraciones de las consecuencias que la aplicación de la norma genera sobre la morfología urbana de dichos entornos.
- Generar una metodología para el cálculo informático simulado de los cambios de cargas sobre las infraestructuras urbanas a partir del cruce de información entre las variantes morfológicas obtenidas por el modelo y los escenarios socioeconómicos, demográficos y normativos.
- Profundizar en la capacidad de los modelos de geometría asociativa informados para generar nuevos instrumentos normativos que permitan flexibilizar y complejizar los existentes, con base en cálculos y relaciones paramétricas entre las distintas variables. -Generar variaciones y alternativas de desarrollo en las áreas de estudio seleccionadas.

## 2.2 Objetos

### 2.2.1 COSTAPLAN

COSTAPLAN es un instrumento mediante el cual se ordena en forma general e integral el territorio de la microrregión de la Costa, y define el estatuto jurídico-territorial de los bienes inmuebles que la componen por medio del desarrollo de las Ideas Fuerza y Directrices contenidas en él.

Promulgado por Resolución 5924/2010 del 11 de noviembre de 2010, con revisión iniciada según la comunicación del 20 de octubre de 2017, se toma como material de referencia el articulado y la cartografía aprobada y publicada por la Intendencia de Canelones en su sitio web (<https://www.imcanelones.gub.uy>).

El plan se divide en tres zonas con estructuras parcelarias y perfiles diferenciados: zona sur, que comprende los padrones al sur de Avenida Giannattasio, zona centro, que comprende los padrones ubicados entre Avenida de las Américas y Avenida Giannattasio, y zona norte, ubicada al norte de Avenida de las Américas.

El plan define una zonificación primaria (urbano, suburbano, rural). El trabajo se centra en el estudio de los padrones de carácter urbano/suburbano.

La zonificación secundaria define una zona genérica con afectaciones generales sobre factores de ocupación, retiros y alturas máximas y una serie de zonas específicas con afectaciones particulares.

## 2.3 Supuestos

El presente trabajo busca generar una proyección de datos estadísticos que surgen como consecuencia de aplicar un marco normativo a una estructura parcelaria dada. A partir de esto y con el apoyo en una serie de supuestos se realizan los cálculos que permiten estimar datos relevantes.

Del mismo modo se presume una relación directa entre la aplicación de los marcos normativos, dicha estructura parcelaria y la morfología urbana que esta genera. Este supuesto habilita la generación de prefiguraciones morfológicas como una previsualización de los efectos morfológicos implícitos en la norma.

La obtención de los resultados se apoya en supuestos como la tendencia al máximo aprovechamiento de la edificabilidad o a prevalencias tipológicas estables, en el entendido de que estos configuran un escenario entre otros posibles.

Las proyecciones y prefiguraciones generadas muestran entonces las consecuencias de un escenario posible seleccionado por el equipo para operativizar el trabajo.

Estos son los supuestos de partida:

1. Toda normativa urbanística, al tratar la forma específica en que evolucionará el tejido construido de la ciudad, es necesariamente morfológica.

Las normativas urbanas son un código morfológico con una intención sobre la forma pretendida para la ciudad.

2. La concreción de la morfología implícita en la norma depende de un desarrollo urbano que tienda al máximo aprovechamiento de los rendimientos prediales.

Un desarrollo exitoso hacia una morfología deseada depende de la tendencia al máximo rendimiento de la edificabilidad predial.

3. Dentro de las variantes tipológicas es posible distinguir y calcular prevalencias estadísticas de unas sobre otras en predios de características similares.

La sustitución edilicia tiende a mantener las prevalencias estadísticas de unas tipologías sobre otras.

4. El carácter proyectivo del trabajo implica la consideración de una ocupación/sustitución poblacional con perfiles socioeconómicos predecibles y en forma medianamente homogénea.

La sustitución o renovación de las poblaciones se pueden proyectar con base en perfiles socioeconómicos predecibles.

