



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



FACULTAD DE
INGENIERÍA
UDELAR

METODOLOGÍA PARA LA DETECCIÓN DE OPORTUNIDADES DE SUSTITUCIÓN EDILICIA

GABRIEL MILLER WILCHINSKY
EZEQUIEL VIZCAÍNO PEREZ

Proyecto de grado presentado en Facultad de Ingeniería de la Universidad
de la República

En cumplimiento parcial de los requerimientos para la obtención del título
de Ingeniero Agrimensor

Tutores

Ing. Agrim. Luis Alberto Calderón Ruíz
Lic. Carlos Andrés Chiale

Tribunal

Ing. Civil Carlos Peruzzo
Ing. Agrim. Hebenor Bermúdez
Ing. Agrim. Miguel Gavirondo

Montevideo, Uruguay
2023

Página de aprobación

El Tribunal docente integrado por los abajo firmantes aprueba informe de Proyecto Final de grado:

“Metodología para la detección de oportunidades de sustitución edilicia”

Autores: Gabriel Miller, Ezequiel Vizcaíno

Tutores: Ing. Agrim. Prof. Luis Alberto Calderón Ruiz - Lic. Carlos A. Chiale

Carrera: Ingeniería en Agrimensura

Puntaje:

Tribunal:

Profesor (Nombre y firma)

Profesor (Nombre y firma)

Profesor (Nombre y firma)

Fecha: 10 de abril, 2023

AGRADECIMIENTOS

A los docentes del Instituto de Agrimensura con los que tuvimos la suerte y el agrado de compartir y aprender a lo largo de todos estos años de formación, y en especial, a nuestros tutores, Ing. Agrim. Luis Calderón y Lic. en Sistemas y Tec. Cartógrafo Carlos Chiale por su dedicación y voluntad de compartir sus conocimientos de la materia, de manera de llegar a un resultado idóneo para el presente proyecto. Además, queremos hacer una mención especial al docente Ing. Agrim. Ricardo Martínez quien nos brindó la idea inicial a partir de la cual se elaboró el proyecto de grado.

Adicionalmente, queremos agradecer a los docentes Ing. Agrim. Martha Siniacoff, Ing. Agrim. Hebenor Bermúdez e Ing. Geógrafo Eduardo Vasquez, quienes siempre estuvieron dispuestos a evacuar las dudas y reforzar conocimientos acerca de sus áreas de expertise.

Por otra parte, queremos agradecer al Servicio de Geomática de la Intendencia de Montevideo por los insumos brindados y a Mauro Arzuaga por la disponibilidad y consultoría acerca de dispositivos UAV.

Finalmente, a nuestros familiares, amigos y compañeros de clase y trabajo que nos brindaron su apoyo incondicional año tras año.

Gracias por ser parte del proceso.

Tabla de Contenido

1. Introducción	6
2. Objetivos	6
3. Marco Teórico	7
3.1. Avalúo de Inmuebles	7
3.2. Datos e Información Geográfica	10
3.3. Base de Datos	13
3.4. Índice de Vegetación	16
4. Insumos Requeridos	17
5. Elección del Área de Estudio	19
6. Normativa vigente	20
7. Procedimiento	23
7.1. Obtención de los Insumos	23
7.2. Puesta a punto de los datos requeridos	23
7.3. Análisis geoespacial en software GIS	25
7.4. Análisis en base de datos	28
7.5. Determinación de Oportunidades	37
7.6. Posibilidad de consulta por el usuario	40
8. Esquema de Metodología	41
9. Análisis de Variables	42
9.1 Análisis de Volumen Ocupado	43
9.2 Análisis de Estado de Conservación	44
9.3 Análisis de Filtros	46
10. Actualización	47
10.1 Control y Procedimiento	47
10.2 Detección de cambios	47
11. Control de Calidad	49
11.1. Calidad de los insumos	49
11.2. Calidad del parámetro “Área Edificada”	50
11.3. Calidad del producto	52
11.4. Esquema de Análisis de Sustituciones	55
12. Viabilidad de Implantación	57
13. Requisitos y Restricciones	58
14. Conclusiones	59
15. Bibliografía y Fuentes	61
16. Anexos	64
A. Metodología detallada	64
1. Descarga de los insumos	64
2. Puesta a punto de los datos	66
3. Análisis geoespacial en software GIS	69

4. Análisis en Base de Datos	82
5. Análisis Multitemporal	103
B. Planilla de Relevamiento	107
C. Tabla de Valores Unitarios según Categoría y Destino	108
D. Planilla de Sustituciones	109
E. Metadatos DNC	110
F. Láminas	112
F.1. Altura máxima según la normativa vigente para la zona	112
F.2. Diferencias de altura entre la situación actual y potencial (en m) para la zona	113
F.3. Variación de altura (en m) entre 2018 y 2021 para la zona	114
G. Abreviaturas	115

Resumen

El presente trabajo consiste en la definición de una metodología que permita identificar las mejores oportunidades de sustitución edilicia dentro de un área urbanizada a partir de un análisis geoespacial y análisis de datos.

Para esto, se utilizan modelos digitales de elevación, ortoimágenes y archivos vectoriales de diversa índole, trabajados en software GIS (Geographic Information System, o Sistema de Información Geográfica) y DBMS (Database Management System, o Sistema de Gestión de Base de Datos).

La metodología se desarrolla en base a un zona de aplicación de la ciudad de Montevideo, en la cual se detecta mediante un análisis multitemporal que, para el período 2018-2021, el 80% de las sustituciones edilicias efectivizadas fueron reconocidas como buenas oportunidades. Asimismo, la precisión hubiese ascendido a un 90% en caso de trabajar con datos de misma temporalidad.

Palabras Clave

- Sustitución edilicia
- SIG
- MDS
- MDT
- Mercado inmobiliario
- Base de datos
- SQL
- NDVI
- Análisis volumétrico
- Fotogrametría
- Análisis de Datos

1. Introducción

En función de los datos abiertos que existen a nivel nacional en combinación con la información y tecnología disponible, se pueden elaborar múltiples análisis sin necesidad de realizar relevamientos en campo o pagar por ello. Específicamente, el presente trabajo surge de la idea de detectar oportunidades de sustitución edilicia en zonas urbanas.

El estudio posee dos componentes esenciales, por un lado, el análisis de volúmenes elaborado en un software GIS a partir de los modelos digitales de elevación, obtenidos en el vuelo aerofotogramétrico nacional realizado por la Infraestructura de Datos Espaciales de Uruguay (IDEuy). Por otro lado, se hace uso de la normativa departamental y de las “líneas de construcción” de las declaraciones juradas de caracterización urbana (DJCU) que dispone la Dirección Nacional de Catastro (DNC), para realizar un cruzamiento de la información en un sistema de bases de datos. Además, en el análisis intervienen otras variables de interés a la hora de considerar un proyecto inmobiliario, como pueden ser elementos del entorno, valor medio de una construcción para la zona, parámetros demográficos, etc.

La gran interrogante en este análisis es: **¿cómo calificar si una edificación es una buena oportunidad de sustitución o no?**; es decir, cómo se determina el grado de susceptibilidad a la sustitución de una construcción.

La respuesta a ésta incógnita, recae en los intereses del usuario dado que la calificación de una construcción no depende solo de las características de la misma, sino que intervienen múltiples factores como la antigüedad, el estilo, el valor simbólico, su entorno, entre otros. En este sentido, el desarrollo del presente trabajo se enfoca desde la mirada de un inversor inmobiliario, donde la principal variable a considerar será la rentabilidad económica entre la construcción existente y la implantación del proyecto futuro.

2. Objetivos

El principal objetivo es construir una metodología donde se identifiquen las oportunidades edilicias con mayor rentabilidad.

La metodología se desarrolla con el fin de ser aplicado en distintas zonas urbanas y de forma multitemporal. Ésto implica que, puede adaptarse a las variables y características del entorno urbano de aplicación, así como a la incorporación de nuevos datos.

A través de los datos abiertos y de los parámetros de interés del sector inmobiliario se busca definir una metodología para cuantificar y calificar las oportunidades de inversión que se presentan en la zona de estudio, de acuerdo a las necesidades de cada inversor inmobiliario.

Determinar la calidad del producto en todos los aspectos. Por un lado, determinar la precisión de los datos de entrada que se utilizan para realizar los cálculos y por otro definir la certeza de los resultados obtenidos con respecto a la realidad.

3. Marco Teórico

3.1. Avalúo de Inmuebles

Método Residual Dinámico o Involutivo o Factor Alfa

“Este proceso está basado en el previo estudio de viabilidad técnico-económica de implantación con aprovechamiento eficiente de un emprendimiento inmobiliario compatible con las características de un inmueble y con las condiciones del mercado.

Debe considerarse la potencial comercialización de unidades hipotéticas futuras consideradas sobre la base de valores previamente investigados. Ello implica realizar estimaciones del costo del proyecto, del margen de beneficio, de los gastos de comercialización, de los gastos de tasas exigibles, de los honorarios de los técnicos intervinientes, del lucro cesante del capital invertido antes de obtenerse un retorno y muchas otras variables que están incluidas en forma global en los rubros antes mencionados.

Es un procedimiento fuertemente aconsejable de ser utilizado en inmuebles factibles de ser urbanizados a corto plazo, dadas sus características tanto intrínsecas como extrínsecas.” [21]

$$\alpha = VT/PT = \text{valor del terreno} / \text{precio de venta total del proyecto} \quad (1)$$

Valor de Reposición

“Corresponde al valor a nuevo de una edificación realizada al presente, que mantenga una misma o equivalente categoría y un mismo destino que la edificación original considerada.” [21]

$$\text{Valor Actual de la Construcción} = \text{Valor de Reposición} * \text{Coef. Depreciación} \quad (2)$$

Coefficientes de Depreciación

A continuación se definen algunas de las variables de interés que intervienen en el cálculo evaluatorio de las construcciones.

Categoría

Es la cualidad que hace referencia a la calidad constructiva de los edificios, y que incluye materiales, técnicas y acabados.

Las categorías en que se clasifica una construcción son:

- Muy Buena
- Buena
- Mediana
- Económica
- Muy Económica

Existen categorizaciones intermedias a las mencionadas.

La Dirección Nacional de Catastro establece una codificación para cada una de las categorías, la cual es usada en las DJCU. Ésta codificación va a ser utilizada a lo largo del trabajo por lo que se presenta a continuación. [21]

Categoría	Código DNC
Muy Confortable	1.0
Muy Confortable/ Confortable	1.5
Confortable	2.0
Confortable/Común	2.5
Común	3.0
Común/Económica	3.5
Económica	4.0
Económica/Muy Económica	4.5
Muy Económica	5.0

Tabla 1: Codificación de categorías constructivas según DNC - Fuente: [21]

Estado de Conservación

La conservación que se haga de una construcción incide en su valorización, es así que una construcción bien conservada mantendrá un mayor valor en el tiempo que una a la que no se le brinde mantenimiento.

Puede aceptarse el principio general de que una construcción en perfecto estado de conservación no acusa depreciación por este concepto, independientemente de la edad que tenga, en cambio los deterioros acumulados en el tiempo puede provocar que el valor atribuible sea nulo.

Las construcciones se pueden clasificar según su estado de conservación en:

- Muy Bueno
- Bueno
- Regular
- Malo
- Muy Malo
- Ruinoso

Es posible determinar estados de conservación intermedios a las categorías anteriormente mencionadas.

A continuación se presentan los coeficientes de depreciación por estado para las divisiones principales, el resto de valores intermedios se obtiene por interpolación. [21]

Estado de Conservación	Coef. de Depreciación
Muy Bueno	1.0
Bueno	0.93
Regular	0.82
Regular/Malo	0.68
Malo	0.47
Muy Malo	0.28
Ruinoso	0

Tabla 2: Depreciación según Estado de conservación - Fuente: [21]

Al igual que para las categorías de las construcciones, la DNC asigna un código a cada uno de los estados.

Estado de Conservación	Código DNC
Excelente	1.0
Excelente/Bueno	1.5
Bueno	2.0
Bueno/Regular	2.5
Regular	3.0
Regular/Malo	3.5
Malo	4.0
Malo/Regular	4.5
Muy Malo	5.0

Tabla 3: Codificación de estados de conservación según DNC- Fuente: [21]

El **grado de protección patrimonial** restringe las modificaciones que se pueden realizar sobre un inmueble, por lo que el diseño de un proyecto inmobiliario está acotado en menor o mayor grado por valores patrimoniales, lo que trae aparejado una depreciación del inmueble desde el punto de vista avaluatorio. [21]

A continuación se presentan los valores de depreciación según el grado de protección patrimonial.

Protección	Grado de Protección	Coef. de Depreciación
Sustitución Deseable	0	1
Sustitución Posible	1	0.90
Protección Ambiental	2	0.75
Protección Estructural	3	0.65
Protección Integral	4	0.50

Tabla 4: Depreciación según grado de protección patrimonial- Fuente: [21]

3.2. Datos e Información Geográfica

Para comenzar, corresponde definir algunos conceptos generales de la geomática que se encuentran vinculados entre sí.

En primer lugar, definimos un **dato** como “representación simbólica de alguna situación o conocimiento, sin ningún sentido semántico. Es decir, los datos describen situaciones y hechos sin transmitir mensaje alguno. Son interpretados en forma neutra, casi fuera de contexto” [2].

Luego, definimos la **información** como “un conjunto de datos que han sido adecuadamente procesados; de esta manera la información puede proveer un mensaje que contribuya a la toma de decisión a la hora de resolver un problema” [2].

Posteriormente, definimos **información geográfica** cuando alguno de los datos que la componen es un dato geográfico [2].

Finalmente, definimos un **Sistema de Información Geográfica (SIG)** como el “conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos” [2].

Dentro de los Sistemas de Información Geográfica, existen dos tipos de archivos que serán los que principalmente se utilicen, siendo estos: los archivos ráster y archivos vectoriales.

En el modelo **ráster**, “la zona de estudio se divide de forma sistemática en una serie de unidades mínimas (denominadas habitualmente celdas), y para cada una de estas se recoge la información pertinente que la describe” [3]. De manera más coloquial, un ráster se puede interpretar como una fotografía, dividida en las anteriormente mencionadas celdas (o píxeles), donde cada una de estas celdas contiene un único valor. Veremos más adelante como un modelo ráster puede tener asociado a cada celda un valor que representa un dato de la realidad, por ejemplo, la altura (en el caso de un Modelo Digital de Elevación o MDE).

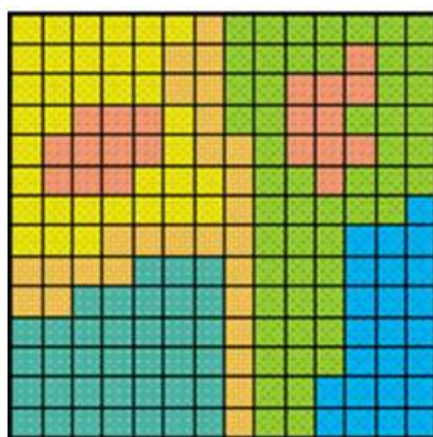


Imagen 1: Ejemplo de archivo ráster. Fuente: [3]

En el modelo **vectorial**, “se recoge la variabilidad y características de la zona mediante entidades geométricas, para cada una de las cuales dichas características son constantes”. “El modelo vectorial se basa en entidades discretas, ya que modela el espacio geográfico mediante una serie de primitivas geométricas que contienen los elementos más destacados de dicho espacio. Estas primitivas son de tres tipos: puntos, líneas y polígonos” [3]. Un ejemplo de un archivo vectorial (específicamente de tipo polígono) que se utilizará en el presente análisis será el parcelario de la zona de estudio.

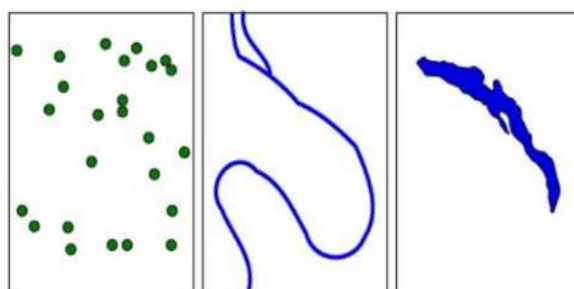


Imagen 2: Ejemplo de archivos vectoriales de tipo punto, línea y polígono. Fuente: [3]

Por otro lado, una forma de representación de datos espaciales muy relevante para la realización del presente análisis son los llamados **Modelos Digitales de Elevación (MDE)**. Un Modelo Digital de Elevación se define como una “representación visual y matemática de los valores de altura de un terreno con respecto a un plano” [3]. Es decir, para cada punto (que según la tarea y el instrumental, representará una extensión distinta), se obtiene y representa un valor de altura. Algunos formatos destacables para el manejo de MDE son los anteriormente definidos archivos ráster, donde el valor de altura estará dado para cada píxel (siendo esta la mínima entidad del formato) y también los archivos vectoriales, donde un MDE puede representarse a través de curvas de nivel, una red de triángulos TIN (Triangulated Irregular Network) o puntos con cota. Otro formato muy utilizado en lo que refiere a los MDE es el formato LAS (formato estándar para almacenar e intercambiar datos LIDAR).

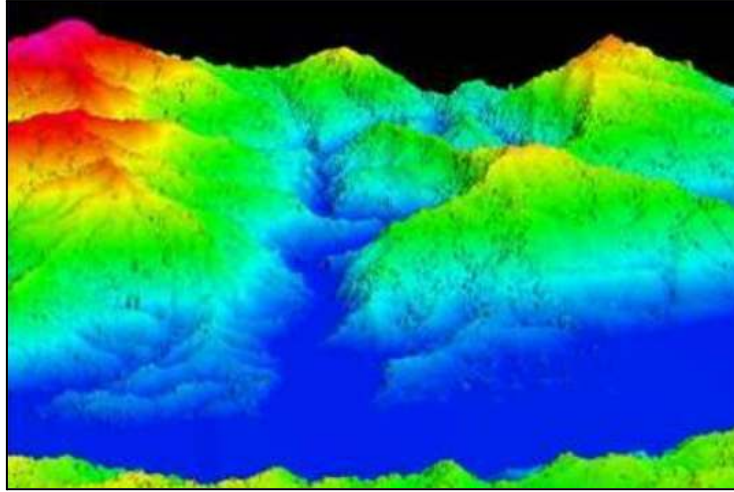


Imagen 3: Ejemplo de Modelo Digital de Elevación. Fuente: [12]

Dentro de lo que representan los MDE, se pueden diferenciar dos tipos de modelos: los Modelos Digitales de Terreno (MDT) y los Modelos Digitales de Superficie (MDS). La particular y principal diferencia entre ambos recae en que un **Modelo Digital de Terreno** sólo contiene puntos correspondientes al suelo e ignora todo tipo de construcción u objeto que sobresalga del mismo; mientras que un **Modelo Digital de Superficie** representa el terreno, los elementos de origen antrópico y la vegetación. Ambos modelos sirven a propósitos distintos y a su vez, su uso en conjunto puede propiciar otros resultados únicos de su combinación. Ésto último, será de gran utilidad en el presente análisis, donde se utilizarán ambos modelos digitales para una cierta zona y a partir de operaciones matriciales se obtendrán resultados fundamentales para lograr el objetivo planteado.

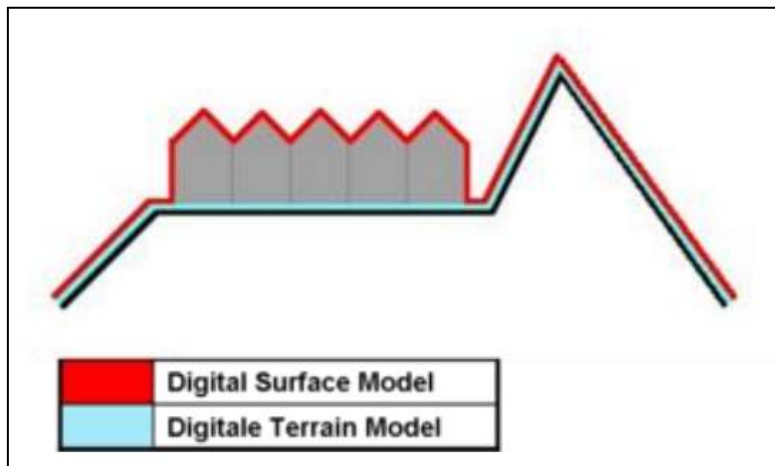


Imagen 4: Diagrama de diferencia entre un MDS y un MDT. Fuente: [3]

3.3. Base de Datos

Día a día, operamos y registramos una serie de parámetros, hechos, números, afirmaciones, las cuales representan algo de la vida real. Estos son precisamente datos cuya organización y relación asociada a un contexto hacen a la información.

El objetivo de los Sistemas de Información (SI) es almacenar, recuperar y procesar datos e información para crear nueva información. Los mismos se componen por software y hardware en los cuales se disponen y almacenan los datos que cumplen ciertas especificaciones establecidas por los técnicos o clientes y son desarrolladas por los programadores para implementarlas en una base de datos, en la cual se puedan consultar y modificar. [8]

Sistema de base de datos

“Una **base de datos** es una recopilación organizada de información o datos estructurados, que normalmente se almacena de forma electrónica en un sistema informático. Normalmente, una base de datos está controlada por un Sistema de Gestión de Base de Datos (DBMS). En conjunto, los datos y el DBMS, junto con las aplicaciones asociadas a ellos, reciben el nombre de sistema de bases de datos.” [18]

Generalmente, los datos se disponen en estructuras de filas y columnas en un serie de tablas, donde los programas y usuarios del sistema pueden, a través del SGBD, acceder, gestionar, modificar y controlar los mismos.

Existen diferentes tipos de base de datos de acuerdo al tipo de dato y su utilización:

- Base de datos relacionales
- Base de datos orientadas a objetos
- Base de datos distribuidas
- Base de datos orientada a grafos
- Base de datos de documentos [8]

Diseño conceptual

Es la primera etapa en el diseño de una base de datos, en la cual se construyen los esquemas conceptuales de una realidad. En ésta instancia se modelan los datos a alto nivel en un lenguaje conceptual, donde se especifican estructuras y restricciones de integridad. Es la etapa previa al diseño del esquema lógico. Algunos ejemplos de modelos conceptuales son:

- Modelo de Entidad-Relación
- Modelo de Entidad-Relación extendidos
- Modelo Multidimensional

Existen conceptos básicos que se deben considerar a la hora de elaborar el esquema conceptual que facilitan y hacen posible el paso posterior a un diseño lógico.

En un esquema conceptual, los elementos de interés aparecen agrupados o clasificados en conjuntos de acuerdo a sus características, las cuales son asignadas como atributo a cada elemento. A su vez, los elementos se asocian por medio de relaciones entre conjuntos.

Las condiciones que indican cuando un elemento o pareja puede o no pertenecer a un conjunto o relación, se denominan restricciones de integridad. Una de estas restricciones es la

Cardinalidad entre los conjuntos, en la cual se especifica cuántos elementos de un conjunto se corresponden con un elemento de otro conjunto y viceversa. La cardinalidad puede ser de N:1 o de N:N.[9]

Modelo de Entidad - Relación (ER)

Es un tipo de esquema conceptual propuesto por Peter Chen en 1976. Los principales elementos que intervienen son las entidades, las relaciones, atributos, generalización, agregación, entidad débil.