## 2.4 Tecnologías

El proyecto busca profundizar en el uso de las tecnologías de la información geográfica (TIG) como plataformas para el proyecto de normativas urbanas, y la verificación de sus consecuencias tanto en aspectos morfológicos como en lo relacionado con los cambios en las cargas sobre infraestructuras y servicios.

El ejercicio de desarrollar una herramienta con estas características se basa en la utilización de software libre dentro de un sistema que automatiza los cálculos y genera prefiguraciones basadas en los supuestos de partida.

POSTGRES. La base de datos espacial se desarrolla en POSTGRES con su extensión POSTGIS. Ella constituye el backend de la aplicación y automatiza los procesos espaciales y los cálculos que permiten verificar las consecuencias de la norma.

La base de datos permite a usuarios especializados la edición de la información espacial en forma directa mediante software GIS convencional.

Geoserver. Se utiliza esta herramienta para la publicación de servicios web que son la base para el desarrollo de aplicaciones relacionadas con la información espacial generada.

Los servicios mantienen actualizados en forma dinámica los cambios producidos en la base de datos lo que permite reflejarlos en tiempo real.

app/Geográfica. Se desarrolla una aplicación que permita acceder a los datos y visualizar las consecuencias de los cambios en la norma. El desarrollo se orienta a usuarios no especializados en el uso de herramientas SIG poniendo especial interés en el diseño de una interfaz amigable e intuitiva.

El objetivo de producir una herramienta que apoye los procesos de planificación tiene como consecuencia la atención especial a las capacidades de edición de los marcos normativos y al cálculo automático de morfologías y valores.