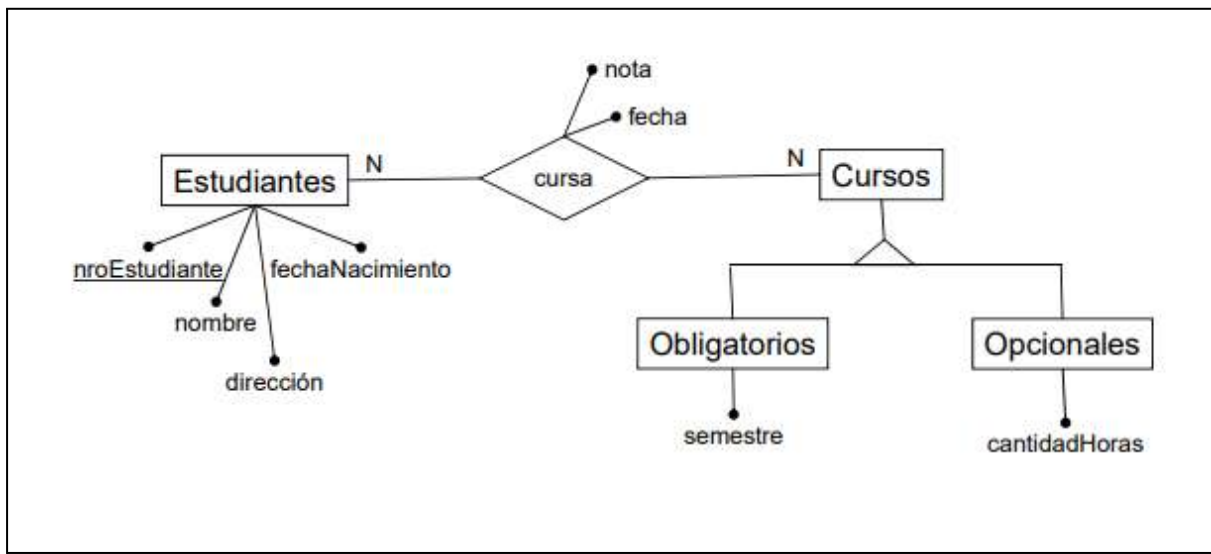


Imagen 5: Esquema Entidad - Relación. Fuente: [9]

El modelo ER tiene un lenguaje de definición de datos gráficos orientado a la representación de estructuras y restricciones de integridad, denominado diagrama de Entidad - Relación. Acompañado de este gráfico se especifican las restricciones no estructurales (RNE), definidas por fórmulas lógicas o de conjuntos que representan las restricciones que no pueden ser expresadas en el diagrama por su complejidad o por falta de notación. [9]

Sistema de base relacional

“Una **base de datos relacional** es un tipo de base de datos que almacena y proporciona acceso a puntos de datos relacionados entre sí.” [19] Se basan en el modelo relacional, donde cada fila en una tabla es un registro con una identificación única (ID), llamada clave. Las columnas de la tabla contienen los atributos de los datos y cada registro suele tener un valor para cada atributo. [19]

“El modelo relacional significa que las estructuras de datos lógicas (tablas de datos, las vistas y los índices) están separadas de las estructuras de almacenamiento físicas. Gracias a ésta separación, los administradores de bases de datos pueden gestionar el almacenamiento físico de datos sin que eso influya en el acceso a esos datos como estructura lógica.” [19]

Las operaciones de las bases de datos también pueden clasificarse como lógicas, aquellas en las que las aplicaciones pueden especificar el contenido que necesitan, y operaciones físicas en donde las aplicaciones determinan cómo se deben acceder a esos datos y cómo llevan a cabo la tarea. [19]

El **Modelo Relacional** hoy en día es el modelo lógico dominante, proporciona una forma estándar de representar y consultar datos que puede utilizar cualquier aplicación. Fue desarrollado por Edgar Frank Codd de los laboratorios de IBM en la década de 1970. Es un modelo de datos extremadamente simple donde los datos están representados por tablas, donde cada fila representa un registro o tupla y cada columna a atributos de tipo atómico. Las restricciones de integridad se especifican junto con el esquema de la base de datos y son llevadas a cabo por el SGBD. [7]

Dentro de las restricciones se encuentran las restricciones de dominio, en las que se indican el tipo de dominio de cada atributo y los valores que pueden ser asignados. También se especifican para cada tabla los atributos conocidos como claves primarias o Primary Key (PK), que es un identificador único de una fila y cada fila se puede usar para crear una relación entre tablas diferentes mediante una clave externa o foreign key (FK). [7]

Una de las grandes ventajas que tiene el modelo relacional es que existe un lenguaje de consulta estructurado, denominado **SQL (Structured Query Language)** por sus iniciales en inglés, el cual permite realizar consultas en una base de datos. Se basa en el álgebra relacional y proporciona un lenguaje matemático de uniformidad interna que facilita la mejora del rendimiento de todas las consultas en bases de datos. [19]

Se identifican dos sublenguajes, por un lado el lenguaje de definición de datos DDL (Data Definition Language), el cual permite crear, modificar y eliminar objetos de la base de datos. Por ejemplo, crear y eliminar tablas o vistas, modificarlas, etc.. Por otro lado, se encuentra el lenguaje de manipulación de datos DML (Data Manipulation Language), a partir del cual se pueden crear, modificar, eliminar y recuperar datos de datos. Por ejemplo, agregar, actualizar, eliminar tuplas a una tabla; seleccionar tuplas de una tabla, etc.. [10]

Una **base de datos geoespacial** está optimizada para almacenar y consultar datos que representan objetos definidos en un espacio geométrico, como datos vectoriales y datos ráster. Las plataformas de bases de datos geoespaciales proporcionan herramientas especializadas de gestión, procesamiento y análisis necesarios para datos geoespaciales complejos.

El Sistema de Información Geográfica (SIG) es una herramienta que se encuentra acoplada a una base de datos geoespacial para editar y mantener datos geoespaciales. Un SIG admite objetos geoespaciales, que se organizan en capas que se pueden superponer tanto visual como lógicamente.[20]

3.4. Índice de Vegetación

“La reflectancia espectral de la vegetación a través de diferentes bandas medidas por un sensor sirve como un indicador de la presencia de plantas o árboles y su estado general. Por lo tanto un **índice de vegetación** es una combinación matemática de dos o más bandas espectrales que mejora el contraste entre la vegetación (que tiene alta reflectancia) y el suelo desnudo, las estructuras artificiales, etc., así como cuantificar las características de la planta, como la biomasa, el vigor, la densidad, etc.”

El utilizar estos índices tiene su fundamento en el particular comportamiento radiométrico de la vegetación. Una cubierta vegetal en buen estado de salud, tiene una firma espectral que se caracteriza por el contraste entre la banda del rojo (cuya longitud de onda se encuentra entre 0,6 y 0,7 μm), la cual es absorbida en gran parte por las hojas, y el infrarrojo cercano (cuya longitud de onda se encuentra entre 0,7 y 1,1 μm), que es reflectada en su mayoría.

“El **Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada** (o **NDVI**) es un indicador simple de biomasa fotosintéticamente activa o, en términos simples, un cálculo de la salud de la vegetación”. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$NDVI = \frac{(IRC - R)}{(IRC + R)} \quad (3)$$

donde IRC es la reflectividad en el infrarrojo cercano y R es la reflectividad en el rojo. [1]

El NDVI ayuda a diferenciar la vegetación de otros tipos de cobertura del suelo (artificial) y determinar su estado general. También permite definir y visualizar áreas con vegetación en el mapa, así como detectar cambios anormales en el proceso de crecimiento.

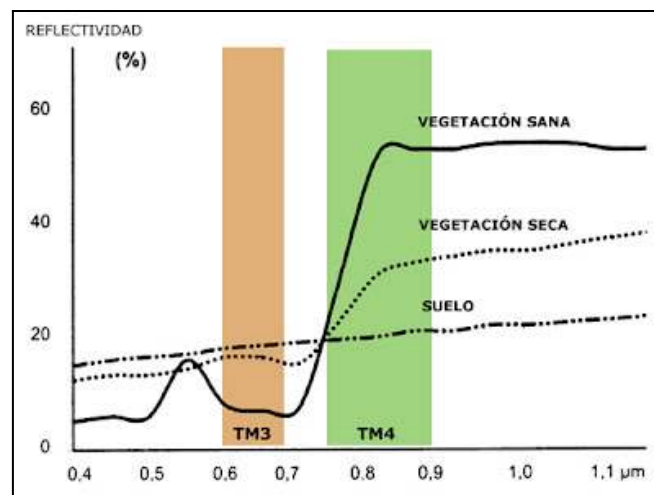


Imagen 6: Firma espectral de vegetación sana, seca y del suelo. Fuente: [6]

El rango de valores de las reflexiones espectrales se encuentra entre el 0 y el 1; ya que, tanto la reflectividad del infrarrojo cercano como la del rojo, son cocientes de la radiación reflejada sobre la radiación entrante en cada banda espectral. Por consecuencia de estos rangos de valores, el NDVI varía su valor entre -1 y 1. [22]

4. Insumos Requeridos

Una de las grandes ventajas que se presentan para el análisis en cuestión recae en que los principales insumos requeridos ya fueron creados con anterioridad por distintos entes y además, están disponibles en la web para su visualización y descarga por parte de los usuarios.

En primer lugar, un requerimiento desde el punto de vista legal es la **normativa** departamental vigente, disponible en el digesto departamental de la Intendencia de Montevideo. La naturaleza de la misma determina que ésta es información pública y gratuita. A día de hoy, es posible acceder a la normativa desde cualquier navegador donde se ingresa a la web de dicha institución mediante una simple búsqueda.

En cuanto a **recursos informáticos** se refiere, se utilizan en conjunto dos softwares de Sistemas de Información Geográfica. Éstos son los programas **QGIS 3.4.15** (software libre) y **ArcMap 10.5**, perteneciente al paquete ArcGIS creado por la empresa ESRI, software cuya licencia tiene un costo de USD 100 anuales [5]. Por otro lado, el Sistema de Gestión de Bases de Datos que se emplea es **PostgreSQL** (software libre) y el software de escritorio **pgAdmin 4V6** de código abierto, el cual permite conectarse y administrar las bases de datos.

Se requiere además, una representación digital del **parcelario** de la zona a analizar. Su producción y mantenimiento es tarea de la Dirección Nacional de Catastro, ente que además pone a disposición los datos en formato vectorial de tipo polígono. La misma institución almacena y brinda los datos de las **Declaraciones Juradas de Caracterización Urbana (DJCU)**, donde se registran las características de las construcciones existentes en cada inmueble, y de los **padrones urbanos con sus atributos catastrales** asociados. Desde su sitio web oficial, en la sección de datos abiertos es posible la descarga, en formato de archivo de texto (.csv), de ambos registros. Estos últimos dos insumos son incorporados en forma de tabla a la base de datos del trabajo.

Tres insumos vitales para realizar el presente análisis son los Modelos Digitales de Elevación producidos por la Infraestructura de Datos Espaciales de Uruguay (IDEUy), específicamente el **Modelo Digital de Terreno** y **Modelo Digital de Superficie**, y la **Ortofoto**. Estos tres insumos son producto de la adquisición de Imágenes Digitales de Cobertura Urbana, desde Levantamiento Aerofotogramétrico con la cámara UltraCam Eagle Prime con tamaño del píxel en terreno (GSD, Ground Sample Distance) de 10 cm y altura de vuelo aproximada de 2100 metros AGL (Above Ground Level, o sobre el nivel del terreno). Para el cálculo de cotas ortométricas se utiliza el modelo geoidal EGM2008 (EPSG 3855). El sistema de referencia de coordenadas es el SIRGAS-ROU98 - UTM 21 S (EPSG: 5382) Este levantamiento es parte del vuelo fotogramétrico nacional efectuado entre los años 2017 y 2018 y su descarga es posible a través del visualizador de la IDEUy. Las descargas se segmentan en distintos archivos acotados espacialmente en celdas de 1 km x 1km para las zonas urbanas. Dicha segmentación se puede observar en el visualizador de la

IDEUy en lo que se conoce como la “Grilla Urbana”, donde cada sector tiene asociado un código alfanumérico único. La descarga de estos modelos se ponen a disposición en formato LAS y TIF.

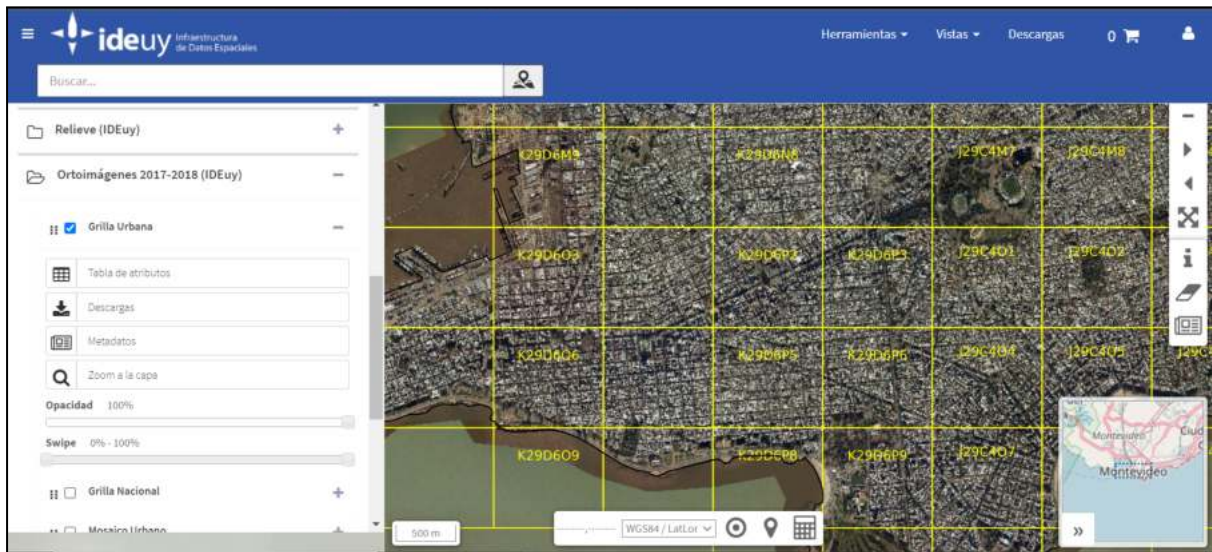


Imagen 7: Visualización de la capa Grilla Urbana dentro del Visualizador de la Infraestructura de Datos Espaciales de Uruguay. Fuente: Elaboración Propia

Por último, los siguientes insumos no son necesarios en caso de una implementación futura del modelo realizado, pero sí son imprescindibles en el desarrollo del presente trabajo dado que se utilizan para el control del procedimiento elaborado. Los mismos son la **ortofoto** y el **modelo digital de superficie** elaborados por la **Intendencia de Montevideo** a través del vuelo aerofotogramétrico departamental de diciembre de 2021. Se utilizaron 2 cámaras Phase One, modelo IXU-RS-1000 (RGB) e IXU-RS-1000 (NIR), tamaño de píxel de 10 cm con una altura de vuelo promedio 1100 m AGL. El modelo geoidal utilizado para los productos obtenidos fue el EGM2008 y el Sistema de Referencia utilizado fue SIRGAS-ROU98 - UTM21S (EPSG:5382).

Si bien la ortofotografía es de libre acceso desde el MonteviMap [14], no sucede lo mismo con el MDS, por lo que el mismo fue solicitado y brindado directamente desde el servicio de geomática de dicha institución.

5. Elección del Área de Estudio

A pesar de que los insumos presentados anteriormente se encuentran disponibles para todo el departamento, es imperativo acotar la zona de estudio a un perímetro menor. Esto agilizará los tiempos de procesamiento computacional y además, un único planteo a nivel departamental puede tornarse ambiguo ya que distintos entornos presentan diferentes características urbanísticas, lo que conlleva en un distinto comportamiento del mercado inmobiliario y constructivo.

Por otro lado, al elegir una zona acotada para el estudio se presenta a posteriori la ventaja de poder realizar relevamientos en campo de manera de evaluar tanto la calidad de la información de entrada como de los resultados finales obtenidos.

Por último, es evidente que el presente análisis tendrá mayor utilidad y generará mayores réditos a quien lo emplee en zonas que presentan actualmente un alto grado de sustitución edilicia. Es decir, se busca emplear el modelo en zonas que garanticen una alta cantidad y calidad de oportunidades.

Es por esto que se busca una zona de estudio más acotada que cumpla simultáneamente las condiciones de presentar toda información que se requiere y además donde haya una noción previa de alta susceptibilidad a la sustitución edilicia.

La zona elegida se presenta en la imagen 8 y se encuentra delimitada por las calles: Bulevar General Artigas, Bulevar España, Juan Paullier, Avenida Gonzalo Ramírez, Juan D. Jackson, Avenida General Rivera, Coronel Federico Brandzen, Doctor Pablo de María, Ana Monterroso de Lavalleja, Doctor Joaquín Requena y Palmar.

En total, la zona elegida tiene una superficie de 96 hás. 3521 m² engloba una suma de 2559 parcelas independientes.

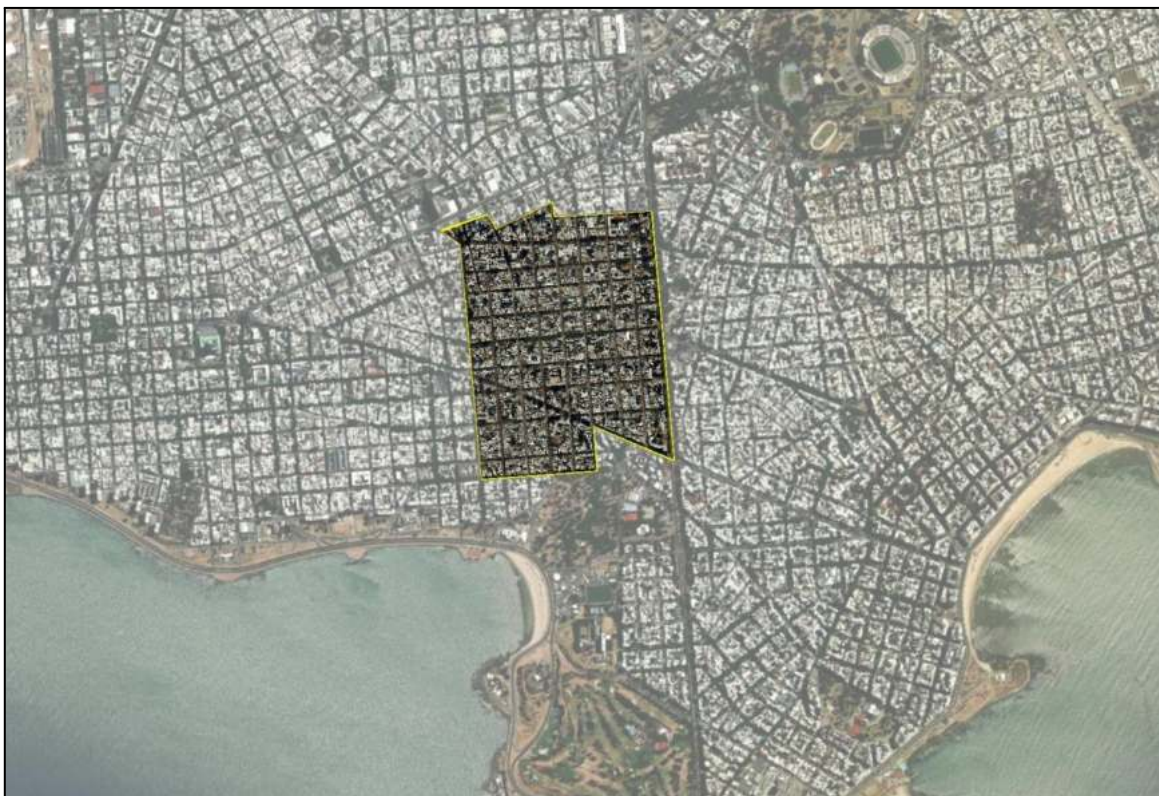


Imagen 8: Zona de Estudio - Fuente: Elaboración propia

6. Normativa vigente

En cuanto a conceptos legales o normativos refiere se definen algunos aspectos básicos de manera de entender correctamente el campo de aplicación de la legislación, el ordenamiento territorial y sus definiciones asociadas.

El Decreto de Cotejo y Registro de Planos de Mensura N° 318/995 de fecha 9 de Agosto de 1995, en su Capítulo I, Artículo 3° define una **parcela** como “toda unidad inmueble catastral de dominio privado de los particulares, fiscal o municipal deslindada, dimensionada e identificada bajo sus aspectos geométrico, económico y jurídico. Se considera como tal toda extensión superficial continua, situada en una misma sección o localidad catastral, que pertenece a persona física o jurídica o a varias en condominio.” [4].

Por otra parte, el departamento de Montevideo está dividido bajo tres niveles de zonificación, siendo estos las Categorías, Subcategorías y Áreas Diferenciadas.

Las Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible (Decreto N° 34.870 de fecha 25 de Noviembre de 2013) define en su Sección II, Artículo 11° a las **categorías del suelo** como “Suelo Categoría Rural, Suelo Categoría Suburbana y Suelo Categoría Urbana” [17]. Puntualmente, para los efectos del trabajo en cuestión, corresponde definir qué caracteriza al Suelo de Categoría Urbana.

El mismo Decreto, en su Sección IV, Artículo 19° define al **Suelo Urbano** como el que “comprende las áreas del territorio de los centros poblados, fraccionadas, con las infraestructuras y servicios en forma regular y total, así como aquellas áreas fraccionadas parcialmente urbanizadas en las que los instrumentos de ordenamiento territorial pretenden mantener o consolidar el proceso de urbanización.” [17]. La Categoría responde al primer nivel de categorización del suelo.

El segundo nivel de categorización representa las **subcategorías**, donde para cada categoría se subdivide en distintas zonas. Particularmente, dentro de la categoría urbana, el Artículo 20° de la citada sección define dos ramas principales: el Suelo Urbano Consolidado y el No Consolidado [17]. Específicamente, dentro de lo que se considera Suelo Urbano Consolidado se definen tres subcategorías, siendo éstas: Suelo Urbano Consolidado Costero (SUCCo), Suelo Urbano Consolidado Central (SUCCe) y el Suelo Urbano Consolidado Intermedio (SUCIn), (en un artículo posterior, se agrega una cuarta subcategoría dentro de lo que corresponde como Suelo Urbano Consolidado, denominado Suelo Urbano Consolidado Otros, abreviado como SUCO).

Dentro de la sección anteriormente mencionada, en su Artículo 21° se define **Suelo Urbano Consolidado** como aquel que “comprende áreas que poseen conformación urbana brindada por la existencia de infraestructuras. Las mismas se encuentran dotadas al menos de redes de agua potable, drenaje de aguas pluviales, red vial pavimentada, evacuación de aguas servidas, energía eléctrica y alumbrado público; todo ello en calidad y cantidad adecuada a las necesidades de los usos a que deban destinarse las parcelas.” [17].

Además, dicho artículo define cada una de las tres subcategorías anteriormente mencionadas. A los efectos del presente informe, ahondaremos en la definición del **Suelo Urbano Consolidado Central (SUCCe)**. A esta subcategoría se la define como aquel suelo que “se

corresponde con la zona de mayor prevalencia en la estructuración de la ciudad, que se refleja en la escala supralocal de sus actividades así como en la apropiación e identificación que de ella hace la sociedad en su conjunto. Se concentran en el área Central los equipamientos institucionales vinculados a Montevideo en su condición de Capital.” [17].

Finalmente, el tercer y último nivel de zonificación corresponde a las llamadas **Áreas Diferenciadas**. El Capítulo VIII de las Directrices Departamentales, en su Artículo 7º, determina que “se establecen las áreas diferenciadas que se expresan a continuación, relacionadas con sus respectivas Subcategorías de suelo a la que pertenecen.” Acompañado a esta aclaración, dicho Artículo adjunta una tabla donde se corresponde para cada subcategoría de suelo, las áreas diferenciadas correspondientes. A continuación, se adjunta una porción de dicha tabla, identificando cuáles son las áreas diferenciadas para la subcategoría Suelo Urbano Consolidado Central.

SUBCATEGORÍAS	ÁREAS DIFERENCIADAS
Suelo Urbano Consolidado Central	<ul style="list-style-type: none"> ● Ciudad Vieja ● Aguada - Arroyo Seco (Sector Barradas) ● La Comercial - La Aguada - Arroyo Seco - Villa Muñoz ● Centro ● Barrio Sur - Palermo - Parque Rodó

Tabla 5: Áreas Diferenciadas para Suelo Urbano Consolidado Central (Parte) - Fuente: [17]

Por otra parte, a continuación se presentan algunos de los parámetros urbanísticos que se utilizan en el presente informe.

El Artículo D.126 del Decreto de la Junta Departamental de Montevideo N° 28.242 de fecha 16 de Setiembre de 1998 establece: “Se entiende por **retiro** frontal la afectación del espacio dentro del área privada del predio que separa las edificaciones de la vía pública. Dicho espacio recibirá un tratamiento especial de acuerdo a las distintas Áreas Caracterizadas y a los diferentes usos del suelo.”[15]

El Artículo D.37 del mismo Decreto establece: “Los **regímenes de gestión del suelo** son el conjunto de modalidades operativas que el Plan establece para regular las intervenciones de las Entidades Públicas y de los particulares sobre el territorio departamental, según las determinaciones establecidas por el mismo y su desarrollo.

Se establecen tres regímenes de gestión del suelo en todo el territorio departamental:

- A) General.
- B) Patrimonial.
- C) Específico.”[15]

El Artículo 1° del Decreto de la Junta Departamental de Montevideo N° 32.714 de fecha 17 de Noviembre de 2008 establece: “Se entiende por **Factor de Ocupación de Suelo (FOS)**, el porcentaje de la superficie total del predio por sobre el nivel del terreno que se puede ocupar con edificaciones.” [15]

Por último en cuanto a normativa, se presentan los **Grados de Protección Patrimonial**. El Artículo 9° del Decreto de la Junta Departamental de Montevideo N° 30.565 de fecha 15 de Diciembre de 2003 establece: “Se entiende por tal la importancia testimonial del edificio, que puede estar dada por sus características morfológicas y/o tipológicas, por sus elementos significativos, por su integración al entorno urbano, por su importancia como elemento referencial urbano, por su significado histórico o cultural. La determinación del grado de protección patrimonial implica el nivel de intervención arquitectónica y fija las pautas para la actuación en cada uno de los edificios de acuerdo al grado asignado, en relación con el valor patrimonial a proteger.”

Se establece una escala de catalogación que consta de cinco grados de acuerdo a los diferentes alcances de la protección que merezca el bien.

Grado 0 - Sustitución deseable.

Inmueble con valores arquitectónicos o urbanísticos negativos, cuya sustitución se considera beneficiosa.

Grado 1 – Sustitución posible.

Edificio que puede ser sustituido o sometido a una significativa reformulación que incluya un mejoramiento de su relación con el ambiente.

Grado 2 – Protección ambiental.

Edificio que puede ser modificado conservando o mejorando su relación con el ambiente y manteniendo sus elementos significativos.

Grado 3 – Protección estructural.

Edificio que debe ser conservado mejorando sus condiciones de habitabilidad o uso, manteniendo su configuración, sus elementos significativos y sus características ambientales.

Grado 4 – Protección integral.

Edificio de valor excepcional que debe ser conservado integralmente.

Sólo se admitirán en él apropiadas y discretas incorporaciones de elementos de acondicionamiento. [16]

7. Procedimiento

7.1. Obtención de los Insumos

Una vez instalado el software necesario para la ejecución de la metodología, se deben descargar los insumos necesarios para la realización del análisis. Tal como se vió en la sección 4 - “Insumos Requeridos”, se deben descargar los Modelos Digitales de Elevación, la Ortofoto de la zona, el parcelario y los datos catastrales asociados al mismo. Los primeros dos insumos son producidos por la Infraestructura de Datos Espaciales mientras que los últimos dos lo son por la Dirección Nacional de Catastro. Todo lo mencionado es información de libre acceso, es decir, se encuentra disponible para toda la ciudadanía tanto para su visualización (a través de la web) como para su descarga.

Las direcciones web de descarga de los archivos mencionados se encuentran presentes en la sección 16.A “Anexos - Metodología Detallada”.

Por otro lado, la normativa referente al análisis se encuentra disponible en el ya mencionado “Digesto Departamental” por lo cual su visualización también se realiza a partir de una búsqueda web.

Con todos los insumos informáticos y legales obtenidos se puede avanzar a la siguiente etapa de la metodología, la cual consiste en la realización de ajustes previos a los insumos mencionados.

7.2. Puesta a punto de los datos requeridos

Antes de comenzar a trabajar con los insumos requeridos es necesario estudiar, para cada uno de ellos, el contenido de los mismos, su organización interna, tipos de datos presentados, sistemas de referencias asociados (si corresponde), lo que se puede resumir en un estudio de los metadatos. Mediante este procedimiento se obtiene una mejor operabilidad de los datos y se evitan errores a la hora de su manipulación e incorporación al modelo.

Para el caso en estudio, en lo que a insumos geográficos se refiere, es sumamente importante identificar los sistemas de referencia de los archivos con lo que se trabaja, de forma de establecer un sistema único para el proyecto y el mismo dependerá de la zona donde se aplique el análisis de sustitución. Aquellos datos que no se encuentran en el sistema de referencia establecido, pueden ser re-proyectados mediante el mismo software GIS.

Además de la consideración general anterior, para el caso en estudio se realiza un **ajuste del parcelario de catastro**. Dicho proceso consiste en hacer coincidir los límites de los inmuebles representados vectorialmente con los límites reales. En esta operación, se utiliza como base la ortofoto de la IDEuy, en la cual se identifican puntos notables con los que se hace el ajuste de los elementos vectoriales. Este procedimiento es imprescindible para gran parte de los cálculos posteriores, ya que se basan en el área de los polígonos que delimitan a cada parcela.

Por otra parte, al analizar archivos de texto a incorporar en el sistema de base de datos, se detectan **inconsistencias en los datos catastrales**. En primer lugar, tanto las tablas de “líneas de construcción” como “padrones urbanos” presentan inmuebles pertenecientes a una misma localidad con doble régimen de propiedad, lo que es incoherente según las normativas vigentes. Por otra parte, si se considera la codificación establecida por la propia institución para caracterizar las construcciones, se puede observar que dicha codificación varía en términos de media unidad entre los valores 1 y 5 (1, 1.5, 2, 2.5, sucesivamente), tanto para el estado de la construcción como para la categoría. A su vez, los destinos de las construcciones se representan por valores entre 1 y 72. Al analizar la tabla de “líneas de construcción” se detectan valores inconsistentes con la codificación establecida para los campos anteriormente mencionados. A la hora de trabajar con estas tablas en la base de datos, se corrigen o filtran estos datos incorrectos. De esta forma, se mitigan los errores en los resultados obtenidos.

Una consideración general, pero no menor, es la codificación de caracteres de los objetos a incorporar al sistema de base de datos. En caso de no asignar el formato correcto al archivo, se pueden dañar los datos cuando se importa la tabla al sistema o directamente no es posible la importación de los mismos.

Más allá del análisis y el control que se realiza sobre los datos catastrales, los mismos no están exentos de imprecisiones, dado que el propio sistema de declaraciones juradas no exige una frecuente actualización (en caso de no darse modificaciones o traspaso de dominio) por lo cual sucede en muchos casos que se encuentran desactualizadas. En conocimiento de esto, se emplean los datos con las consideraciones pertinentes para que afecten de forma mínima a los resultados.

Por último, se realiza una **verificación de la normativa** vigente para los predios incluidos en la zona de estudio. Esto se efectúa de manera de asegurar los parámetros urbanísticos establecidos por el ente planificador (en este caso, la Intendencia de Montevideo). Para el control de la normativa se acude a lo dispuesto en el digesto departamental, en donde se explicita la normativa referente al ordenamiento territorial para el departamento de Montevideo. [13] [17]

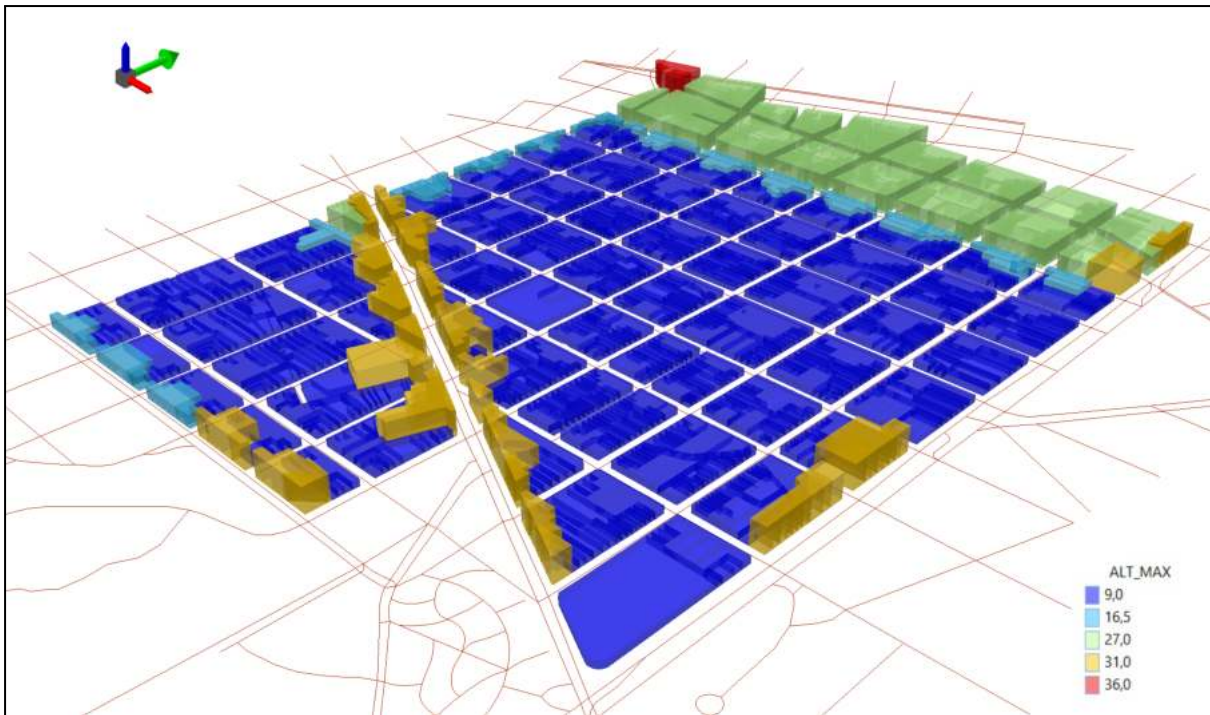


Imagen 9: Altura Máxima según Normativa - Fuente: Elaboración propia

7.3. Análisis geoespacial en software GIS

Luego de ajustar los datos de entrada del proceso, se comienza un análisis geoespacial en el entorno de un software GIS. Particularmente, se trabaja en el software ArcGIS, producido por la empresa estadounidense ESRI. Dicho software presenta distintas herramientas de análisis que son utilizadas de manera de llegar a resultados imprescindibles para alcanzar los objetivos planteados.

En primer lugar, se ejecuta un primer paso que consiste en la **agrupación de información**. Esto es debido a que, como se mencionó en la sección 4 - “Insumos Requeridos”, tanto los Modelos Digitales de Elevación como la Ortofoto se presentan disponibles en sectores llamados “remesas”. De manera simple, se compilan las remesas que abarcan la zona de estudio de manera de obtener un solo insumo sobre el cual operar.

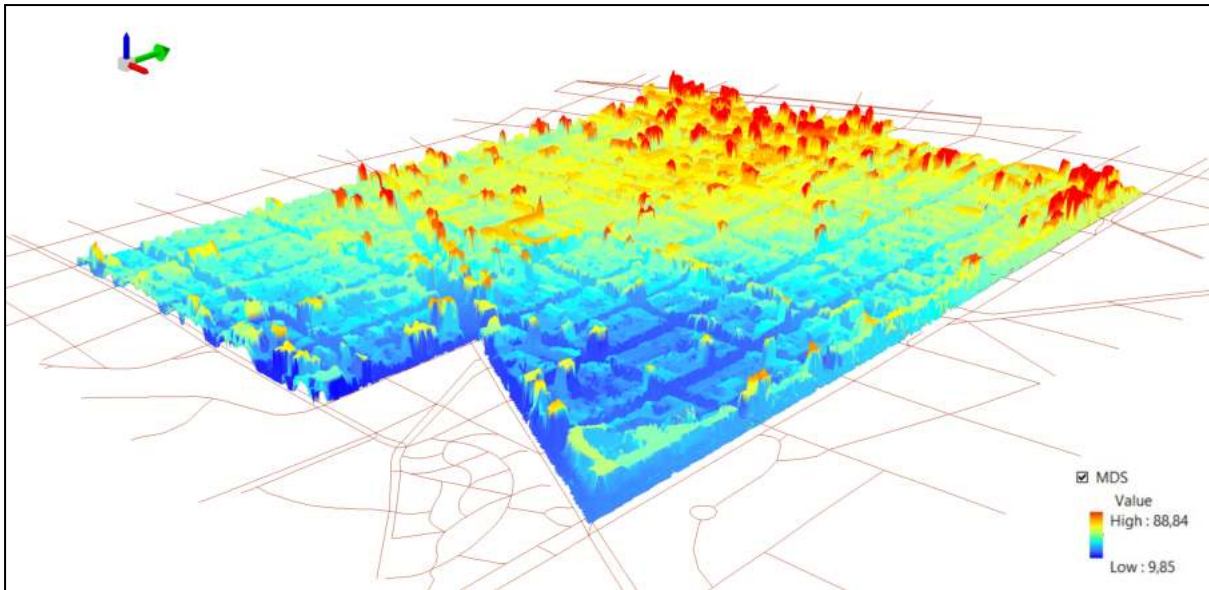


Imagen 10: MDS 2018 - Fuente: Elaboración propia

Un paso muy importante a considerar consiste en mitigar el **problema que la vegetación representa**. El alto volumen de la misma en la zona de estudio implica un inconveniente al análisis, específicamente, en el tratamiento del Modelo Digital de Superficie.

Al encontrarse, por ejemplo, un árbol (o parte del mismo) dentro del perímetro de una parcela y recordando que el Modelo Digital de Superficie se trata de un archivo ráster donde únicamente se sabe el valor de altura de cada píxel pero no necesariamente se conoce qué elemento es el que presenta dicha altura; se podría asumir incorrectamente que un píxel de gran altura representa una edificación de gran porte. Por el contrario, en estos casos lo que realmente ocurre es que la vegetación asume dicho valor de altura.

Esto resulta en un problema posteriormente ya que, se estaría adjudicando un valor de volumen incorrecto a la construcción presente en la parcela. Es evidente entonces que este problema debe evitarse o mitigarse de alguna manera.

El procedimiento por excelencia para detectar qué píxeles de una imagen aérea o satelital corresponden a vegetación es el **análisis** a partir del **Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada** (o NDVI, según sus iniciales en inglés). Tal como se vió en la sección 3.4 - “Marco Teórico - Índice de Vegetación”, este índice responde a una fórmula simple que calcula en función de la intensidad de las bandas roja e infrarroja cercana la probabilidad de que cada píxel corresponda o no a vegetación. En caso de corresponder a vegetación el índice se acerca a un valor de 1, mientras que en el caso contrario, se acerca a un valor de -1.

Se procede entonces a calcular, a partir de la ortofoto generada por la IDEUy, qué píxeles corresponden a vegetación según el valor del NDVI. Esta tarea implica la determinación de un valor umbral a partir del cual se considera que todo píxel con un valor superior a este, refiere a vegetación.

En el caso del presente análisis, lo primordial resulta en eliminar la vegetación que se encuentre dentro de los límites de las parcelas de la zona de estudio. Por lo tanto, se realiza una inspección visual de las situaciones particulares registrando qué valores de NDVI presentan y así se llega a dicho valor umbral.

Evidentemente, la determinación de este valor no es perfecta, es decir, al definirlo se incluyen píxeles que no corresponden con vegetación en la realidad (como sombras, techos pintados con ciertos colores, entre otros fenómenos) y simultáneamente, se dejan por fuera píxeles que sí corresponden con vegetación según lo observado en la ortoimagen pero que, por su respuesta espectral inusual, no presentan un alto valor de NDVI.

La metodología consiste, luego de determinar qué píxeles corresponden a vegetación, en eliminar dichos píxeles del Modelo Digital de Superficie, generando un nuevo modelo que presenta agujeros o huecos. Estos huecos se rellenan de manera de trabajar siempre con archivos ráster de la misma extensión. El criterio para realizar este “relleno” puede tomar varias formas. Por ejemplo, un criterio puede consistir en rellenar los huecos del MDS con los valores que toma el MDT en los píxeles en cuestión, descendiendo esos valores de altura de manera que coincidan con el suelo. Otro criterio puede consistir en realizar una interpolación con respecto a los valores de píxeles circundantes, criterio que brindaría un modelo resultante más “suave”.

En el presente caso se opta por la primera opción planteada, es decir, **rellenar los huecos del MDS con los valores correspondientes al MDT** en cada uno de los píxeles asociados a vegetación. Esta elección se debe a que, más allá de que representa la opción más “severa” o rigurosa, se prefiere subestimar el volumen de una edificación en contraposición con sobreestimarla. Esto último está vinculado a evitar desestimar un predio como oportunidad debido a que se sobreestimó su volumen edificado. Más adelante en el presente informe se especificará el motivo por el cual un menor volumen edificado representa una mejor oportunidad de sustitución.

Una vez obtenidos el Modelo Digital de Terreno y el Modelo Digital de Superficie sin vegetación, se procede a calcular la resta de ambos modelos considerando que al **restar el MDS con el MDT** se obtiene un archivo ráster que representa únicamente los elementos antrópicos (Ver imagen 11), uno de los cuales es de especial interés para el presente análisis: las construcciones.

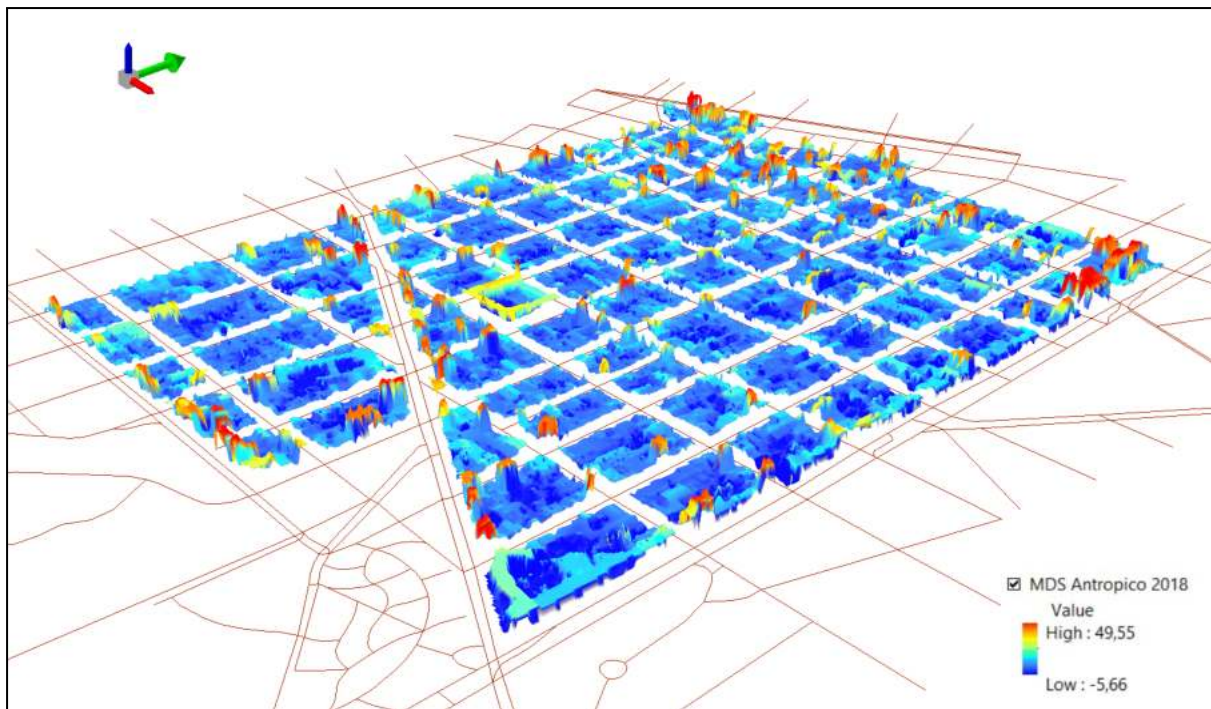


Imagen 11: MDS antrópico - Fuente: Elaboración propia

Este archivo ráster resulta de suma utilidad para la metodología planteada ya que, al asociar la información obtenida a cada parcela del área (operación que requiere la conversión del archivo ráster a un archivo vectorial de tipo punto y una unión espacial), se **traduce** el problema de uno de **carácter geográfico** a uno de **carácter alfanumérico**, posible de trabajar en un entorno de **base de datos**.

Esta transformación del carácter del análisis brinda, asimismo, mayores posibilidades al operador dado que la gran versatilidad de los softwares de gestión de bases de datos implica una ventaja sustancial en cuanto a las consultas posibles a los datos y los resultados obtenibles. Adicionalmente, el carácter geográfico del problema sigue vigente en la forma del número de padrón, o sea, cada entidad sigue siendo georeferenciable de manera fácil y clara.

7.4. Análisis en base de datos

Como se mencionó anteriormente, el problema a resolver se traduce desde un problema geoespacial a uno plenamente referido a información alfanumérica manejable en un entorno de base de datos.

El software de gestión de bases de datos elegido es PostgreSQL dado que es de código abierto y de fácil aprendizaje. Además, la herramienta de administración de GUI (Interfaz gráfica de usuario, según sus iniciales en inglés) utilizada fue pgAdmin 4 V6.

El manejo del software, con respecto a lo necesitado para el análisis, consiste en la inserción de tablas de datos y en la generación de consultas a las mismas a través del lenguaje SQL (Lenguaje de consulta estructurado, según sus iniciales en inglés). Estas consultas producen resultados intermedios que, según la relevancia, pueden ser guardados como vistas (tablas actualizables) o como nuevas tablas.

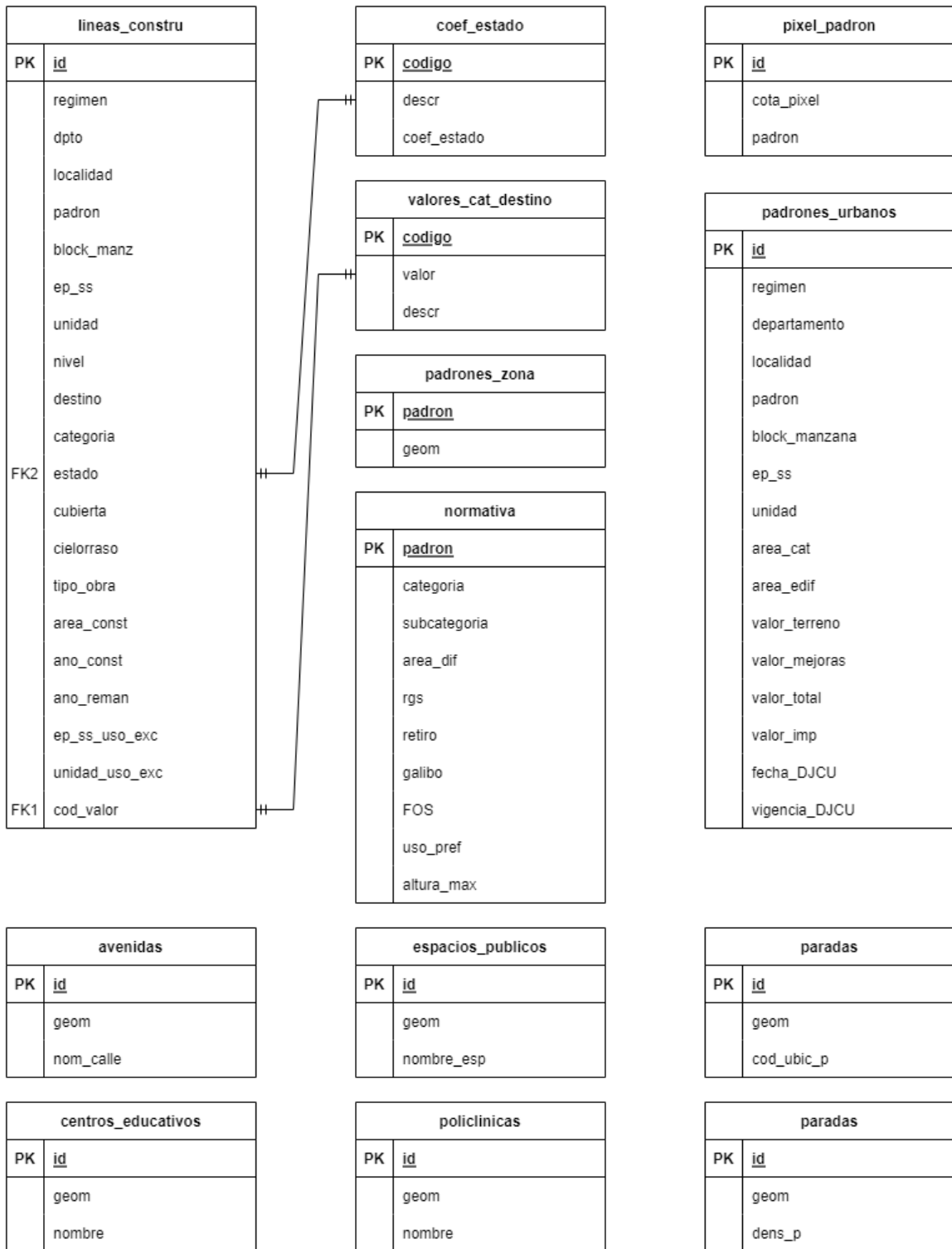


Imagen 12: Diagrama de Entidad - Relación, Base de Datos elaborada - Fuente: Elaboración propia

El primer insumo digital a ingresar en la base de datos resulta en la tabla que asocia cada píxel de la resta de modelos al predio, según su número de padrón. Es decir, dicha tabla contiene una enorme cantidad de tuplas donde cada una expresa qué altura tiene el píxel y a qué predio pertenece.

A partir de esta tabla se pueden obtener varios resultados interesantes, sobre todo en lo que respecta al área y volumen de los predios en cuestión.