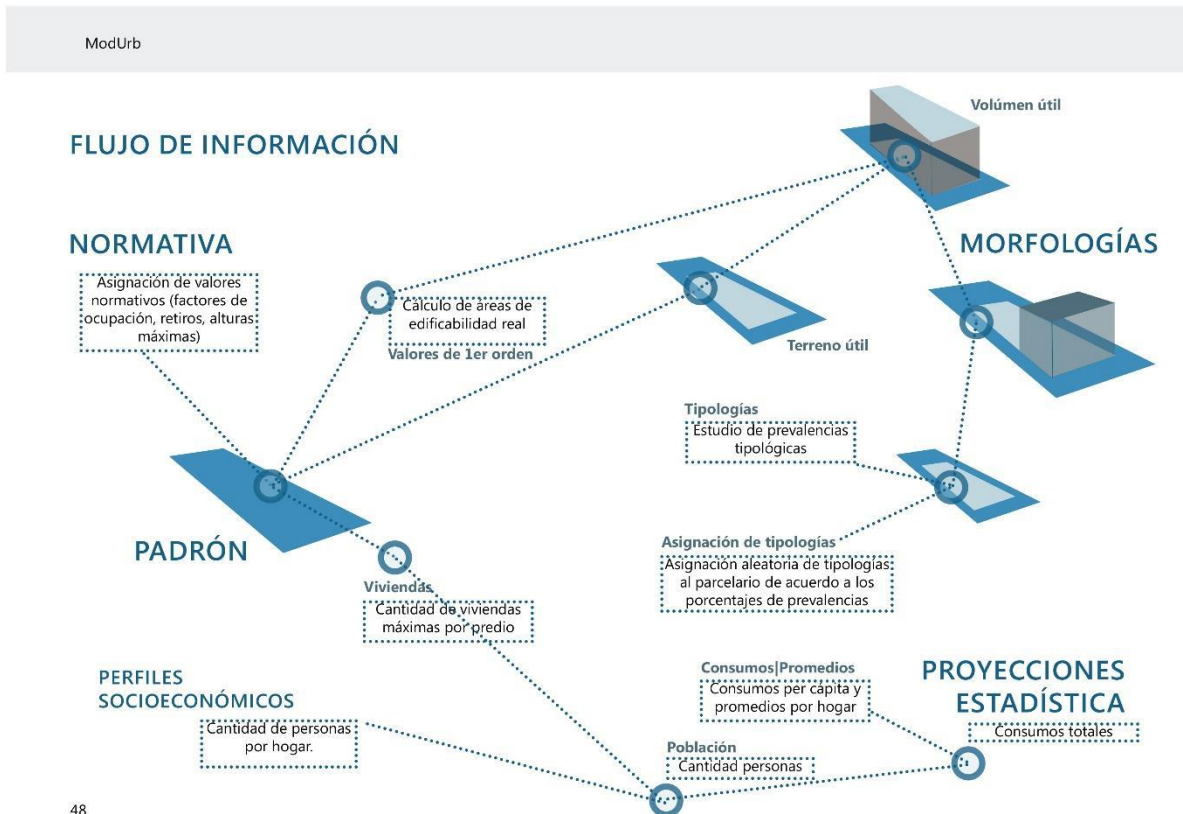


Fig. 1. Flujo de información. Fuente: elaboración propia. Disponible en SITU-ModUrb (<http://situ.fadu.edu.uy/apps/ModUrb>).

### 3. Metodología

#### 3.1 Normativa

##### 3.1.1 Sistematización de marcos

La sistematización de los marcos normativos implica la revisión de los documentos aprobados por la Junta Departamental de Canelones que se materializan en un articulado que define cada uno de los aspectos relacionados a los planes de ordenamiento seleccionados para el trabajo.

Se identificaron los parámetros normativos básicos utilizados en cada uno de los planes, que pueden agruparse en: factores de ocupación; alturas máximas, y gálibos; retiros.

La utilización de estos parámetros y los valores asignados a ellos son la principal herramienta utilizada por la norma para afectar o condicionar la edificabilidad de los predios comprendidos en los planes. La asignación del valor específico de cada parámetro a un predio concreto depende de tres factores combinados: la zonificación a la que pertenece, la jerarquización vial y su condición de esquina.

Es así que el trabajo de sistematización de los parámetros normativos básicos implicó el estudio y codificación de las combinaciones posibles para cada uno de los grupos de parámetros en relación con los factores que los condicionan y los valores que estos pueden adquirir de acuerdo al plan.



### 3.1.2 Digitalización de marcos

La cartografía que acompaña los articulados y que define las afectaciones prediales provocadas por el plan incluye los mapeos de los factores que intervienen en la asignación de los valores de cada parámetro.

Dichos factores (zonificación y jerarquización vial) se presentan en productos separados. De esta manera no existe un producto que ilustre completamente las condiciones a las que está sometido cada uno de los predios.

El trabajo de digitalización de los marcos implicó la asignación a cada uno de los predios individuales comprendidos en cada plan del código correspondiente a la sistematización previa de las variantes normativas que se desprenden de los planes.

De esta manera se establece una relación unívoca entra cada uno de los predios y el juego de valores que adquieren los parámetros normativos que afectan su edificabilidad. Es posible entonces el mapeo de los marcos normativos a nivel de padrón.

### 3.1.3 Normativa vigente

Se realiza un esquema de la normativa vigente del COSTAPLAN Sur y Centro para compararla con la nueva propuesta de normativa planteada por el equipo.

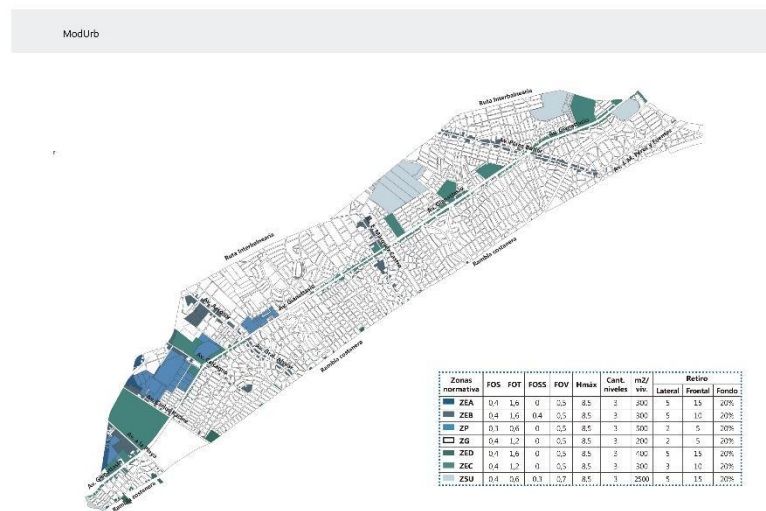


Fig. 2. Normativa vigente del COSTAPLAN. Fuente: elaboración propia. Disponible en SITU-ModUrb (<http://situ.fadu.edu.uy/apps/ModUrb>).

### 3.1.4 Normativa propuesta

Para testear el modelado morfológico de la aplicación se propone una alternativa a la normativa existente para las zonas del Costa Plan Centro y Sur. Las nuevas zonas ideadas se resumen en el esquema a continuación.



Fig. 3. Variante normativa. Fuente: elaboración propia. Disponible en SITU-ModUrb (<http://situ.fadu.edu.uy/apps/ModUrb>).

### 3.2 Cálculos estadísticos

#### 3.2.1 Valores de primer orden

La digitalización de los valores normativos a nivel predial posibilita el cruce de datos entre dichos valores y las características de cada uno de los predios individuales.

El resultado de esta relación lineal entre las características geométricas de cada predio y las afectaciones que la norma aplica sobre él es lo que denominamos valores de primer orden.

Estos valores permiten la verificación inmediata de las áreas reales de ocupación de cada predio así como de algunos otros datos relevantes. Asimismo, por la agregación de estos valores a escalas mayores se obtienen valores parciales y totales de los metros cuadrados permitidos por el plan.

#### 3.2.2 Valores de segundo orden

El cálculo de los valores de segundo orden surge del cruce entre los valores de primer orden y la asignación de perfiles socioeconómicos. La definición y uso de estos perfiles permite la proyección de valores relacionados con la conformación de los hogares y sus características.

Con la estimación de los tamaños de los hogares y los promedios de consumo de agua, energía eléctrica, generación de residuos, etcétera es posible proyectar los requerimientos de la zona de aplicación del plan en cada uno de estos rubros.

ModUrb

## RESUMEN DE DATOS

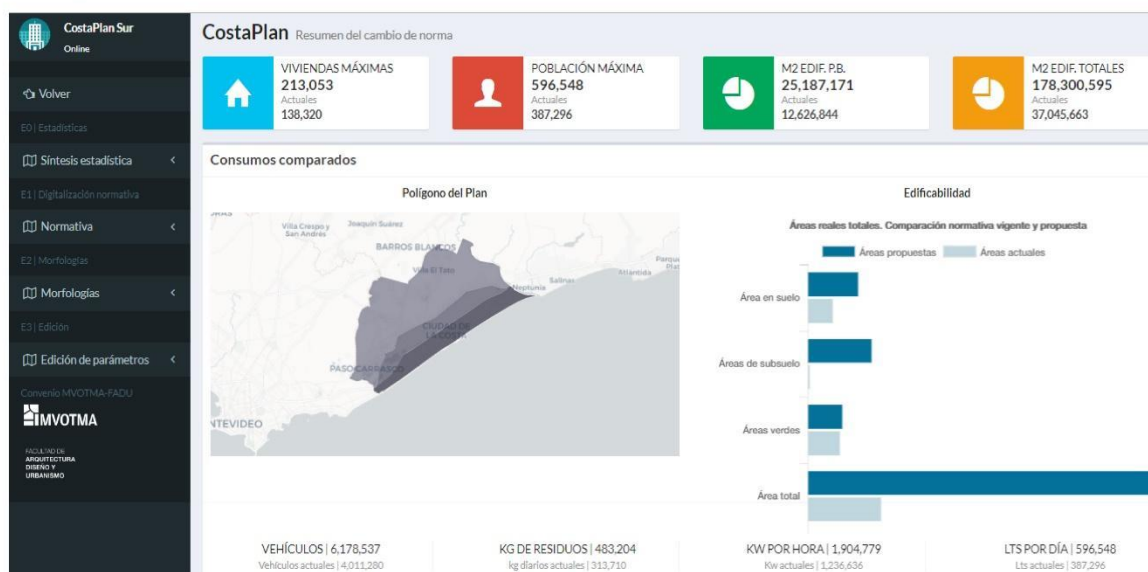


Fig. 4. Variante normativa. Fuente: elaboración propia. Disponible en SITU-ModUrb (<http://situ.fadu.edu.uy/apps/ModUrb>).