Considerando que el tamaño de píxel de la resta de modelos es de 1m x 1m (cada píxel tiene un área de 1 m²), se puede observar que la cantidad de píxeles asociadas a cierto predio representa el área del mismo. Este valor no es de suprema importancia debido a que en los datos provenientes de la DNC ya se encuentra el área del predio; incluso, este valor proviene directamente del último plano de mensura registrado para el predio por lo que se lo considera confiable. Ahora, se observó que existen casos donde esta área de catastro es igual a 0, situación que evidentemente no tiene coherencia. Es por esto, entonces, que se calcula este valor de **área del predio** según la cuenta de píxeles para así, sustituir los valores nulos de área de catastro en caso de que éstos existan.

Además, se ahonda aún más en el cálculo de áreas, específicamente en lo que respecta al **área edificada** en planta de cada predio. Aquí, se debe definir qué constituye como área edificada, es decir, establecer un criterio único. A nivel general, se determina que no suelen presentarse construcciones con alturas menores a los 2 metros, por lo tanto, se fija este valor como el umbral a partir del cual se considera que lo presente en el modelo corresponde a una construcción edilicia.

Posteriormente, se efectúa un análisis volumétrico de las construcciones identificadas. Esto representa la determinación de tres parámetros.

En primer lugar, se determina el **volumen edificado** actualmente, en metros cúbicos. Este resulta de la suma de los valores de los píxeles considerados como área edificada.

Luego, se calcula el **volumen potencial** de cada predio, es decir, el volumen teórico que cada edificación podría tomar en caso de aprovechar al máximo la normativa vigente. Este valor responde al producto del área del predio, el factor de ocupación del suelo y la altura máxima admitida. Una aclaración pertinente es la no consideración del retiro en el presente cálculo. El motivo de esta omisión se debe a que, para descontar el volumen que no podrá ser ocupado por la presencia de un retiro non edificandi implicaría el conocimiento de los valores de frente para cada predio dentro de la zona de estudio. A pesar de que este dato se exige en las Declaraciones Juradas de Caracterización Urbana (DJCU), no se brinda en los datos catastrales disponibles. Esto representa entonces una abstracción a la realidad del modelo presentado por lo cual, se debe recordar, que todos los valores obtenidos responden a una aproximación y no buscan cumplir con una alta precisión.

Por último, se combinan los parámetros de volúmenes hallados anteriormente, realizando el cociente entre el volumen edificado y el volumen potencial de manera de obtener un porcentaje de **volumen ocupado**. Este parámetro es uno de los principales datos para determinar si un predio representa o no una oportunidad de sustitución y, a su vez, determina qué tan económicamente conveniente resulta dicha oportunidad.

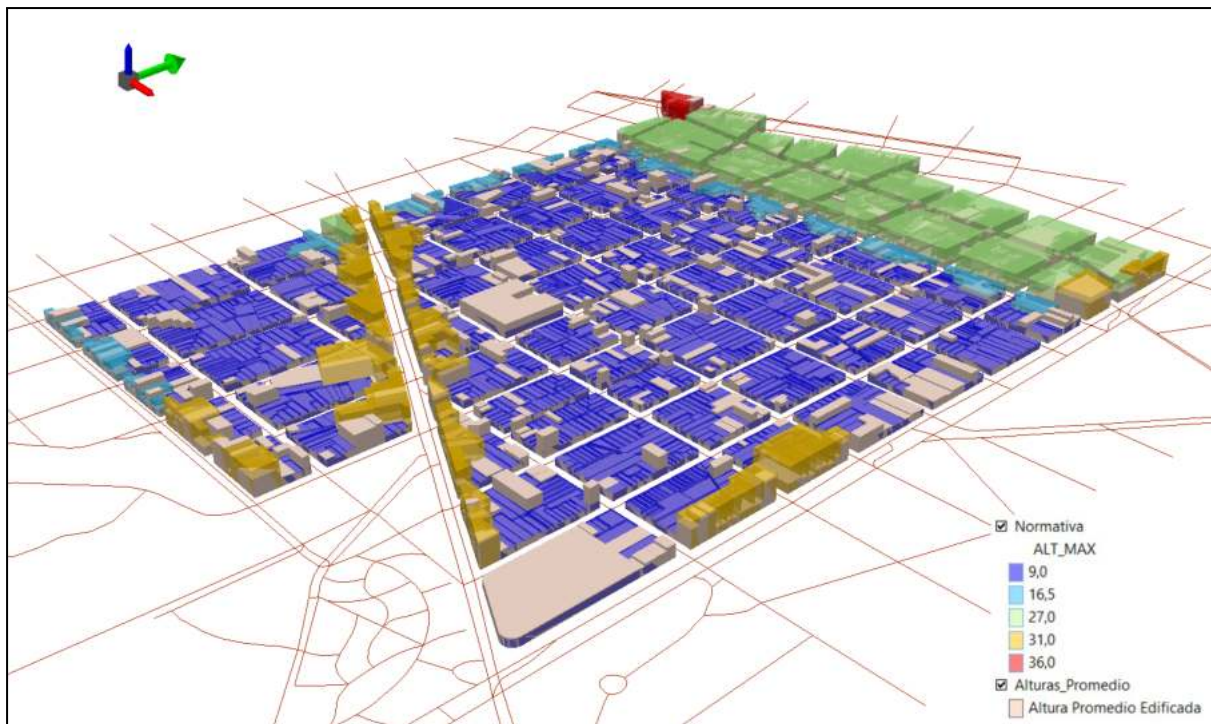


Imagen 13: Vacantes volumétricas - Fuente: Elaboración propia

Más allá del volumen y área que ocupe una construcción, evidentemente, estos no son los únicos factores determinantes a la hora de definir si un inmueble es más o menos susceptible a la sustitución edilicia. Por el contrario, se debe tener en cuenta también la situación del inmueble en cuestión, es decir, sus características constructivas (categoría de la construcción), su estado de conservación, su destino, entre otros factores. Todo esto se aborda desde una perspectiva avaluatoria, tasando las construcciones actuales para luego compararlas con la tasación de un bien hipotético que yazca en el mismo predio pero que utilice la normativa de manera de obtener un rédito máximo.

Por lo tanto, se procede a calcular los **valores actuales** para las construcciones presentes en cada uno de los predios dentro de la zona de estudio. La metodología empleada se basa en el Método Residual Dinámico, la cual consiste en multiplicar el área de la unidad por un valor unitario por metro cuadrado y depreciar el valor según ciertos parámetros. El mencionado valor unitario depende en sí de la categoría de la construcción y del destino de la misma. Evidentemente, al ser valores monetarios relacionados al mercado inmobiliario, éstos presentan una gran variabilidad y dependencia de factores tanto nacionales como internacionales. Es por esto que dichos valores se actualizan año a año. El **valor unitario** depende de la categoría de la construcción y del destino que se le haya definido y es, por lo tanto, una tabla de doble entrada.

Dentro del entorno de base de datos esto podría representar un problema o inconveniente dado que las tablas que se utilizan comúnmente son de una sola entrada. Dicho esto, se propone una solución conveniente considerando la naturaleza de los datos. Recordamos que la categoría de la construcción representa un valor entre 1 y 5, siguiendo intervalos de 0.5 mientras que el destino se encuentra representado por un valor entero entre 1 y 72.

Se crea entonces un código auxiliar que responde a la fórmula 1000* Categoría + Destino; tal como se puede observar, dicha fórmula presenta un resultado único para cada combinación de categoría y destino. Este código se vincula con los valores unitarios del año en curso a través del software de gestión de base de datos en lo que se llama una clave foránea o foreign key (FK).

En cuanto a las depreciaciones posibles se encuentran depreciaciones por estado de conservación, por edad del inmueble, entre otras. Para los propósitos del presente trabajo se considera únicamente la depreciación por estado de conservación del inmueble debido a que es éste parámetro el que se considera como más relevante o decisivo al momento de definir si una construcción se encuentra proclive a ser sustituida. Además, la edad del inmueble y su estado de conservación suelen tener una fuerte correlación entre sí por lo cual, considerar ambas depreciaciones disminuiría excesivamente la tasación de la construcción actual.

El criterio para ésta **depreciación por estado de conservación** responde a una simple tabla utilizada con generalidad en la práctica avaluatoria (ver sección 3.1 - “Marco Teórico - Avalúo de Inmuebles”), aunque se destaca que, de manera de no penalizar excesivamente los inmuebles, no se respeta con total fidelidad la misma.

La mencionada tabla indica que para un estado de conservación ruinoso, la depreciación sería igual a 0. Esto implica que al momento de calcular el valor final del inmueble y multiplicar por dicha depreciación, este valor resultaría en 0 también.

En contraposición de esto, se sustituye este valor de 0 por 0.10, de esta forma se penaliza severamente al valor de la construcción pero se evita anularlo completamente. Dado que, por más ruinoso que se encuentre la construcción, sigue valiendo un pequeño monto de dinero y, además, en términos informáticos, trabajar con valores monetarios nulos provoca a futuro problemas respecto a la división entre cero.

Se llega entonces así a un valor monetario para las construcciones actuales (obtenido mediante el método avaluatorio de “Valor de Reposición”) considerando el producto del área de cada unidad con el valor unitario correspondiente y depreciado según el estado de conservación de cada una.

$$\text{Valor Actual (USD)} = \text{Área construída (m}^2\text{)} * VU_{\text{Cat-Dest.}} \left(\frac{\text{USD}}{\text{m}^2}\right) * \text{Depr. Estado (4)}$$

Por otra parte, el cálculo de la **avaluación futura** o hipotética resulta más sencilla. Esta resulta del producto del área del predio por la máxima cantidad de pisos construibles por el factor de ocupación del suelo (ya que no necesariamente toda la superficie del predio es edificable según la normativa vigente) y un valor unitario promedio para la zona. Este valor corresponde al precio de comercialización de un metro cuadrado de una unidad de categoría mediana (Buena-Económica) y destino vivienda. Este valor se elige dado que “vivienda” es el destino más frecuente en la zona de estudio y la categoría mediana resulta en el valor promedio también para la zona.

La cantidad de pisos construibles en el predio se puede obtener a partir de la altura máxima admisible según la normativa y dividiendo la misma entre la altura promedio de un

piso de construcción. Este valor, según prácticas arquitectónicas, está fijado en 2.60 metros actualmente. Se divide entonces dichos factores y se obtiene la máxima cantidad de pisos que una futura edificación puede presentar.

$$\text{Valor Futuro (USD)} = \text{Área del Predio (m}^2\text{)} * \frac{\text{Altura Máxima (m)}}{2.60 \text{ m}} * \text{FOS(\%)} * \text{VU}_{\text{Prom.}} \text{ (USD)} \quad (5)$$

Estos valores (actual y futuro) se analizan de manera de calcular cuánto más valiosa podría llegar a ser una construcción en caso de ser sustituida por una que utilice la normativa de manera óptima.

Dicho resultado se obtiene calculando el cociente entre valor futuro y valor actual en lo que se llama “**Valorización Bruta**”.

$$\text{Valorización Bruta} = \frac{\text{Valor futuro}}{\text{Valor actual}} \quad (6)$$

La denominación de “bruta” se explicita dado que siguen habiendo **factores de depreciación** que no están siendo considerados al momento de determinar la valorización. Estos factores refieren a la conveniencia de cada oportunidad y se identifican dos: el régimen de gestión del suelo (RGS) y el régimen de propiedad (RP).

En cuanto a **régimen de gestión del suelo** refiere, se observa que dentro de la zona de estudio se presentan dos regímenes diferentes, siendo estos: Régimen General (RGE) y Régimen Patrimonial Urbano (RPU). Este último implica ciertas restricciones a la modificación de bienes inmuebles abogando por la protección patrimonial. Evidentemente, esto representa un inconveniente a la libre elección del diseño y dimensiones de un futuro inmueble y por esto se elige penalizar la oportunidad de sustitución en caso de presentarse sobre suelo de régimen patrimonial urbano. Específicamente, se multiplica la valorización bruta por un factor de 0.75 en caso de estar bajo el régimen mencionado y por un valor de 1 en caso de estar bajo régimen general. Este valor se debe a que corresponde con una depreciación media para lo que respecta a bienes patrimoniales (la escala de depreciación por protección patrimonial varía entre 1 y 0.5, ver Tabla 4, sección 3.1 - “Marco Teórico - Avalúo de Inmuebles”).

Asimismo, el **régimen de propiedad** del inmueble también puede representar un inconveniente a la hora de concretar la compraventa del inmueble a sustituir. Esto es, en caso de presentarse un inmueble bajo régimen de propiedad horizontal, el comprador deberá negociar individualmente con cada uno de los propietarios de las unidades independientes y llegar a un acuerdo monetario con ellos. Es simple de ver que esto representaría una operación más compleja y probablemente más costosa. Se define entonces penalizar a los inmuebles en régimen de propiedad horizontal y mantener la valorización de los predios bajo régimen de propiedad común.

Ahora, se entiende también que no sería justo penalizar de igual manera a un inmueble en régimen de propiedad horizontal con 2 unidades independientes que a uno con 20 unidades. Es por esto que, se determina que la severidad de la penalización debe depender de la cantidad de unidades.

Dicha penalización sigue la forma de una recta que responde a la siguiente ecuación:

$$y = \left(\frac{-19}{360}\right) * x + \left(\frac{19}{18}\right) \quad \{2 \leq x \leq 20\} \quad (7)$$

donde la variable “y” corresponde a la depreciación de la oportunidad mientras que “x” representa la cantidad de unidades del inmueble actual. Esta recta se eligió dado que para un valor de 2 unidades, la penalización equivale a 0.95 mientras que decrece linealmente hasta alcanzar un valor de 0 para una cantidad de 20 unidades. Además, en caso de presentar más de 20 unidades, se le asigna el mismo valor de depreciación 0, o sea, la formulación indica que esa oportunidad no es conveniente y no debe analizarse más allá.

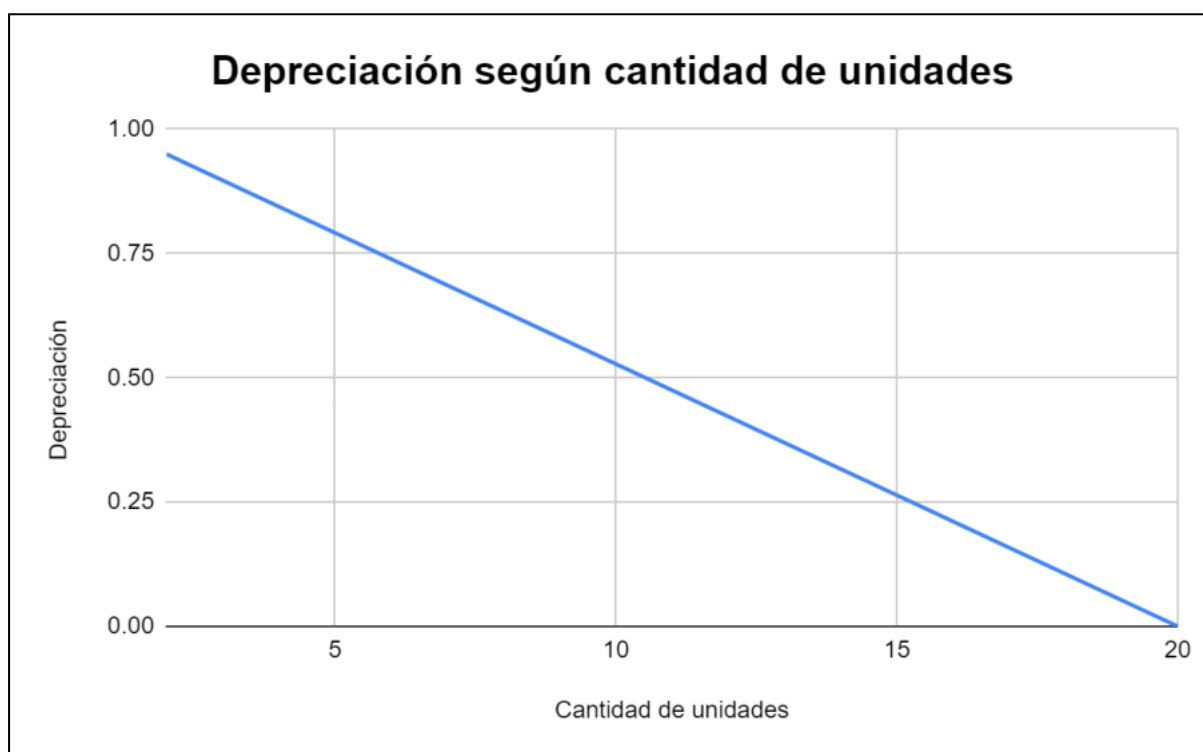


Gráfico 1: Depreciación según cantidad de unidades - Fuente: Elaboración propia

Se resume entonces que la valorización bruta que se calcula se deprecia según el régimen de gestión del suelo y según el régimen de propiedad (o más precisamente, según el número de unidades) arribando a la llamada “Valorización Neta” la cual sigue la siguiente fórmula:

$$\text{Valorización Neta} = \text{Valorización Bruta} * \text{Coeficiente RGS} * \text{Coeficiente RP} \quad (8)$$

donde el coeficiente según el RGS valdrá 1 en caso de tratarse de régimen general y 0.75 en caso de tratarse de régimen patrimonial urbano, mientras que el coeficiente según el RP valdrá 1 en caso de tratarse de un predio bajo régimen de propiedad común y en caso de tratarse de un predio bajo régimen de propiedad horizontal seguirá la fórmula indicada en la ecuación (7).

Un último dato que se podría considerar para depreciar la valorización bruta es la antigüedad de la DJCU, dado que, en términos generales, cuanto más antigua sea la información presentada, existe mayor probabilidad de que ésta esté desactualizada o equivocada. Ahora, según se observa, esto no ocurre con claridad en la zona de estudio, por el contrario, se observan numerosos casos donde las declaraciones juradas son recientes pero aún así presentan información errónea o incluso contradictoria; por ejemplo, existe un 17% de los predios de la zona que presentan simultáneamente líneas de construcción bajo régimen de propiedad común y horizontal, lo que evidentemente es una incoherencia.

De la misma manera, se observan numerosas declaraciones juradas antiguas que sí presentan información correcta y coherente. Adicionalmente, existen muchas otras declaraciones juradas que no presentan el dato de la fecha, haciendo de esta discriminación más ambigua e imprecisa. Por lo tanto, no se considera la antigüedad de la DJCU para la depreciación de la oportunidad.

Vinculado al cálculo de las valorizaciones, cálculos que son relativos a la situación actual edilicia y legal de cada predio, se utilizan éstos datos para arribar a un cálculo de carácter absoluto para cuantificar qué tan conveniente resulta una oportunidad: **la ganancia**.

Se define ganancia como la diferencia entre el dinero ingresado y el gastado en el transcurso de la operación de sustitución. Por lo tanto, corresponde aclarar que, según la nomenclatura utilizada en el presente análisis, el dinero ingresado corresponde con la suma del valor de venta de todas las unidades que se podrían construir en cada predio, es decir, el ya calculado “Valor Futuro”.

Paralelamente, el dinero gastado en la operación se divide en varios factores, de distinta índole y magnitud. En cuanto a la construcción a la **construcción existente**, ya se cuenta con el valor de mercado (se calcula en el llamado “Valor Actual”) mientras que para el **valor del terreno**, el Método Residual Dinámico o “Factor Alfa” de la práctica avaluatoria indica que el precio del terreno no debe superar el 10% del valor futuro de un inmueble. Es decir, calculando el “Valor Futuro” se puede considerar un 10% de dicho valor como el monto máximo que un inversor debe pagar por el bien terreno.

Además, dentro de los gastos incluídos en la operación se considera la **construcción del nuevo inmueble**. En Uruguay, el Instituto Nacional de Estadística (INE) estudia en los documentos de “Índice de Costo de la Construcción” valores promedio para el costo de la construcción de 1 m² según varios parámetros constructivos como lo son, por ejemplo, la categoría de la construcción, la altura alcanzada, etc.

Se observa entonces que para una construcción de tipo torre que presente varios niveles con ascensor y de categoría económica o mediana, se estima que el costo-beneficio de la operación es equivalente a un 50% [11]. Esto quiere decir que el valor de construcción de 1 m² corresponde con la mitad del valor por el cual se comercializará una vez construído.

En el caso particular del presente informe, dado que se trabaja con la construcción hipotética de viviendas de categoría mediana, y el **valor de comercialización** de dicho bien se fija en 2300 USD/m², al año 2022; se calcula fácilmente que el costo de construcción de 1 m² de esas condiciones es equivalente a 1150 USD.

Además, este valor calculado por la INE incluye también en su cálculo los factores de limpieza el terreno, replanteo, implantación de obra, costos de materiales y servicios, mano

de obra, gastos generales (amortización de equipos, alquileres de oficina o depósitos, telefonía, combustible y tasas de interés), gastos de leyes sociales, gastos de conexiones definitivas (a las redes públicas de energía eléctrica y abastecimiento de agua) y costos municipales de los permisos de construcción (estudio de planos, inspecciones y todos los conceptos asociados a la tramitación del permiso y habilitación de edificios de vivienda).

Cabe destacar que en el precedente valor se excluyen algunos factores en cuanto a egresos refiere, como lo son los costos de la operación de movimiento de suelos, el costo de la demolición del inmueble actual, los honorarios de los profesionales actuantes, el valor del terreno, entre otros. Este último no representa un problema para el presente análisis dado que se calcula de manera independiente; mientras que los tres primeros son factores que se desestiman del cálculo de ganancia, haciendo imperativa la aclaración de que se trata de un valor estimado y que en la realidad, y dependiendo del caso a analizar, el gasto puede resultar distinto y probablemente, mayor.

Con los parámetros ya mencionados se llega entonces a una formulación para el cálculo de la ganancia. Dicha fórmula se expresa a continuación:

$$Ganancia = Ingresos - Egresos$$

donde

$$\begin{aligned} Ingresos &= Valor Futuro \\ Egresos &= Valor Actual + Valor Terreno + Valor Construcción \end{aligned}$$

Por lo tanto, resulta en:

$$\begin{aligned} Ganancia &= Valor Futuro - Valor Actual - Valor Terreno - Valor Construcción \\ &= Valor Futuro - Valor Actual - (0.10 * Valor Futuro) - (0.50 * Valor Futuro) \\ &= Valor Futuro (1 - 0.10 - 0.50) - Valor Actual \\ &= 0.4 * Valor Futuro - Valor Actual \end{aligned} \tag{9}$$

A su vez, el cálculo de “Egresos” representa lo que sería el **presupuesto del inversor inmobiliario** al momento de comenzar un negocio de sustitución, por lo cual, este valor es uno de los factores determinantes a la hora de consultar cuáles oportunidades de la zona son más convenientes para cada caso.

7.5. Determinación de Oportunidades

Una vez que se finaliza el cruzamiento de datos de las diversas fuentes, se obtiene la información necesaria para hacer el análisis de oportunidades, con el cual se busca identificar aquellos predios que presentan las mejores oportunidades para el área en estudio, según el proyecto.

Las oportunidades se discriminan en función del **porcentaje de volumen ocupado** y el **estado de conservación ponderado** (según el área edificada del predio) calculado para cada parcela. Para cada parámetro se establece un valor umbral y puntualmente, para la zona de estudio se considera un volumen ocupado igual o menor a 30% y un estado ponderado malo o peor, es decir mayor o igual que 4. La elección de estos valores se detalla en el análisis de variables especificado en el punto 7 del presente informe.

Los parámetros que definen las oportunidades tienen asociadas, por la propia elaboración, distintos comportamientos que intervienen en cálculo de rentabilidad del proyecto inmobiliario.

Por un lado, en el cálculo del porcentaje de volumen ocupado intervienen características de las construcciones existentes, como es el área edificada y la cantidad de pisos, y características asociadas al predio y a la normativa, como el área de la parcela, el FOS y la altura máxima admisible.

Por otra parte, al considerar el estado ponderado de las construcciones se establece un indicador de la situación de la o las edificaciones pertenecientes a una parcela, evitando considerar como oportunidad aquellos inmuebles que poseen alguna construcción o algún sector de las mismas en estado defectuoso.

Los parámetros anteriores sentencian si un inmueble se presenta como oportunidad o no. Ahora bien, es necesario **clasificar las oportunidades** que presenta cada parcela que se filtró. En este sentido, la variable que cuantifica la oportunidad es la **valorización neta** calculada para el inmueble, la cual representa cuántas veces más valiosa podría ser una edificación construida aprovechando al máximo la normativa vigente, respecto a la construcción existente y depreciado dicho valor por el régimen de propiedad y el régimen de gestión de suelo. Esta clasificación es relativa a la normativa aplicable a cada inmueble, por lo que no son comparables dos oportunidades de inmuebles en los cuales rige una normativa distinta.