### 3.2.3 Perfiles socioeconómicos

La definición de los perfiles socioeconómicos utilizados para el cálculo de los promedios por hogar se realizan con base en el trabajo «Vivienda, dónde vivimos los uruguayos» de Jack Couriel y Jorge Menéndez. Según esta publicación, se asignan una serie de segmentos estadísticos a una serie de tres perfiles socioeconómicos diferenciados. Basados en la definición de estos perfiles es posible extraer promedios por hogar en cualquiera de los rubros manejados por los censos del INE y las encuestas continuas de hogar.

## 3.3 Morfología

### 3.3.1 Terreno útil

El proceso para la prefiguración de las morfologías que generan los marcos normativos comienza con la definición de los terrenos útiles. Éstos surgen de eliminar las zonas de exclusión que corresponden a los retiros frontales, laterales y de fondo.

La sustracción de éstas áreas de cada uno de los padrones comprendidos por el plan permite obtener las zonas útiles edificables de cada predio, suelo sobre el cual finalmente se generarán las morfologías

### 3.3.2 Volumen útil

Como segundo paso hacia la construcción de morfologías se procede a la definición de los volúmenes útiles. Así como los terrenos útiles representan el suelo potencialmente edificable en PB, la extrusión de ellos hasta la altura máxima permitida para cada predio conforma los volúmenes útiles.

Cualquiera sea la morfología final que adopten los posibles desarrollos urbanos estarán siempre comprendidas en los volúmenes útiles definidos.

### 3.3.3 Estudio de variantes tipológicas

El modelado de prefiguraciones morfológicas se apoya en el supuesto de la tendencia al aprovechamiento máximo de las edificabilidades prediales. Los resultados morfológicos dependen de la distribución de estos máximos edificables en el volumen útil permitido por la norma.

Bajo el supuesto de la prevalencia de ciertas tipologías edificatorias básicas sobre otras se realiza un análisis tipológico de las zonas de estudio. Mediante el estudio de una muestra de predios se busca definir dichos porcentajes de prevalencias.

Para realizar una categorización y así clasificar los predios se realiza una abstracción simplificada de tipologías básicas que se agrupan en seis categorías generales:

- padrones tipo con construcciones al frente,
- padrones tipo con construcciones al frente y al fondo,
- padrones tipo con construcciones al fondo.
- padrones tipo con construcciones laterales, sobre una medianera,
- padrones en esquina con construcciones al frente,
- padrones en esquina con construcciones al fondo.

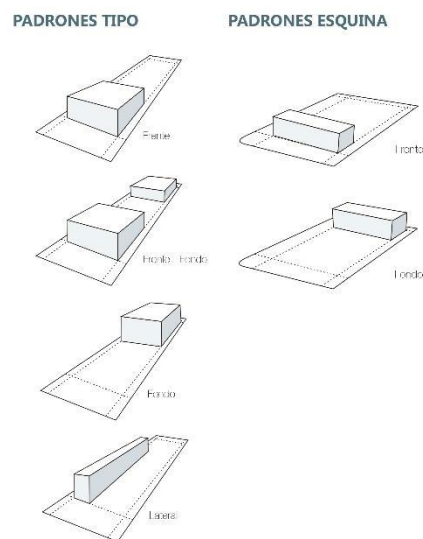


Fig. 5. Clasificación de tipologías. Fuente: elaboración propia. Disponible en SITU-ModUrb (<http://situ.fadu.edu.uy/apps/ModUrb>).

### 3.3.4 Criterios de selección de muestras

El objetivo del relevamiento es obtener una estimación de la distribución porcentual de las prevalencias de las tipologías de referencia en Ciudad de la Costa.

El universo de las unidades de muestreo comprendido por las unidades prediales está constituido por los 42.696 padrones de Ciudad de la Costa. Para el análisis se realiza una subdivisión del universo de padrones en zonas (sur, centro y norte) que permite ajustar las prevalencias tipológicas.

Desde una perspectiva estadística la variable de interés a estimar es la distribución de los volúmenes edificados. Es una variable con ocho categorías asociadas a las tipologías de referencia, por lo cual presenta una distribución multinomial.

No se dispone de información previa sobre el número de padrones sin construir (predios vacíos), por lo cual esta situación se incorpora para tener un sistema exhaustivo de categorías para la variable de interés.

Las categorías que pueden asignarse a un padrón dependen de su ubicación en la manzana (no esquina o esquina). Para el diseño de muestra y en la forma de selección no se considerará esta información ya que para obtener muestras suficientemente representativas por separado de estos dos tipos de ubicaciones (dentro de cada zona) deberían tomarse muestras de tamaño sensiblemente mayor al factible en este estudio.

Sin embargo, dado que se tiene información sobre la distribución de esta característica a nivel del universo de padrones, podrían realizarse estimaciones por separado de la tipología según ubicación para el conjunto de Ciudad de la Costa (es decir, considerando todas las muestras juntas, con lo cual aumenta el tamaño muestral).

#### Criterios para calcular los tamaños de muestra

Se calculan tamaños de muestras aleatorias simples independientes para cada zona. A su vez, se podrán realizar estimaciones a nivel del conjunto de Ciudad de la Costa considerando cada zona como un estrato (ponderando según el peso de cada zona en el universo y en la suma de muestras).

Para el cálculo de las muestras se supone una distribución binomial de la variable de interés de modo de simplificar la selección de muestra y obtener un tamaño factible de observación.

Dado que la variable de interés es multinomial (con ocho categorías) se espera que los errores de estimación para cada categoría de la variable (para el mismo nivel de confianza) sean mayores (en términos relativos) a los considerados para el cálculo de la muestra.

Valor supuesto del parámetro (porcentaje de una categoría de la variable de interés): 50 %.

Error absoluto máximo admisible (suponiendo distribución binomial de la variable de interés): 5 % (equivalente a un error relativo del 10 % suponiendo  $p=50$  %).

Nivel de confianza: 95 %.

Con base en estos supuestos se calcula el tamaño de muestra para cada una de las zonas.

### 3.3.5 Prevalencia tipológica

1- Estimación de la distribución porcentual de prevalencias tipológicas según zona y tipo de padrón (común o esquina).

El estimador puntual del porcentaje de cada categoría según zona y tipo de padrón (comunes o esquinas) es el porcentaje correspondiente en la muestra, por ser un muestreo aleatorio simple.

Para el cálculo de los límites de los intervalos de confianza de cada proporción se ha utilizado el método propuesto por Robert Tortora (Tortora, 1978) para distribuciones multinomiales (variables con más de dos categorías).

## 2- Estimación de la distribución porcentual de prevalencias tipológicas según zona.

Para el cálculo del estimador puntual en cada zona considerando todas las categorías en conjunto (comunes y esquinas) se hace un mínimo ajuste de ponderación dado que en algunas zonas hay una pequeña sobrerepresentación en la muestra de padrones comunes en relación con los padrones esquina y en otras zonas sucede lo inverso.

Para el cálculo de los estimadores por intervalo para la región de confianza considerada (95 %) se toman los estimadores puntuales ajustados y se utiliza el procedimiento ya descrito.

Se presenta para cada zona considerada:

1. Estimación puntual y estimación por intervalo (región de confianza del 95 %) de la distribución porcentual de la tipología de construcción en padrones comunes edificados.
2. Estimación puntual y estimación por intervalo (región de confianza del 95 %) de la distribución porcentual de la tipología de construcción en padrones esquina edificados.
3. Estimación puntual y estimación por intervalo (región de confianza del 95 %) de la distribución porcentual (considerando padrones comunes, esquina y vacíos en la misma distribución).

Es importante destacar que la amplitud de los intervalos de confianza depende, entre otros aspectos, del tamaño de la muestra, por lo que es posible obtener intervalos más cortos incrementando las unidades de muestreo.