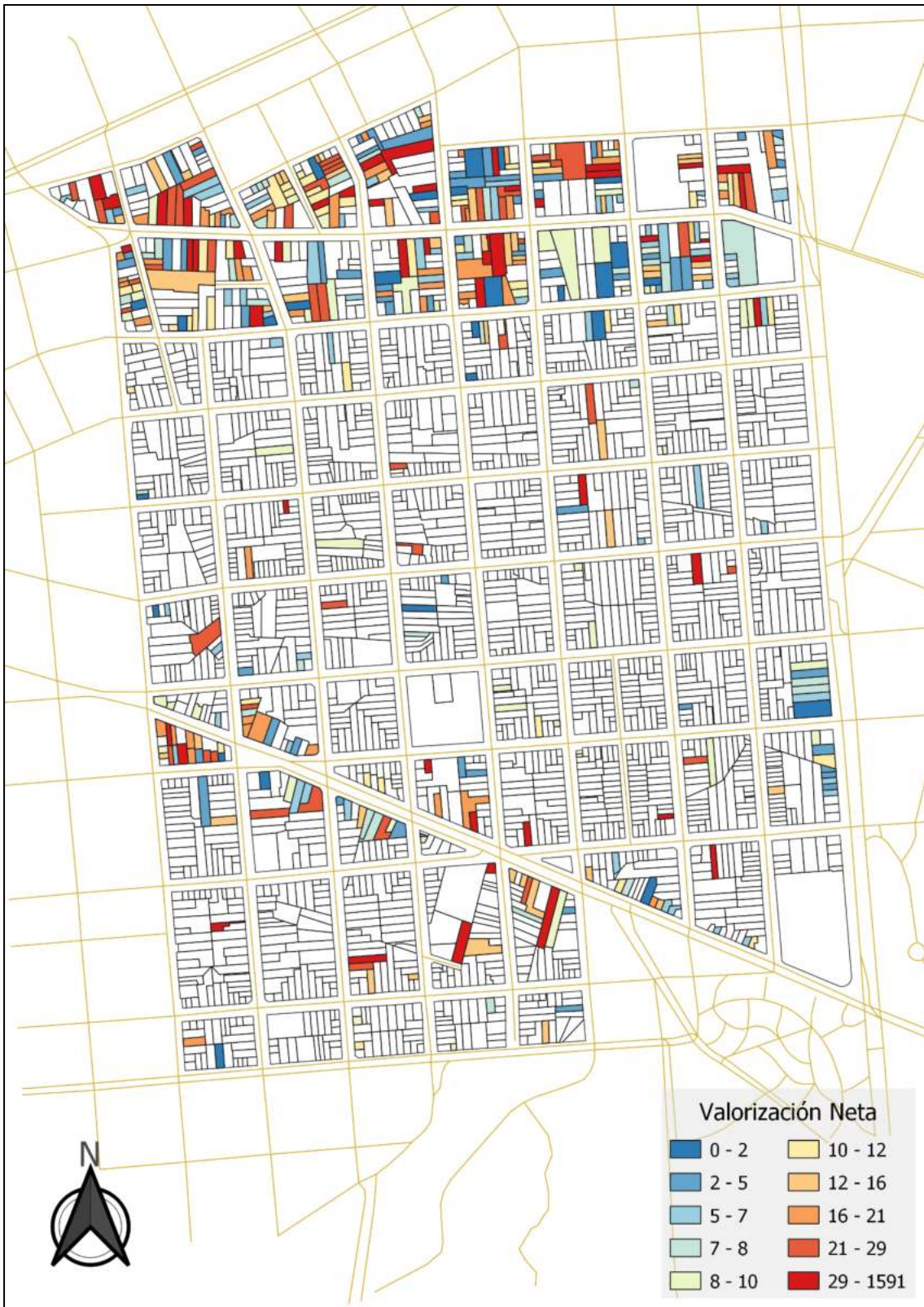


Imagen 14: Valorización Neta - Fuente: Elaboración propia

Para tener escala absoluta se utiliza la **ganancia** asociada a cada oportunidad, en cuyo cálculo intervienen los costos de construcción, terreno, mejoras y el valor de venta de la construcción futura. Con este parámetro se tiene la rentabilidad aproximada que otorgaría cada oportunidad dado que, por lo que se explicó anteriormente, dos oportunidades con igual valorización neta podrían diferir en la ganancia.

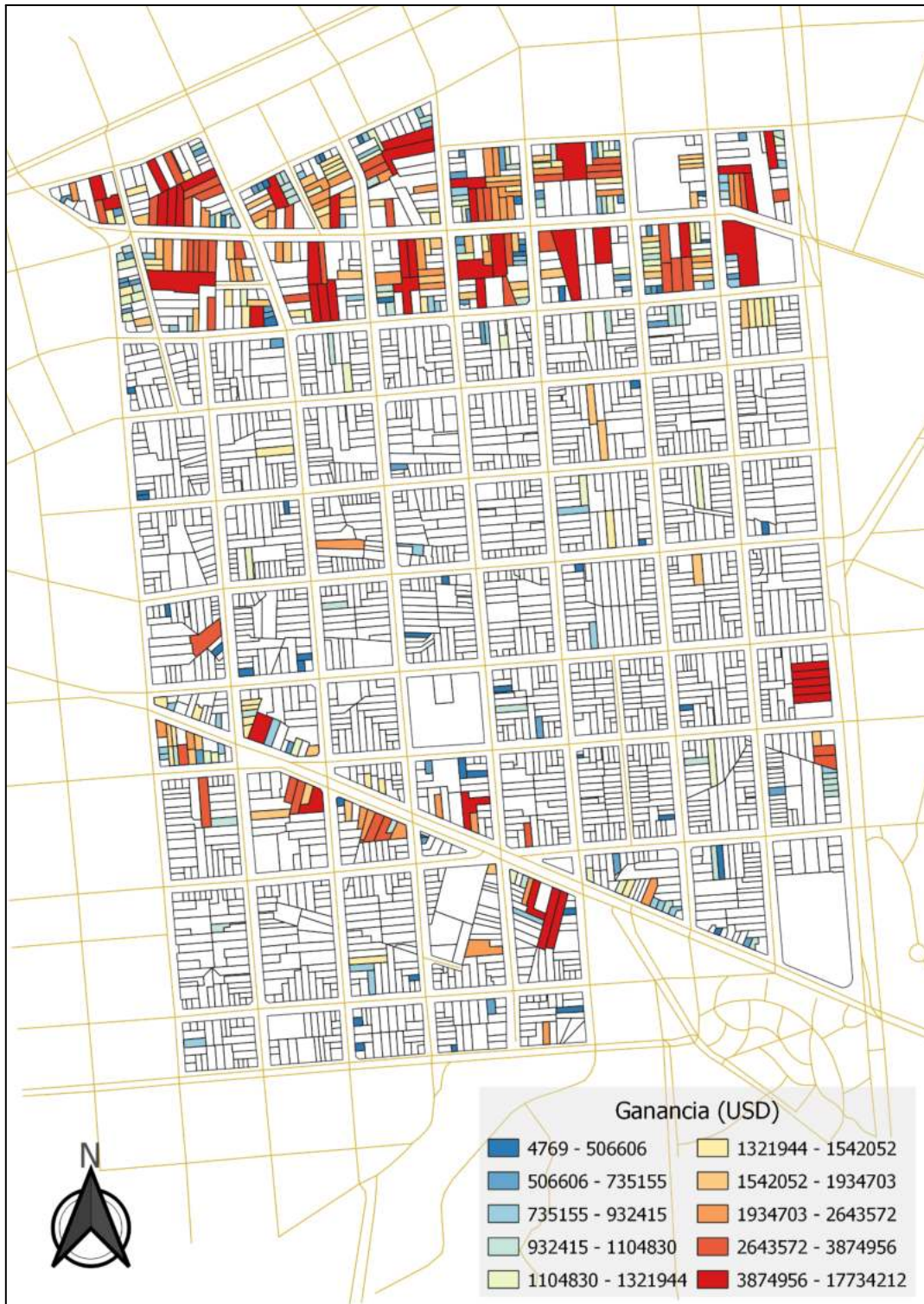


Imagen 15: Ganancia en USD - Fuente: Elaboración propia

7.6. Posibilidad de consulta por el usuario

Finalizada la etapa de análisis de oportunidades y su clasificación, se pasa a definir las variables que el usuario debe indicar a la hora de **seleccionar la mejor oportunidad** para su proyecto. En esta instancia se incorporan al modelo datos del **entorno** que pueden ser de interés para el inversor. A continuación se presentan los que se utilizan en el presente trabajo:

- Centros Educativos
- Policlínicas
- Avenidas
- Paradas de Ómnibus
- Espacios Públicos
- Datos Censales (del último censo realizado, correspondiente al año 2011)

Éstas son algunas características del entorno que pueden aportar valor como plusvalías a un proyecto edilicio. Sin dudas, pueden ser incorporadas otras múltiples variables de acuerdo a los intereses del proyecto y de las características de la zona. Queda a criterio del usuario la importancia de dichos parámetros y las restricciones que se desean asignar para cada uno.

Los primeros 5 elementos indexados anteriormente pueden ser consultados en función de un valor de distancia a la que se encuentra una parcela (que representa una oportunidad) con respecto a una o varias de estas entidades. Por ejemplo, se puede realizar la selección de oportunidades que no disten más de 500 m de los centros educativos. Por otro lado, se adjunta información demográfica acerca de la densidad poblacional buscada, según el proyecto.

Otra de las posibilidades que se ofrece al usuario es identificar las oportunidades según las **características** que demande el **proyecto** en particular. En la búsqueda, es posible indicar los valores requeridos en los siguientes campos:

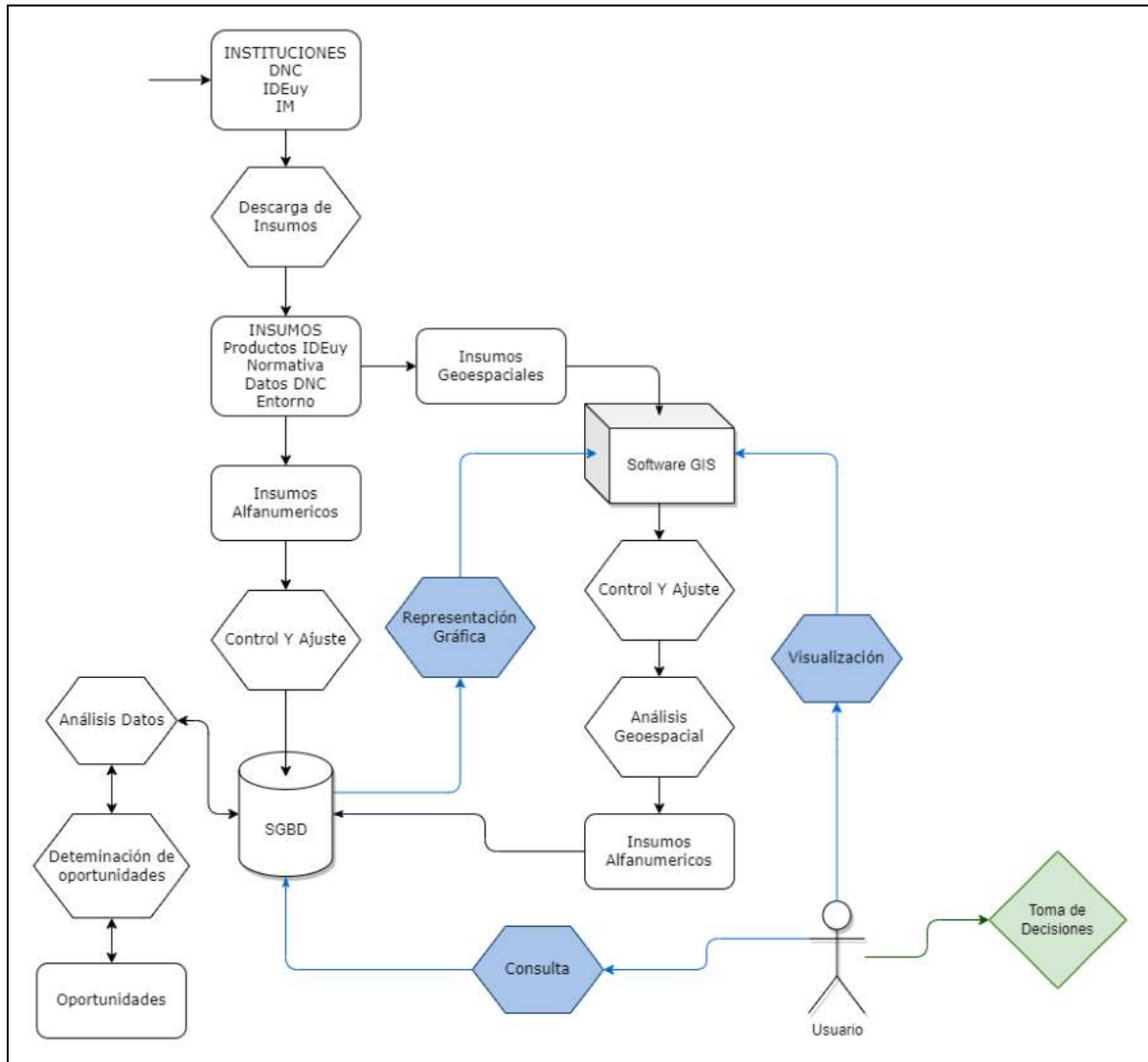
- Área del Predio
- Altura Máxima Permitida
- Retiro Frontal
- FOS
- Ganancia
- Presupuesto

Se consideran estos parámetros, con el fin de reducir el número de oportunidades que se presentan, teniendo en consideración los requerimientos de la inversión futura. En resumen, se optimiza la búsqueda en función de los intereses del inversor y del proyecto a implantar.

Si bien en la sección 16.A - “Anexos - Metodología Detallada” del presente informe se adjuntan las consultas pertinentes a la búsqueda en lenguaje SQL, es oportuno realizar la presentación de la búsqueda en un interfaz más amigable al usuario, donde los parámetros y peticiones no requieran conocimiento de SQL para ser ejecutadas. El diseño del interfaz gráfico escapa del tema central del informe y por ende no se profundiza en la materia.

8. Esquema de Metodología

En el siguiente esquema se presenta un resumen de la metodología desarrollada anteriormente.



9. Análisis de Variables

A la hora de determinar qué predios representan o no una oportunidad de sustitución edilicia se debe de fijar ciertos parámetros “filtro”. Esto es, dependiendo de la zona, se eligen distintos parámetros a través de los cuales se mide si el predio representa o no una oportunidad y se determina, a su vez, valores umbrales para dichos parámetros elegidos.

En el caso del presente análisis, se determinan como parámetros fundamentales el “Volumen Ocupado” (que recordamos representa el porcentaje de volumen edificado con respecto al volumen potencial que podría asumir una edificación futura) y el “Estado de Conservación Ponderado” (donde dicha ponderación se calcula considerando el área que ocupa cada unidad con respecto al área total ocupada por todas las unidades). Entonces, se definen **valores umbrales** para ambos parámetros tal que, si un predio cumple con al menos una de ellas, se lo considera como una oportunidad de sustitución. Ahora, ¿qué valor umbral se debe asumir para estos parámetros?

La metodología empleada para la determinación de los valores umbrales de cada uno de los parámetros elegidos consiste en visualizar cómo influye cada uno de éstos en la “Valorización Neta”. Esto es, se grafica el promedio de valorización neta para los predios que presenten cierto valor de volumen ocupado y, paralelamente, se grafica el mismo dato pero con respecto al estado de conservación ponderado y, a partir de ambas gráficas, se determinan los valores umbrales.

Previo a la realización del análisis de variables, resulta imperativo depurar los datos de manera que no existan outliers o valores atípicos. Existen diversas metodologías conocidas para la depuración de un conjunto de datos pero dado que la propia naturaleza de los datos de oportunidades resulta en que su valorización neta es mucho más alta que el promedio (el inmueble promedio no tiene una considerable vacante de altura, por lo cual su valorización neta es pequeña), ninguna de ellas resulta adecuada para la tarea en cuestión. Por lo tanto, se procede a depurar los datos de manera manual, observando y eliminando datos que se consideren atípicos, como por ejemplo, predios con valorización neta mayor a 1.000.000 (estos casos evidentemente no son representativos y se deben a errores de aproximaciones, sobre todo por divisiones entre valores muy cercanos al 0).

9.1 Análisis de Volumen Ocupado

En primer lugar, se observa la gráfica de valorización neta en función del **volumen ocupado**.

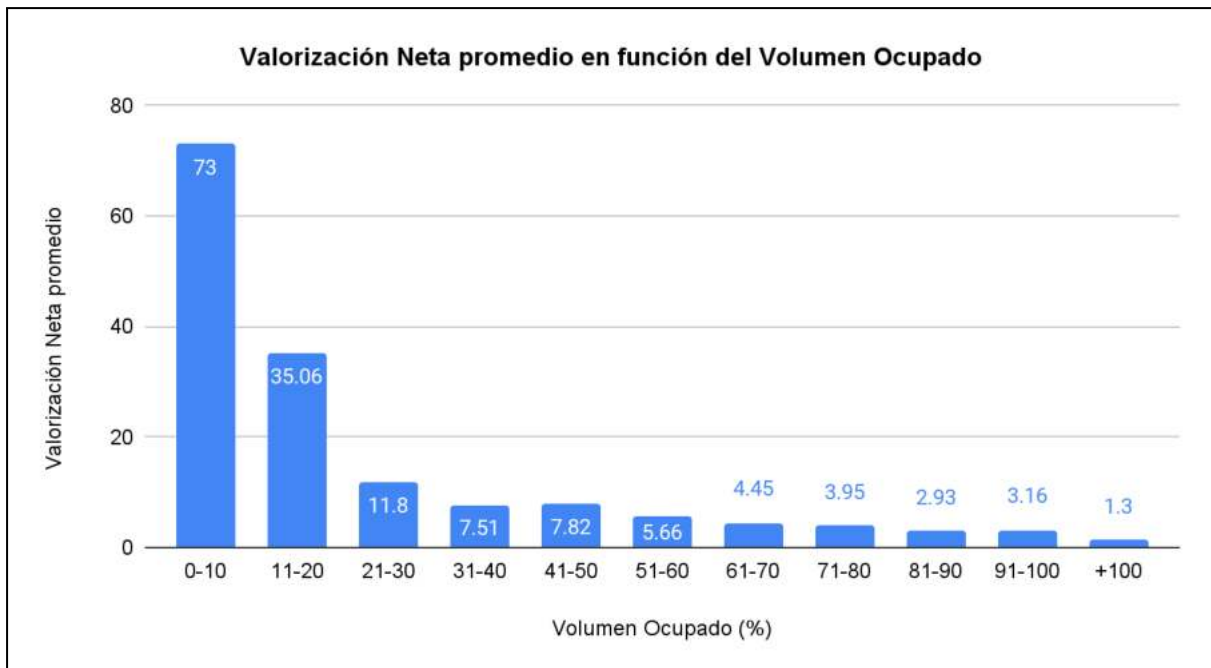


Gráfico 2: Valorización neta promedio en función de volumen ocupado - Fuente: Elaboración propia

Aquí, se puede observar que, tal como se intuye, los predios con menor volumen ocupado están asociados a mayores valorizaciones netas. Específicamente, se puede observar que a partir del valor de **30%**, comienzan a tomar valores inferiores a 10. Tomando en cuenta que el propósito del análisis es encontrar las mejores oportunidades y también considerando que cuanto mayor sea el volumen ocupado, más dificultosa será la tarea de demolición del inmueble existente; se fija en un valor de 30% el valor umbral para volumen ocupado, tal que cualquier valor igual o inferior a él se considera como una oportunidad de sustitución.

9.2 Análisis de Estado de Conservación

Por otro lado, se realiza la misma metodología en cuanto a **estado de conservación** refiere. El gráfico se observa a continuación:

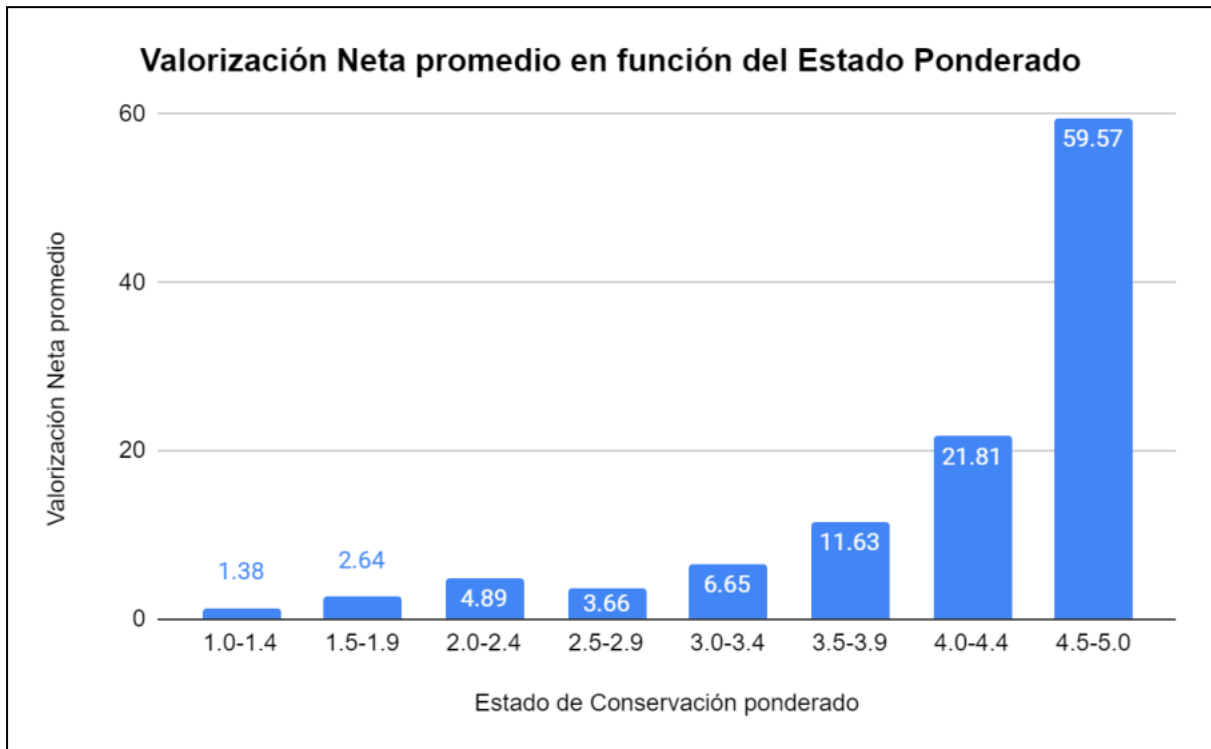


Gráfico 3: Valorización neta en función de estado de conservación - Fuente: Elaboración propia

Aquí, por el contrario, se observa que cuanto mayor es el valor de estado de conservación ponderado, mayor resulta la valorización neta. Esto tiene sentido ya que la escala de estado de conservación aumenta cuanto peor sea el estado del inmueble. Se observa entonces que a partir del valor de rango igual a 3.5-3.9, las valorizaciones netas, en promedio, son mayores a 10. Por lo cual, siguiendo el mismo criterio que se utiliza para el volumen ocupado, el valor umbral para estado de conservación ponderado puede fijarse en 3.5.

Sin embargo, recordando que un estado de conservación igual a 3.5 equivale a un valor de “Regular/Malo”, se considera que dicho valor resulta demasiado permisivo, incluyendo como oportunidad a predios que realmente no lo son.

Se procede entonces a analizar más rigurosamente los predios presentes en dicho rango de valores de estado de conservación ponderado para determinar si corresponde o no definir dicho valor como umbral.