CIUDAD DE LA COSTA SUR				
	Categorías	Estimación puntual (%)	Región de confianza (95%)	
			Límite inferior (%)	Límite superior (%)
TIPOLOGÍA PADRONES COMUNES	Frente	55.8	48.8	62.7
	Lateral	4.4	1.5	7.2
	Frente - Fondo	2.2	0.1	4.2
	Fondo	19.1	13.6	24.6
		0.0	0.0	0.0
TIPOLOGÍA PADRONES ESQUINA	Frente	4.6	1.7	7.5
	Fondo	11.3	6.9	15.7
	Padrones vacíos	2.7	0.4	4.9
Muestra: 377 padrones; Universo: 18967 padrones, fracción de muestreo: 0.02 Ponderadores de ajuste: Padrones comunes*1.030, Padrones esquina*0.869				

Fig. 6. Porcentaje de prevalencias tipológicas. Fuente: elaboración propia. Disponible en SITU-ModUrb (<http://situ.fadu.edu.uy/apps/ModUrb>).

### 3.3.6 Morfologías

De acuerdo con las prevalencias tipológicas obtenidas se asigna a cada predio una tipología de referencia para la generación de morfologías. La asignación de una tipología específica permite distribuir el metraje edificable máximo permitido dentro del volumen útil previamente definido. Se genera de este modo una previsualización de las consecuencias morfológicas implícitas en la norma.



Fig. 7. Previsualización morfológica zona de estudio, volumen según estudio de variantes tipológicas. Fuente: elaboración propia. Disponible en SITU-ModUrb (<http://situ.fadu.edu.uy/apps/ModUrb>).

### Referencias bibliográficas

- Ahumada, J. (1966). Notas para una teoría general de la planificación. Cuadernos de la Sociedad Venezolana de Planificación, (IV)4-5. Caracas: La Sociedad.
- Anderson, J. (1996). 3D & 4D Modeling from 2D GIS. National Capital Park & Planning. MNCPPC Montgomery County, Maryland, USA.
- Aymonino, C. (ed.). (1972). Orígenes y desarrollo de la ciudad moderna. Barcelona: Gustavo Gili.
- Bertalanffy, K. L. von. (1968). General System Theory: Foundations, Development, Applications. New York: George Braziller.
- Borja, J. (2003). Ciudad y planificación: la urbanística para las ciudades de América Latina. Colección Mediterráneo Económico 3: Ciudades, arquitectura y espacio urbano, Madrid.
- Couriel, J. y Menéndez, J. (2013/2014). Vivienda. Revista Nuestro Tiempo, 14. Montevideo: Comisión del Bicentenario.
- Culagovski, R., Labarca, C. y Rodrigo, M. (2005). Simulación urbana paramétrica. 2.º Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, Universidad del Bío-Bío, Chile.

Intendencia de Canelones. (2009). COSTAPLAN. Canelones, Uruguay: Intendencia de Canelones.

Intendencia de Canelones. (2010). Plan Estratégico Canario, 2do avance. Canelones, Uruguay: Intendencia de Canelones.

Morin, E. (1977). El Método I. La naturaleza de la naturaleza. París: Edition du Seuil.

Panerai, P., Castex, J. y Depaule, J-Ch. (1986). Formas urbanas de la manzana al bloque. Barcelona: Gustavo Gili.

Ranzinger, M. y Gleixner, G. (1995). Changing the City: Data Sets and Applications for 3D Urban Planning. GIS Europe, march, (3), 28-30.

Tortora, R. (1978). A Note on Sample Size Estimation for Multinomial Populations. The American Statistician,(32)3, 100-102.

Van Dipten, R. y van Klaveren, E. (1996). The surplus of virtual reality in urban planning. Second joint european Conference & Exhibition on Geographical Information. Barcelona, España.

#### Otras referencias

Presidencia de la República (2007). Programa Agenda Metropolitana. Libro blanco del área metropolitana. Montevideo: Editorial Agenda Metropolitana.

Intendencia Municipal de Montevideo. (1997). Plan Montevideo. Montevideo: IMM.