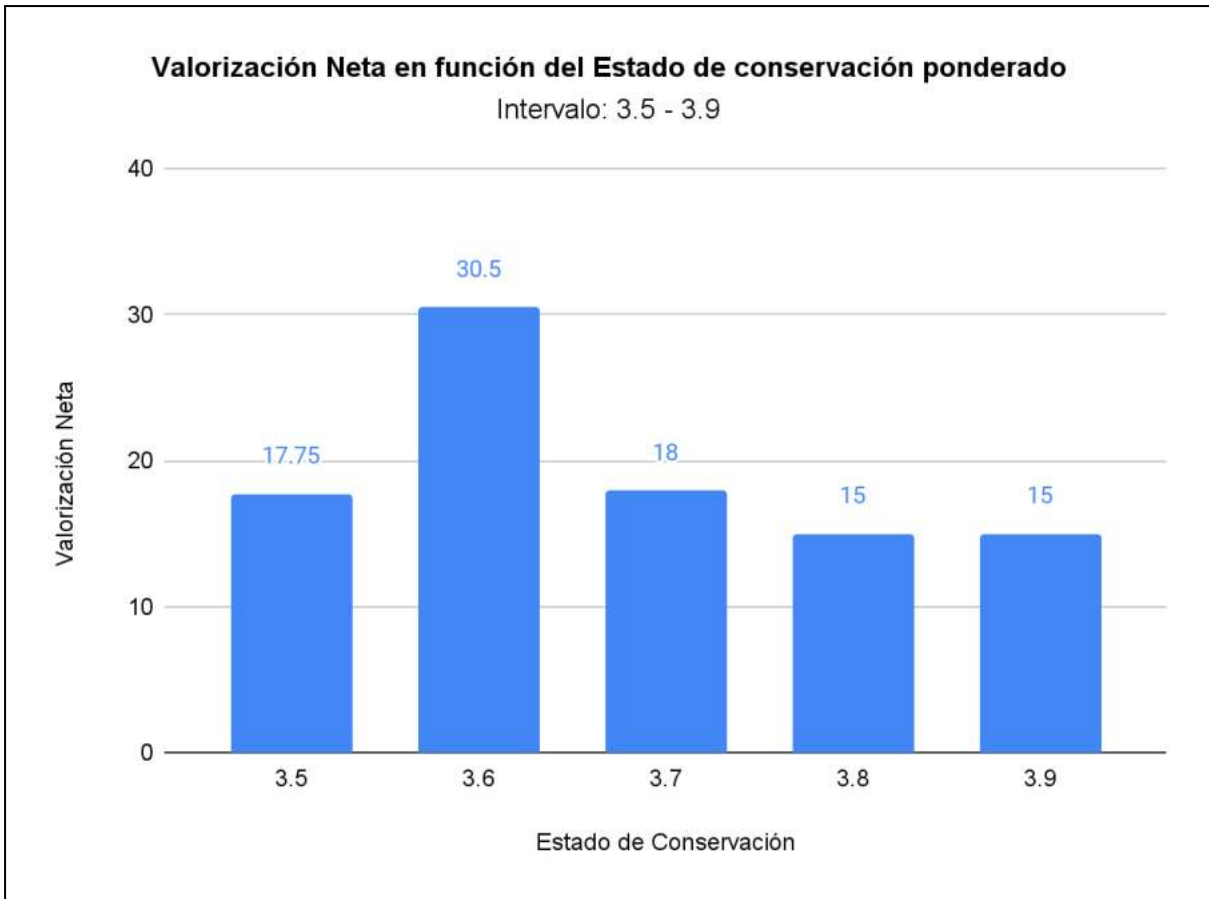


Gráfico 4: Valorización neta para estados de conservación entre 3.5 y 3.9 - Fuente: Elaboración propia

Aquí, se observa el comportamiento de la valorización neta en función del estado de conservación para los valores entre 3.5 y 3.9. Se aprecia que dicho comportamiento no tiene forma lineal sino que se asemeja más a una campana de Gauss sesgada hacia la izquierda. Es decir, un mayor valor de estado de conservación ponderado no necesariamente implica una mayor valorización neta. En contraposición de esto, a partir de un valor de 4, sí se presenta una correlación positiva entre estado de conservación y valorización neta.

Es por esto, que se define el valor umbral de estado de conservación en 4, tal que, si un inmueble se encuentra en estado malo o peor, es considerado como una oportunidad.

9.3 Análisis de Filtros

Por otro lado, se analiza la **cantidad de predios** considerados como oportunidades que **superan cada uno de los filtros**. Se recuerda que la cantidad total de predios identificados como oportunidades resulta en 475. Este número se compone de 402 predios que ingresan por el filtro de volumen ocupado, 57 predios que ingresan por el filtro de estado de conservación ponderado y 16 predios que ingresan por ambos filtros simultáneamente.

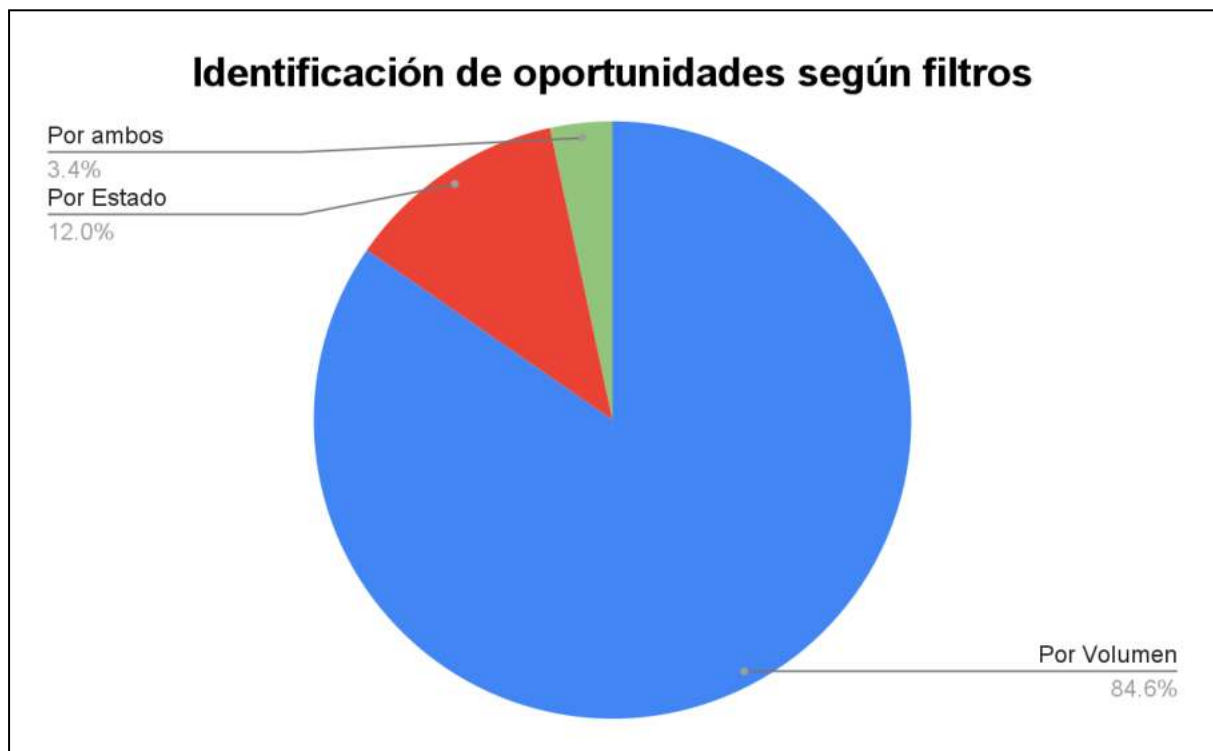


Gráfico 5: Porcentaje de ingresos según filtros - Fuente: Elaboración propia

Se observa entonces que el filtro de volumen ocupado tiene un peso mucho mayor que el filtro de estado de conservación. Esto resulta destacable ya que justifica de otra manera la elección del valor umbral de estado de conservación ponderado. Esto es, es coherente ser más restrictivo en cuanto a estado de conservación ponderado refiere dado que pocos predios pasan dicho filtro.

Además, se presenta en una sección posterior datos contundentes acerca de la precisión del dato de estado de conservación y por qué debería ser considerado con cierta cautela. Más aún, se verifica a posteriori que esta elección tiene correspondencia con la realidad del mercado inmobiliario.

10. Actualización

Con el objetivo de tener un control del producto final, se realiza una actualización del modelo con el fin de identificar las sustituciones edilicias que se realizaron. Para dicho proceso se hace uso de los insumos proporcionados por el Servicio de Geomática de la Intendencia de Montevideo, puntualmente del Modelo Digital de Superficie y la Ortofoto. Un aspecto no menor de estos productos es que los datos para su elaboración se capturaron en diciembre de 2021, época en la cual la vegetación es más frondosa que en la época otoñal o invernal. Esto trae aparejado una dificultad mayor a la hora de realizar el análisis de volúmenes y áreas construidas, generando diferencias que deben ser tratadas previo a la comparación con el modelo de 2018.

10.1 Control y Procedimiento

Antes de aplicar los procesos pertinentes, se realiza un **control altimétrico** de los modelos, comparando en puntos notables el MDS de 2021 con el MDS de 2018. Se constata que en la mayoría de los puntos de inspección la diferencia altimétrica entre ambos modelos es menor a 10 cm, lo que es tolerable dada la precisión de los productos. Este resultado es esperable dado que ambos productos utilizan el mismo sistema de referencia altimétrico.

Una vez chequeado el paso anterior, se le aplica en ArcMap, el mismo procedimiento que a los insumos del vuelo de la IDEuy, detallado en la sección 7.3 “Procedimiento - Análisis geoespacial en software GIS”. De esta forma se obtiene el Modelo Digital de Superficie correspondiente al año 2021, solo con los elementos antrópicos.

El siguiente paso consta en **restar el MDS antrópico de 2018 al MDS antrópico de 2021**, esta operación da como resultado la variación de volumen entre la instancia del vuelo aerofotogramétrico de 2018 y el de 2021.

10.2 Detección de cambios

Con la primera parte de análisis de volumen finalizado, se ingresan los resultados intermedios obtenidos al entorno de bases de datos. En esta instancia, se busca **detectar los cambios de volumen** que evidencian una sustitución o reforma edilicia significativa ocurrida entre las fechas en cuestión.

Si consideramos que el valor de píxel posee la diferencia de altura entre ambos modelos y el píxel tiene un tamaño de 1 m x 1 m (1 m² de superficie), la diferencia de volumen se obtiene como la suma de los valores de los píxeles asociados a un mismo número de padrón. Con esta operación se conoce el volumen que ganó o perdió cada inmueble.

Las sustituciones, demoliciones o reformas se establecen en función de la variación del volumen y el porcentaje que representa dicha variación con respecto al volumen construido existente para el 2018. Para determinar el tipo de modificación que sufrió el predio se consideran valores umbrales determinados empíricamente con los datos recabados para la zona. En esta instancia se manifiesta el problema que conlleva trabajar con un modelo digital con una vegetación densa para lo que refiere al área urbana. Gran porcentaje de los predios que no sufrieron modificaciones en sus edificaciones, presentan una diferencia de volumen negativa. Esto se debe a que la vegetación en general y en particular a la que cubre los techos

de las construcciones se le asignó un valor de píxel igual al del MDT, haciendo que en la resta entre el MDS y el MDT estos valores de píxeles sean cero, esto se traduce en una menor área construida para el MDS de 2021. Al realizar la operación MDS'21-MDS'18, los resultados obtenidos evidencian que la mayoría de los predios perdieron volumen sin haber sufrido modificaciones edilicias.

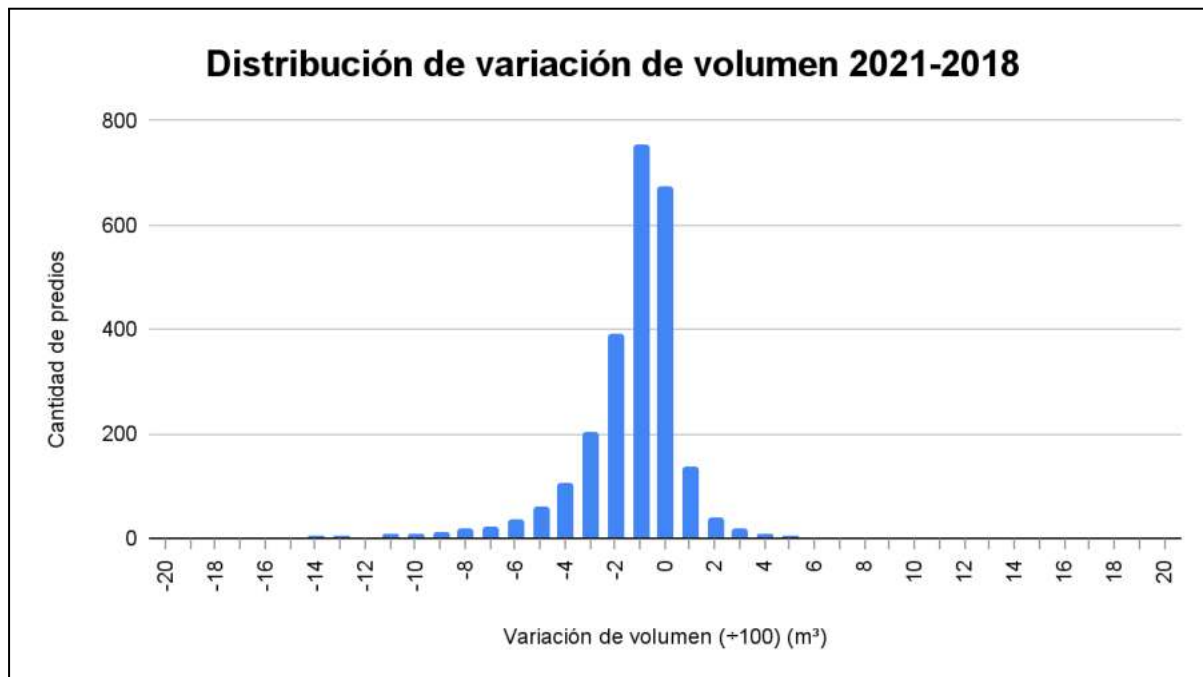


Gráfico 6: Variación de volumen período 2018 a 2021 - Fuente: Elaboración propia

Promedio (m ³)	-114
Mediana (m ³)	-92
Desviación Standard (m ³)	709

Tabla 6: Estadísticos de la variación de volumen período 2018 a 2021 - Fuente: Elaboración propia

Por este motivo, se definen empíricamente los siguientes valores umbrales que determinan las modificaciones edilicias significativas tanto por exceso como por defecto de volumen.

Modificación	Diferencia de Volumen (m ³)	Diferencia Vol. / Vol Existente 2018 (%)
Sustitución o Reforma	> 500	≥ 35
Demolición o Excavación	< -700	≤ -80

Tabla 7: Valores umbrales para considerar cambios volumétricos sustanciales - Fuente: Elaboración propia

El análisis de sustituciones identificadas se detalla en la sección 11.3 - “Control de calidad - Calidad del Producto”.

11. Control de Calidad

11.1. Calidad de los insumos

Una faceta muy importante a considerar en todo el proceso es la calidad de los datos con los que se trabaja. Esto implica chequear la información geográfica que se posee de manera de poder concluir si la fuente cumple con la calidad requerida como para brindar un resultado lo suficientemente preciso.

En el caso del presente análisis, los datos de entrada representan los insumos geomáticos provenientes de la IDEUy (de los cuales, el mismo ente productor del dato ha controlado su calidad) y los de la DNC, los cuales tienen una precisión desconocida.

Son éstos entonces los datos de los cuales se evalúa su calidad. Particularmente, los **datos catastrales a controlar** son la categoría de la construcción, el estado de conservación de la misma y el área construida.

En todos los casos, se contrasta el dato de la DNC con uno proveniente de una fuente de mayor calidad. Para los primeros dos datos se opta por realizar un relevamiento en campo de una muestra aleatoria de inmuebles y determinar visualmente los valores correspondientes. En cambio, para el análisis de la calidad del dato de área construida se realiza una comparación con medidas realizadas sobre la ortofoto producida por la IDEUy.

El primer control de la calidad, en donde se **evalúa la categoría de la construcción y el estado de conservación**, consiste en la inspección de una muestra de predios dentro de la zona de estudio y la determinación de qué valores le corresponden, a través de un relevamiento de fachada. El proceso de elección de la muestra fue a través de un muestreo aleatorio simple y el tamaño muestral elegido fue de 50 predios dado que esto representa un poco más del 10% de los 475 predios que pasaron por el filtro de determinación de oportunidades.

Cabe destacar que al inspeccionar los inmuebles únicamente según su fachada, ambos valores de estado y categoría podrían dejar de ser representativos para la totalidad del predio. Es decir, la situación de la fachada del inmueble puede distar del promedio del predio. Debido a esto, se compara lo relevado con un valor promedio y ponderado según el área de cada unidad.

Se considera, además, que un valor de categoría o estado de conservación se interpretará como erróneo en caso de que diste más de 1 unidad con respecto a lo relevado. Esto es debido a que una diferencia de 0.5 unidades puede ser justificada debido a diferentes criterios u opiniones entre técnicos y, como se mencionó, al calcular el valor promedio ponderado e inspeccionar únicamente por fachadas, se pierde precisión en la determinación de los parámetros “correctos”.

Dicha inspección arrojó los siguientes resultados: se presentan 5 predios que difieren más de 1 unidad en cuanto a categoría de construcción (lo que representa un 10% de la

muestra) y, paralelamente, se presentan 11 predios que difieren más de 1 unidad en cuanto a estado de conservación (lo que representa un 22% de la muestra).

Además, se calcula el promedio de diferencias obtenidas, tanto de categoría como de estado. Aquí, se observa que el promedio de diferencias de categoría resulta en 0.10 puntos. Es decir, en promedio, en el relevamiento se calificaron las categorías como 0.10 puntos mayores, lo que representa en la realidad un deterioro en la categoría (recordamos que un valor igual a 1 equivale a una categoría suntuosa mientras que un valor igual a 5 equivale a una categoría muy económica).

Por otro lado, el promedio de diferencias entre el estado de conservación relevado y manifestado por la DNC resulta en -0.48. Esto quiere decir que, en promedio, en el relevamiento se calificaron los estado de conservación 0.48 puntos menos, lo que representa una mejora en cuanto al estado de conservación refiere (éste presenta el mismo comportamiento que la categoría de la construcción, cuanto más bajo el valor, mejor estado de conservación representa).

11.2. Calidad del parámetro “Área Edificada”

Posteriormente, se evalúa la **calidad de los datos de área construída** determinados por la DNC. En este caso, como se mencionó anteriormente, se consideran como fuente de mayor calidad mediciones tomadas desde la ortofoto producida por la IDEUy.

Ahora, en esta ocasión la elección de la muestra no responde a un muestreo aleatorio simple sino que responde a un muestreo estratificado. Esto es, los elementos de la muestra cumplen con cierta propiedad, en este caso, los inmuebles sólo tienen 1 nivel de altura. El motivo de esta elección se debe a que el dato de **área construída proporcionado por la DNC** se encuentra discriminado por unidad, por ende, no sería posible medir la **superficie** de cada unidad desde la **ortofoto de la IDEUy**. Por el contrario, si se consideran los inmuebles de 1 solo nivel de altura, todas las unidades presentes serán visibles desde la ortofoto y por lo tanto, su superficie será fácilmente medible. Además, esta misma muestra será comparada posteriormente con los **valores de área edificada calculados** en esta sección y se recuerda que dicho valor representa el área edificada en planta para cada inmueble haciendo comparables ambos parámetros.

Se miden entonces las superficies de los 50 predios elegidos y comparándolas con los valores definidos por la DNC se observa que, en promedio, la diferencia entre el primero y el segundo es de 21 m². Es decir, la DNC sobreestima en 21 m² el área edificada de los inmuebles de la muestra. Además, la distribución de estas diferencias halladas tiene una desviación estándar de 104 m², lo cual implica que los datos de la muestra se encuentran muy dispersos.

Además, se mide la diferencia entre el valor de área medido a partir de la ortofoto de la IDE y el valor obtenido a partir del modelo (cantidad de píxeles con valor mayor a 2 metros) y la diferencia entre esta y el área declarada por la DNC. Los resultados se pueden observar en la siguiente tabla:

Diferencias de superficie	IDE-Modelo	IDE-DNC	DNC-Modelo
Promedio (m ²)	-10	-21	+11
Desviación Estándar (m ²)	23	104	107

Tabla 8: Diferencias de superficie entre el Modelo, IDE y la DNC - Fuente: Elaboración propia

Se observa claramente que las mediciones que involucran el dato de área proveniente de la DNC presentan un promedio superior y una desviación estándar significativamente superior a la obtenida entre el modelo y las mediciones realizadas a partir de la ortofoto de la IDE.

Aún así, se observa que las principales diferencias halladas entre los datos provenientes de la DNC y el resto de las fuentes ocurren, en parte, debido a que al aplicar el filtro tal que sólo se consideran construcciones de 1 solo nivel, existen varios predios que erróneamente indican que cumplen la condición. Esto es fácilmente verificable a través de una inspección de los inmuebles, donde se constata que presentan más de 1 nivel y por lo tanto, empeora la calidad del dato de la DNC, no por una errónea declaración del área sino por una errónea declaración del nivel de altura al que corresponde cada unidad.

Se adjunta también la gráfica correspondiente a las diferencias halladas entre los 3 valores:

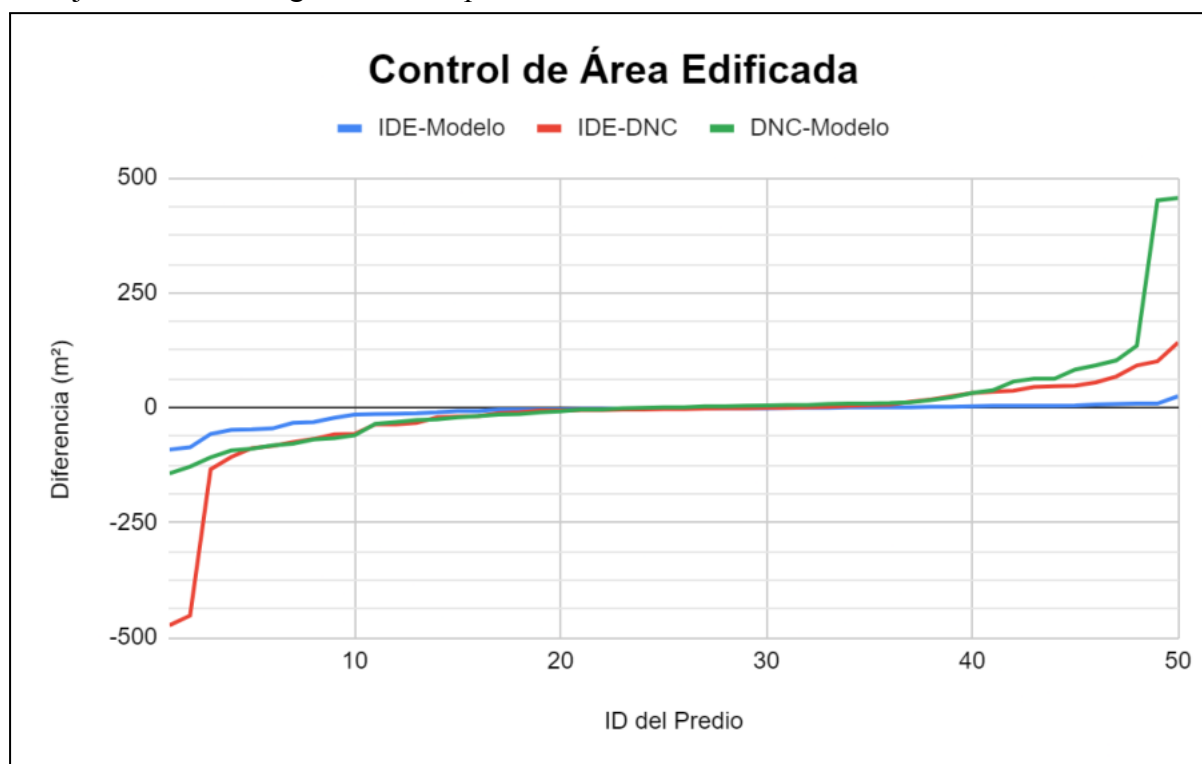


Gráfico 7: Control de Área Edificada para el Modelo, IDE y DNC - Fuente: Elaboración propia

11.3. Calidad del producto

Por otro lado, también se mide la **calidad de los datos de salida**, es decir, qué tan precisa es la metodología en reconocer las mejores oportunidades de sustitución edilicia. Evidentemente, aquí tiene un rol importante los parámetros filtro definidos.

Tal como se vió en la sección correspondiente, los primeros dos parámetros a definir al momento de identificar qué predios representan buenas oportunidades de sustitución son el volumen ocupado y el estado de conservación ponderado.

Se recuerda que se analiza, según las valorizaciones netas, los valores óptimos para dichos parámetros, llegando a resultados de 30% para el valor máximo de volumen ocupado y/o un estado de conservación de 4 como mínimo para representar una oportunidad destacable.

Considerando dichos parámetros, de los 2559 predios originales en la zona de estudio, se seleccionan 475 como potencialmente sustituibles.

Es pertinente entonces analizar, a partir de los inmuebles que se detectaron como sustituidos en la diferencia de modelos entre 2021 y 2018, cuántos de aquellos fueron detectados como oportunidades de sustitución.

Dado el análisis de diferencias volumétricas entre 2018 y 2021, y considerando los valores límite a partir de los cuales se considera que se efectivizó una sustitución (explicado en la sección 10.2 - “Actualización - Detección de Cambios”) se constata que en el período 2018-2021 se efectivizaron 28 sustituciones edilicias.

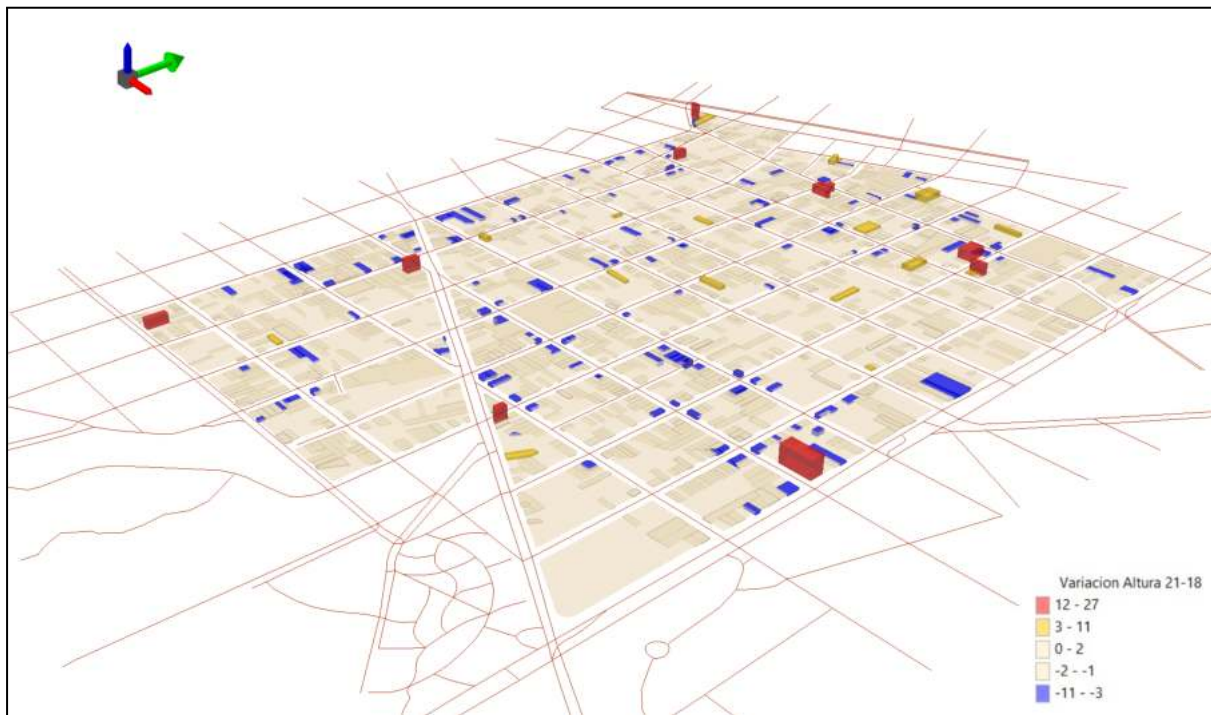


Imagen 16: Variación de altura entre 2018 y 2021 - Fuente: Elaboración propia

De estas 28 **sustituciones efectivizadas**, 22 fueron detectadas como oportunidades deseables por el modelo propuesto. Esta proporción representa un 80% de efectividad en reconocimiento de oportunidades.



Imagen 17: Predio esquina entre las calles Bulevar Artigas y Maldonado en el año 2015 (izquierda) y en el año 2022 (derecha). Fuente: Google Street View (izq.) y Federico Anzuatte (der.)



Imagen 18: Predio ubicado en la calle Avenida Gonzalo Ramírez entre Juan D. Jackson y Juan Manuel xBlanes en el año 2015 (izquierda) y en el año 2022 (derecha). Fuente: Google Street View (izq.) y Elaboración propia (der.)



Imagen 19: Predio ubicado en la calle Edil Hugo Prato entre Dr. Joaquín Requena y Juan Paullier en el año 2015 (izquierda) y en el año 2022 (derecha). Fuente: Google Street View (izq.) y Elaboración propia (der.)

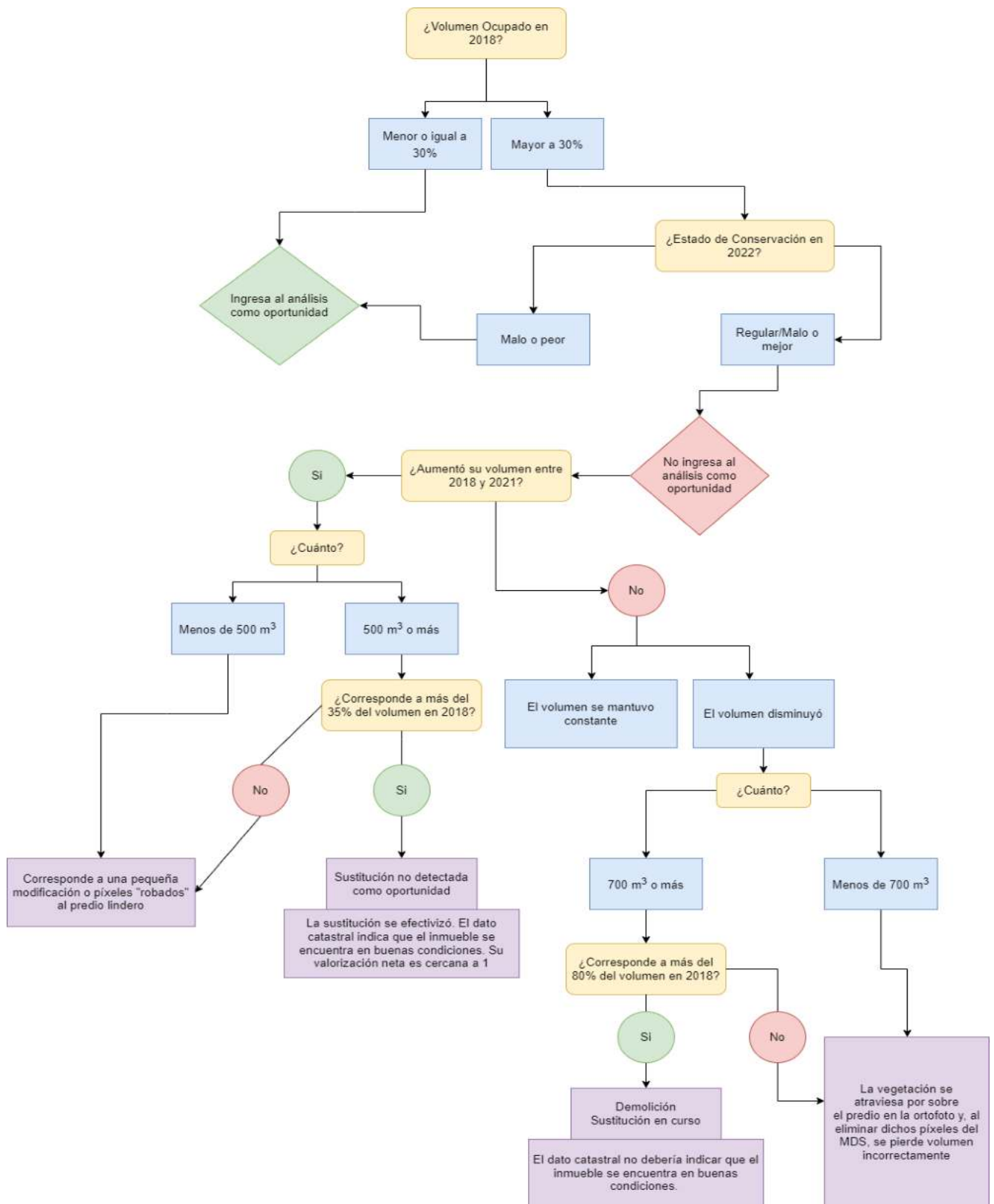
Asimismo, de las 6 oportunidades que no fueron detectadas, se constata que en 3 de ellas, el motivo por el que fueron desestimadas resultó en que el estado de conservación ponderado era inferior al límite establecido pero representaba a la misma vez una situación excepcional. Es decir, el inmueble presentaba en las líneas de construcción dos versiones del mismo bien, presentando distintos regímenes de propiedad y distintos estados de conservación. Estos 3 predios presentaban un estado de conservación que sí hubiese sido suficiente como para ser considerado como oportunidad deseable (mayor o igual a 4) y un régimen de propiedad común; pero, a su vez, presentaban estados de conservación cercanos a 1 y régimen de propiedad horizontal, es decir, presentaba simultáneamente datos anteriores y posteriores a la sustitución.

En caso de contar con la información de la DNC de una fecha igual a la de captura de datos volumétricos (IDEUy), estos errores no sucederían. Se puede deducir entonces que, bajo condiciones más favorables en cuanto a precisión temporal de los datos, se detectan 25 de las 28 sustituciones efectivizadas. Este valor representa un 90% de efectividad en el reconocimiento de oportunidades.

Por último, con respecto a las 3 sustituciones que no fueron detectadas, 2 de ellas se constata que además de la sustitución edilicia se efectuó una fusión de dos predios linderos. Evidentemente, pueden existir casos donde un predio en solitario no represente una buena oportunidad de sustitución pero, al considerarlo en conjunto con sus linderos, se dispare lo conveniente de la oportunidad. Este es un factor que no es considerado en el presente análisis y representa una potencial herramienta a incorporar la metodología.

Por otra parte, la otra sustitución no detectada presentaba un valor de volumen ocupado igual a 32%, por lo cual se considera que modificando mínimamente dicho filtro, se abarcaría este caso.

11.4. Esquema de Análisis de Sustituciones



Otro dato a destacar corresponde a que, de las 22 sustituciones efectivizadas que fueron detectadas, 18 de ellas (83%) ingresaron al análisis al pasar el filtro de presentar 30% o menos en cuanto a volumen ocupado refiere. Por otro lado, 2 de ellas (13%) ingresaron al análisis por pasar el filtro de presentar un estado de conservación ponderado mayor o igual a 4. Finalmente, una sustitución (4%) ingresó al análisis pasando simultáneamente ambos filtros. Esto tiene un fuerte vínculo con la distribución de ingresos para los 475 predios identificados como oportunidades (ver Gráfica 5, Sección 9.3 “Análisis de Variables - Análisis de Filtros”).

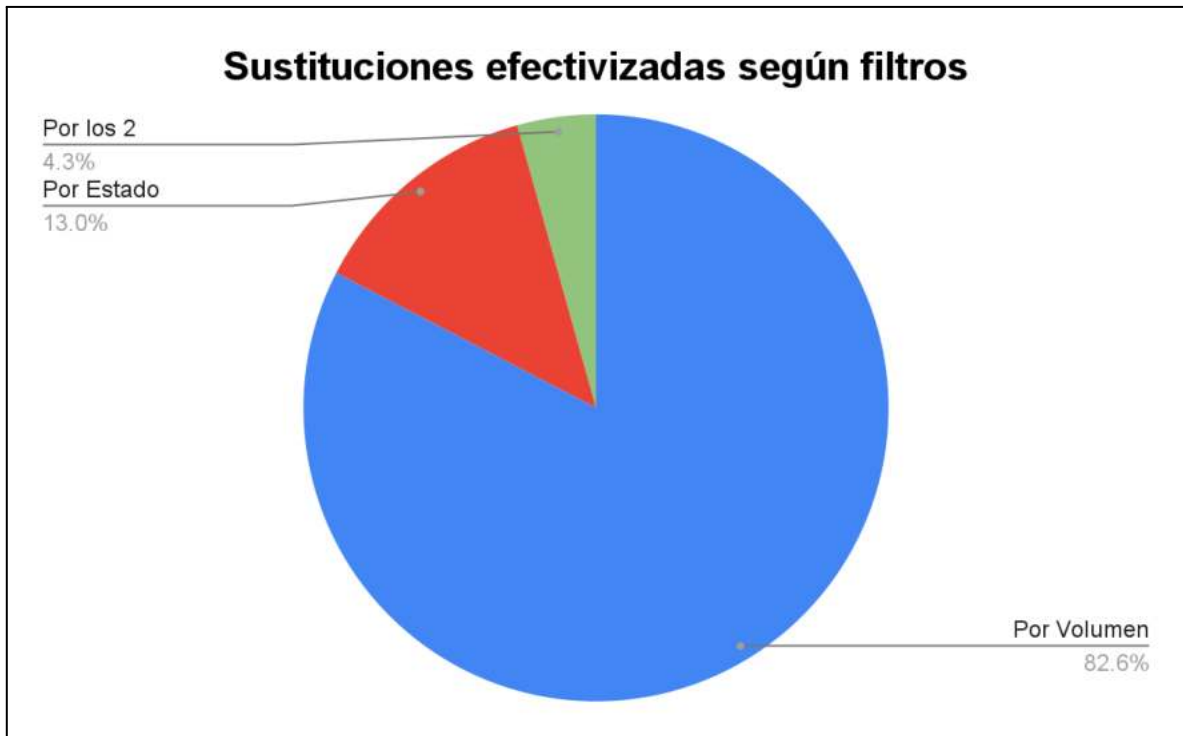


Gráfico 8: Porcentaje de predios sustituidos según filtros - Fuente: Elaboración propia

Todos los datos detallados acerca de las sustituciones efectivizadas y los parámetros de volumen y estado de conservación ponderado se pueden ver plasmados en la sección 16.D “Anexos - Planilla de Sustituciones” presente en los Anexos del presente informe.

12. Viabilidad de Implantación

Como fue mencionado a lo largo del informe, todos los insumos necesarios para la realización del análisis se encuentran disponibles de manera gratuita, ya sea a través de un sitio web o de forma física estableciendo contacto con el ente correspondiente.

Ahora, resulta pertinente responder a la pregunta: ¿Cómo se podría implementar la metodología planteada en caso de no disponer de dichos insumos? ¿Cuánto dinero implicaría su producción?

En primer lugar, se destaca que la normativa vigente siempre se encuentra disponible para toda la ciudadanía y es visualizable a través de una simple búsqueda web o consulta personal con el sector apropiado.

Luego, los Modelos Digitales de Elevación y Ortofotos deben producirse de manera propia, a través de un vuelo fotogramétrico. Es destacable aclarar que dicho vuelo debe cumplir con ciertos requisitos y restricciones de manera que el resultado al que se arriba sea coherente y representativo. Dichos requisitos y restricciones se explicitan en la sección 13 - “Requisitos y Restricciones”.

Dado que el área a relevar es densamente urbanizada, los controles y requisitos exigidos son mayores a valor en una zona rural o no urbanizada. En este sentido, se deben solicitar los permisos pertinentes en DINACIA (Dirección Nacional de Aviación Civil y Infraestructura Aeronautica).

El costo estimado de la generación y procesamiento de dichos insumos resulta en USD 500 por hectárea, para un relevamiento con una cámara RGBI y de USD 700 por hectárea en el caso de realizarse con un sensor LIDAR. Claramente, al aumentar la superficie a relevar el precio por hectárea disminuye, por lo que se estima que para la zona de estudio (100 hectáreas aproximadamente) un costo de USD 30.000 a USD 40.000 para RGBI y USD 40.000 a USD 50.000 para LIDAR.

Por otro lado, también resulta imperativa la asistencia de técnicos profesionales que se enfoquen en el diseño y manejo de los recursos informáticos (Base de Datos) y de las cuestiones referidas a la geomática.

El costo estimado para el diseño y manejo de los recursos informáticos por parte de un Programador Full Stack (desarrollador que trabaja tanto en el front-end como en el back-end de un sitio web, software o aplicación, es decir: está tanto en la parte del cliente y usuarios como del servidor [23]) resulta en USD 10.000 (según consulta con técnicos de la materia), mientras que el costo estimado para la contratación de un Ingeniero Agrimensor encargado de las cuestiones geomáticas y legales resulta en USD 4000.

En resumen, la implementación de la metodología planteada implicaría un costo total estimado de USD 50.000 a USD 60.000 .

13. Requisitos y Restricciones

En función al trabajo realizado se deducen algunos requisitos o recomendaciones que se deben tener en cuenta a la hora de implementar el modelo. Estas consideraciones aportan a la calidad y precisión del producto final.

De parte de las unidades utilizadas para los parámetros en cuestión se debe atener al Sistema Internacional de Unidades mientras que todos los valores monetarios se expresan en dólares estadounidenses; además el valor del FOS debe expresarse en un porcentaje entre 0 y 100.

En cuanto a los aspectos generales de los insumos, se recomienda que el levantamiento de los datos se realice en época de otoño o invierno. Esto recae en que la vegetación en los períodos de primavera y verano se vuelve más frondosa, lo que incorpora mayor incertidumbre al análisis. Ésta consideración afecta en mayor o menor medida dependiendo de la cantidad y tipo de vegetación del área de aplicación.

Otro aspecto general referido a los insumos, es trabajar con un sistema de referencia de coordenadas proyectadas apropiado para la zona de aplicación. Esto es necesario, dado que en las consultas de distancias a los elementos del entorno se aplica la función “ST_Distance”, la cual requiere un sistema de coordenadas proyectadas para su correcto funcionamiento.

Para el caso de un levantamiento aerofotogramétrico de los datos, se recomienda realizarlo con una cámara multispectral que contenga la banda infrarroja, con la cual se puede calcular el NDVI. En cuanto a la resolución espacial, se considera pertinente trabajar con un tamaño de píxel no mayor a 50 cm, dado que, según lo tratado en la sección 11.2 “Control de Calidad - Calidad del parámetro Área Edificada”, se incorporaría un error al cálculo que no sería tolerable para el análisis.

En caso de cualquier otro tipo de levantamiento de los datos como puede ser un vuelo LIDAR o a través de imágenes satelitales, se deben realizar de forma de cumplir con los requisitos anteriormente mencionados.

Considerando la variación del mercado inmobiliario, se recomienda una actualización anual de los insumos. En efecto, es imprescindible trabajar con datos de la misma fecha, de esta forma se disminuyen los errores asociados a los datos catastrales.

Asegurar que los datos que se incorporan al sistema de base de datos, tengan el formato de codificación compatible con la codificación de caracteres UTF-8. Esto implica, eliminar aquellos caracteres como “ñ”, ‘, o cualquier otro carácter que no esté incluido en el lenguaje de codificación anterior.

Se recomienda descargar los datos de la fuente oficial que elabora el mismo. De esta forma se evitan incorporar errores por la manipulación, adulteración o falta de actualización de los datos.

14. Conclusiones

Luego de realizado el presente trabajo se llega a varias conclusiones y aprendizajes recogidos durante la elaboración del mismo. Se presentan aspectos destacables y también posibilidades de mejora, tanto de la metodología como de los insumos utilizados.

En primer lugar, se destaca que el objetivo planteado fue cumplido correctamente. Se recuerda que se busca identificar las mejores oportunidades de sustitución edilicia en la zona de estudio y la metodología diseñada fue tal que el 80% de las sustituciones efectivizadas entre los años 2018 y 2021 fueron detectadas como buenas oportunidades.

Evidentemente, el 20% que fue sustituido pero no identificado como oportunidad representa la imprecisión de la metodología planteada. Ahora, esta precisión mencionada es mejorable en caso de trabajar con datos de calidad satisfactoria. Puntualmente, en caso de haber trabajado con datos correspondientes a la misma fecha, la precisión hubiese aumentado a un 90%. Además, los datos provenientes de la DNC resultaron imprecisos o incluso incoherentes en ciertas ocasiones, brindando una ambigüedad indeseada al análisis.

Ésta imprecisión en la información catastral fue supuesta y luego verificada a través de una evaluación de su calidad (realizando una inspección en campo), por lo cual, se vuelve a destacar que en caso de presentar los datos catastrales una mayor precisión, el resultado obtenido sería de mayor calidad.

Adicionalmente, el desajuste del parcelario de Montevideo también derivó en una pérdida de precisión del modelo.

A su vez, se verifica que el 10% de sustituciones no identificadas como oportunidades se realizaron a través de un proceso más complejo que implicó una fusión de parcelas. Es decir, el actor detrás de la sustitución evaluó que obtendría un mayor rédito si fusionase dos predios (ninguno de los cuales representaba por sí sólo una buena oportunidad) y construyese una gran edificación en este terreno de mayor tamaño.

Ésta es una faceta que no fue incluida en el presente análisis pero se evidencia que es de gran interés presentar esta posibilidad al usuario. En caso de implementar la metodología planteada, se recomienda indagar con mayor profundidad sobre la viabilidad de incluir esta perspectiva al análisis.

Dicho esto, es destacable la maleabilidad de la metodología planteada.

Esto es, no sólo se pueden incluir nuevos parámetros de interés (según se requiera para la zona de estudio elegida) como lo podría ser, por ejemplo, la cercanía al mar en caso de aplicar la metodología a un balneario; sino que también se puede modificar una fuente de datos dejando al resto como constante.

Esto se debe a que la información utilizada proviene de bloques independientes (como lo son la DNC, IM, IDEUy, INE, etc.) por lo cual, es posible reemplazar una de las fuentes de información y observar qué cambios produce en el resultado.

Esto puede ser aplicable para cuestiones de actualización (ingresando, por ejemplo, los datos catastrales más recientes) o para cuestiones referidas a la planificación (ingresando una normativa hipotética y observando cómo variaría la trama urbana).

Se destaca el potencial de los insumos libres utilizados en el trabajo. Por un lado, a partir de la gran cantidad de datos abiertos disponibles por las distintas instituciones y organizaciones, se pueden elaborar variados análisis y producir insumos útiles para distintos ámbitos de aplicación, sin necesidad de gastar recursos económicos ni tiempo en el levantamiento inicial de los datos. Además, se han desarrollado innumerables softwares de código abierto que son una herramienta fundamental para operar toda la información disponible.

Consideramos que en el caso hipotético de aplicación de la metodología, se podrían automatizar y/o optimizar gran parte de las etapas. En cuanto a los procesos de análisis geoespacial, existen distintas herramientas presentes en softwares que permiten realizar una cadena de pasos relacionados ejecutable en una sola acción. Por otro lado, en lo que respecta al código desarrollado para el análisis en base de datos no se considera la optimización de los procesos. Este hecho es fundamental a la hora de desarrollar un producto digital a partir de la metodología.

Se destaca finalmente la importancia de la información geoespacial en la toma de decisiones, permitiendo al usuario visualizar múltiples escenarios posibles y definir cuál de ellos es el más favorable.

Posibilidades de continuidad:

- Análisis de oportunidades de sustitución edilicia mediante fusión de predios
- Aplicación de la metodología en otro centro urbano y evaluación de posibles modificaciones a la misma según la zona
- Utilización de la metodología como herramienta de planificación territorial

15. Bibliografía y Fuentes

- [1] ARCGeek, 2016, *Calcular el índice de vegetación de diferencia normalizada NDVI*. Loja, Ecuador. [Consulta: 14 de enero de 2023]. Disponible en: <https://acolita.com/calcular-indice-vegetacion-diferencia-normalizada-ndvi-qgis-arcegis/>
- [2] DEPARTAMENTO DE GEOMÁTICA, 2019, *Material del curso “Taller de Datos Espaciales y Sistemas de Información Geográfica: Módulo 1: ¿Qué son los datos espaciales y los sistemas de información geográfica?”*. Montevideo, Uruguay. Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.
- [3] DEPARTAMENTO DE GEOMÁTICA, 2019, *Material del curso “Taller de Datos Espaciales y Sistemas de Información Geográfica: Módulo 3: Componente espacial. Representación de elementos espaciales. Estructuras de datos espaciales”*. Montevideo, Uruguay. Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.
- [4] DIRECCIÓN NACIONAL DE IMPRESIONES Y PUBLICACIONES OFICIALES, 1995, *Decreto 318/995: REGISTRACIÓN DE FIRMA Y TÍTULO PROFESIONAL EN LA DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO NACIONAL. PLANOS DE MENSURA*. Montevideo, Uruguay. [Consulta: 14 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/318-1995>
- [5] ESRI, 2022, *ArcGIS for Personal Use Pricing*. Redlands, Redlands, Estados Unidos. [Consulta: 14 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-for-personal-use/buy>
- [6] ESTUDIOS AMBIENTALES, HIDROLÓGICOS Y DE GEOMÁTICA, 2012, *Índices de Vegetación*. Lima, Perú. [Consulta: 14 de enero de 2023]. Disponible en: <https://estambhidgeom.blogspot.com/2012/01/indices-de-vegetacion.html>
- [7] GOOGLE CLOUD, 2022, *¿Qué es una Base de Datos Relacional?* Mountain View, Estados Unidos. [Consulta: 14 de enero de 2023]. Disponible en: <https://cloud.google.com/learn/what-is-a-relational-database>
- [8] INSTITUTO DE COMPUTACIÓN, 2020, *Material del curso “Introducción a Bases de Datos: Módulo 1: Introducción”*. Montevideo, Uruguay. Instituto de Computación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.
- [9] INSTITUTO DE COMPUTACIÓN, 2020, *Material del curso “Introducción a Bases de Datos: Módulo 4: Diseño Conceptual”*. Montevideo, Uruguay. Instituto de Computación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.
- [10] INSTITUTO DE COMPUTACIÓN, 2020, *Material del curso “Introducción a Bases de Datos: Módulo 6: SQL”*. Montevideo, Uruguay. Instituto de Computación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.
- [11] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DE URUGUAY, 1999, *Índice del Costo de la Construcción*. Montevideo, Uruguay. [Consulta: 14 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.ine.gub.uy/documents/10181/36026/MetodologiaICC.pdf/c5684fc1-d38f-4dae-85c7-68e5244843e0>

- [12] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA DE MÉXICO, 2021, *Modelos Digitales de Elevación (MDE) - Descripción*. Ciudad de México, México. [Consulta: 22 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/mapas/relieve/continental/metadatos/mde.pdf>
- [13] INTENDENCIA DE MONTEVIDEO, 1998, *Plan de Ordenamiento Territorial de Montevideo*. Montevideo, Uruguay. [Consulta: 1 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://montevideo.gub.uy/areas-tematicas/planificacion/ordenamiento-territorial/plan-montevideo>
- [14] INTENDENCIA DE MONTEVIDEO, 2022, *MonteviMap - Sistema de Información Geográfica*. Montevideo, Uruguay. [Consulta: 1 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://sig.montevideo.gub.uy/>
- [15] JUNTA DEPARTAMENTAL DE MONTEVIDEO, 1999, *Decreto Departamental N° 28.242*. Montevideo, Uruguay. [Consulta: 14 de enero de 2023]. Disponible en: https://imnube.montevideo.gub.uy/share/s/f3rAl7JyTDqN-h_nEk-AUA
- [16] JUNTA DEPARTAMENTAL DE MONTEVIDEO, 2003, *Decreto Departamental N° 30.565*. Montevideo, Uruguay. [Consulta: 14 de enero de 2023]. Disponible en: <https://imnube.montevideo.gub.uy/share/s/0gByx8bgT32Rm18a1m37Kg>
- [17] JUNTA DEPARTAMENTAL DE MONTEVIDEO, 2013, *Decreto Departamental N° 34.870, Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible*. Montevideo, Uruguay. [Consulta: 14 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/decreto_34870.pdf, <https://normativa.montevideo.gub.uy/indice/51202>
- [18] ORACLE CORPORATION, 2020, *¿Qué es una base de datos?*. Buenos Aires, Argentina. [Consulta: 14 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.oracle.com/ar/database/what-is-database>
- [19] ORACLE CORPORATION, 2020, *¿Qué es una base de datos relacional (sistema de gestión de bases de datos relacionales)?*. Buenos Aires, Argentina. [Consulta: 14 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.oracle.com/ar/database/what-is-a-relational-database/>
- [20] ORACLE CORPORATION, 2022, *¿Qué es una base de datos geoespacial?*. Austin, Estados Unidos. [Consulta: 14 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.oracle.com/autonomous-database/what-is-geospatial-database/>
- [21] PROF. ING AGRIM. MARTHA SINIACOFF, 2020, *Material del curso “Avaluaciones 2: Módulo - Inmuebles Urbanos”*. Montevideo, Uruguay. Departamento Técnico - Legal, Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.
- [22] TYC GIS FORMACIÓN, 2021, *NDVI, ¿qué es y para qué sirve?*. Madrid, España. [Consulta: 14 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.cursosteledeteccion.com/ndvi-que-es-y-para-que-sirve/>

- [23] UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LA RIOJA, 2021, *Full stack developer: ¿cuáles son sus funciones y qué formación necesito?*. Logroño, España. [Consulta: 14 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.unir.net/ingenieria/revista/full-stack-developer/>

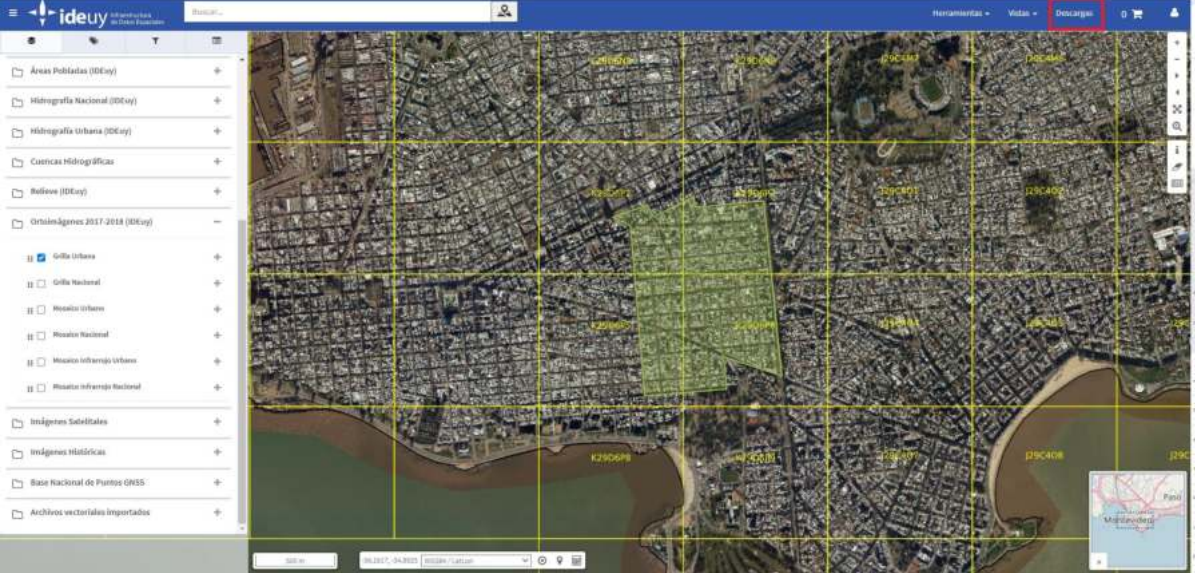
16. Anexos

A. Metodología detallada

1. Descarga de los insumos

1.1. Descarga de los Modelos Digitales de Elevación y Ortofoto producidos por la IDEUY

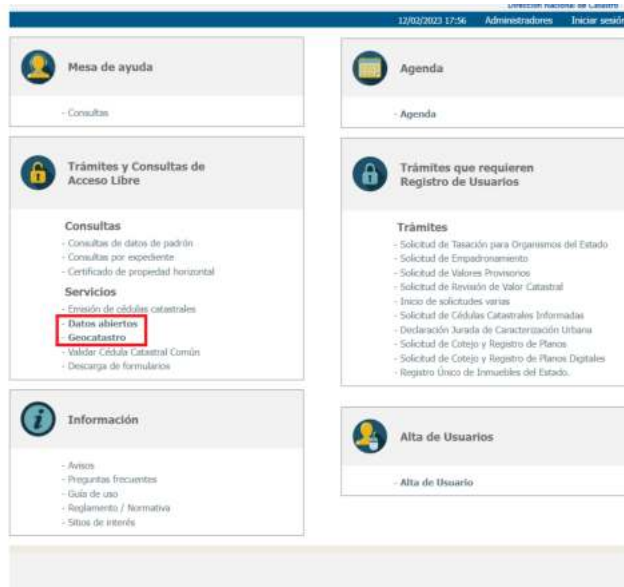
A partir del sitio web del visualizador IDEUY (Link: https://visualizador.ide.uy/ideuy/core/load_public_project/ideuy/) se descargan los modelos digitales de elevación y la ortofoto correspondientes a la zona de estudio. La misma se encuentra señalada en color amarillo y se observa qué remesas corresponden con ella. En las siguientes capturas se observa la interfaz del sitio web y el link de descarga para una de las remesas.




The screenshot shows the IDEUY website interface. On the left, there is a navigation menu with categories like 'Áreas Pobladas (IDEUY)', 'Hidrografía Nacional (IDEUY)', 'Hidrografía Urbana (IDEUY)', 'Cuencas Hidrográficas', 'Relieve (IDEUY)', 'Ortomárgenes 2017-2018 (IDEUY)', 'Cilla Urbana', 'Cilla Nacional', 'Resaca Urbana', 'Resaca Nacional', 'Resaca Información Urbana', 'Resaca Información Nacional', 'Imágenes Satelitales', 'Imágenes Históricas', 'Base Nacional de Puntos GNSS', and 'Archivos vectoriales importados'. The main area displays an aerial orthophoto of a city with a yellow grid overlay. A specific area is highlighted in yellow. Below the map, there is a search bar and a 'Descarga' button. The bottom section shows a list of digital terrain models (DTMs) with their respective details and download links.

TIPO	Modelo digital de terreno (MDT), cobertura nacional K3103, Remesa_01	Modelo digital de terreno (MDT), cobertura nacional Z3101, Remesa_06
<input type="checkbox"/> Mapa (44)	Este Modelo Digital de Terreno Hidrográficamente Constante (MDTHC) es producto de la adquisición de Imágenes Digitales de Cobertura Nacional, desde levantamientos aerofotogramétricos con la cámara UltraCam Eagle Prime con tamaño del píxel en terreno (GSD) de 32 cm, totalizando una área de mapas aerofotogramétricos aproximada de 176302 km ² , correspondiendo a 4.397 hojas de 5 x 5 km aproximadamente. El Modelo Digital de Terreno Hidrográficamente Constante (MDTHC) es considerado constante cuando representa adecuadamente el relieve permitiendo una correcta simulación de los procesos hidrológicos ocurrientes en esa área. Para el cálculo de las curvas de nivel se usó el método de interpolación.	Este Modelo Digital de Terreno Hidrográficamente Constante (MDTHC) es producto de la adquisición de Imágenes Digitales de Cobertura Nacional, desde levantamientos aerofotogramétricos con la cámara UltraCam Eagle Prime con tamaño del píxel en terreno (GSD) de 32 cm y altura de vuelo aproximada de 2100 metros totalizando una área de mapas aerofotogramétricos aproximada de 176302 km ² , correspondiendo a 4.397 hojas de 5 x 5 km aproximadamente. El Modelo Digital de Terreno Hidrográficamente Constante (MDTHC) es considerado constante cuando representa adecuadamente el relieve permitiendo una correcta simulación de los procesos hidrológicos ocurrientes en esa área. Para el cálculo de las curvas de nivel se usó el método de interpolación.
TIPOS		
<input type="checkbox"/> Conjunto de datos (44)		
CATEGORÍAS		
<input type="checkbox"/> Elevación (44)		
PALABRAS CLAVE		
<input checked="" type="checkbox"/> MDT (44)		
ORGANIZACIÓN		
<input type="checkbox"/> Presidencia de la República (44)		
<input type="checkbox"/> Topocart (44)		
CATÁLOGO DE ORIGEN		
<input type="checkbox"/> IDEUY (44)		
AÑO DE CREACIÓN		
<input type="checkbox"/> 2018 (44)		
FORMATOS		
<input type="checkbox"/> LAS (44)		
<input type="checkbox"/> TIF (44)		
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN		
<input type="checkbox"/> Desconocido (44)		
ESTADO		
<input type="checkbox"/> Disponible (44)		

- 1.2. Descarga del parcelario y de los datos catastrales
- Desde el sitio web de la Sede Electrónica de la Dirección Nacional de Catastro (Link: <http://sede.catastro.gub.uy/Sede/>) se descargan los llamados “Datos Abiertos” en conjunto con sus metadatos y el parcelario en formato shapefile bajo el nombre “TOTAL País URBANO”




Ministerio de Economía y Finanzas
 Dirección Nacional de Catastro

Inicio

SEDE ELECTRÓNICA de la DIRECCIÓN NACIONAL DE CATASTRO

Ingreso al geoCatastro

Un Geoportál es un tipo de portal WEB utilizado para buscar y acceder a información geográfica (información geo-espacial); permite asociar distintos tipos de servicios (representación, edición, análisis, etc.) a través de internet. Los geoportales son muy importantes para el uso efectivo de los sistemas de información geográfica (GIS) y un elemento clave dentro de las infraestructuras de datos espaciales.

Proyecto de Confección del Nuevo Parcelario Rural del Uruguay

La **Dirección Nacional de Catastro** utiliza el presente GeoCatastro para publicar descripciones (metadatos geo-espaciales) de su información geográfica. Los consumidores de esta información podrán utilizar esta herramienta para buscar y acceder a la información geográfica y alfanumérica disponible.

Otro objetivo de este GeoCatastro es compartir los datos geográficos de la **Dirección Nacional de Catastro** evitando de esta forma la duplicación de esfuerzos, la reducción de inconsistencias, demoras, confusiones que conllevan a la pérdida de tiempo en la utilización de recursos humanos y pérdidas de recursos materiales.

El GeoCatastro de la **Dirección Nacional de Catastro** contiene dos elementos de publicación:

- **Visualizador de Datos Catastrales**
- **Metadatos del Servicio de Mapa Base de la Dirección Nacional de Catastro**

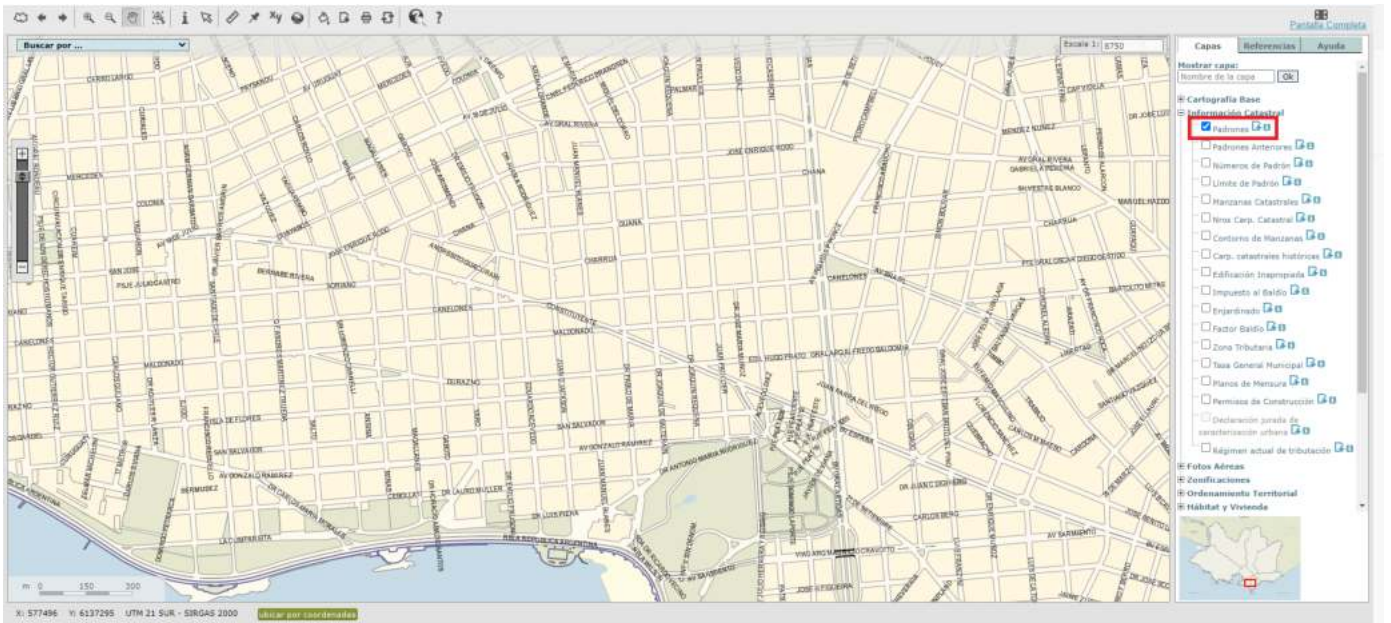
La **Dirección Nacional de Catastro** autoriza a la utilización, reproducción, transformación o distribución de los conjuntos de datos abiertos publicados en esta página siempre que se cumpla con la obligación de reconocer, citar y/o enlazar a la **Dirección Nacional de Catastro** como la fuente de dichos conjuntos de datos. Deben conservarse, y por tanto no alterarse ni suprimirse, los metadatos correspondientes a los conjuntos de datos publicados, la fecha de actualización y las condiciones de utilización o reutilización de los mismos. La **Dirección Nacional de Catastro** deslinda asimismo toda responsabilidad sobre la utilización, reproducción, transformación o distribución que de la información publicada hagan los terceros limitando su responsabilidad exclusivamente a los conjuntos de datos publicados en su versión original.

Proyecto de Confección del Nuevo Parcelario Rural del Uruguay

- **Descarga de archivos SHP (shape) del parcelario urbano y rural**
- **Descarga de archivos DNF del parcelario urbano y rural**

1.3. Descarga de la normativa para los predios de la zona de estudio

Se descarga a través del sitio web del MonteviMap (Link: <https://intgis.montevideo.gub.uy/pmapper/map.phtml?&config=default>) la capa vectorial “Padrones” la cual contiene toda la normativa (sin verificar) de los predios a estudiar.



2. Puesta a punto de los datos

2.1. Ajuste del parcelario

En el software ArcMap se ajusta el archivo vectorial de parcelario tal que los polígonos correspondientes a los predios se encuentren correctamente ubicados. La herramienta a utilizar es “Spatial Adjustment”





Aquí se puede observar el parcelario previo al ajuste y simplemente se verifica que los límites de los polígonos no se corresponden con los límites reales de las parcelas.

Por el contrario, en la siguiente imagen se observan los vectores que indican a qué píxel de la ortofoto realmente corresponde cada vértice de los polígonos



2.2. Ajuste de los datos catastrales

En el software pgAdmin se corrigen las inconsistencias de los datos catastrales redondeando a un múltiplo de 0.5 a los estados de conservación y categoría constructiva (en los casos que el valor se encuentre entre 0 y 5, de lo contrario no se puede interpretar unívocamente el dato) y se sustituyen valores de destino mayores a 72, sustituyendolos por un valor de 19, es decir, un destino de “Jardín”. Además, se chequea que no existan caracteres no compatibles con la codificación UTF-8

```
-- Asignamos al destino Jardin (19) a los datos cuyo destino era mayor a 72, es decir que --no figuran en la tabla de codigos destinos de catastro--  
update lineas_constru  
set destino = 19  
where destino > 72;  
  
--Redondeo de la CATEGORÍA al múltiplo más cercano de 0.5--  
UPDATE lineas_constru  
SET categoria=round(categoria/0.5)*0.5  
where MOD(categoria::numeric,0.5::numeric)<>0
```

```
--Redondeo del ESTADO al múltiplo más cercano de 0.5--
UPDATE lineas_constru
SET estado=round(estado/0.5)*0.5
where MOD(estado::numeric,0.5::numeric)<>0
```

2.3. Ajuste de la normativa departamental

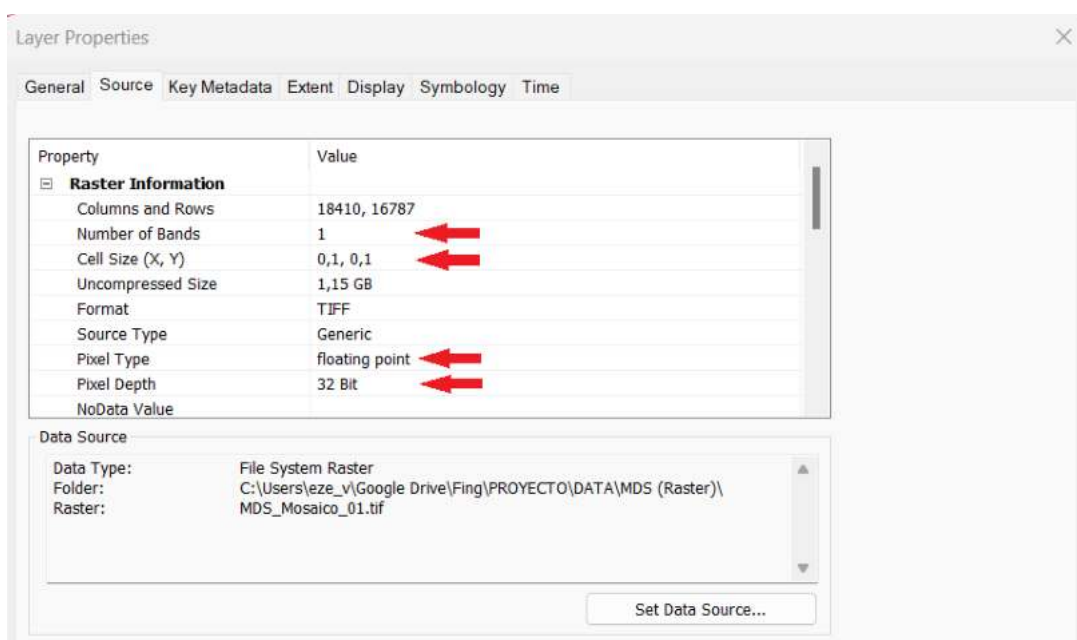
Se verifica a través del análisis de la normativa vigente cuáles son los parámetros urbanísticos correctos para los predios de la zona de estudio. Los parámetros a verificar son:

- Categoría
- Subcategoría
- Área Diferenciada
- Régimen de Gestión del Suelo
- Retiro Frontal
- Altura Máxima
- Gálibo
- FOS
- Uso Preferente

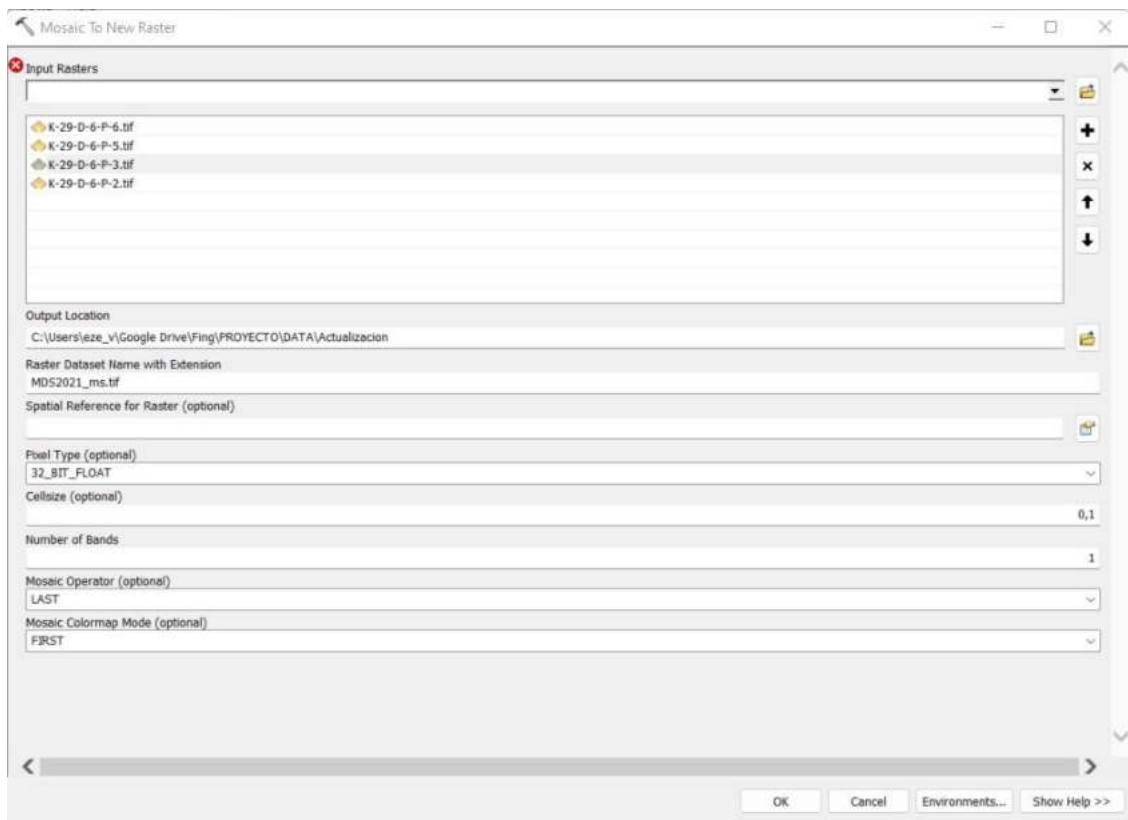
3. Análisis geoespacial en software GIS

3.1. Generación de mosaicos para la ortofoto y los MDE

Se compilan los 4 archivos en uno solo a partir de la herramienta “Mosaic to New Raster”. Verificar tamaño, profundidad y tipo de píxel para luego ingresar los valores en los parámetros de la herramienta.

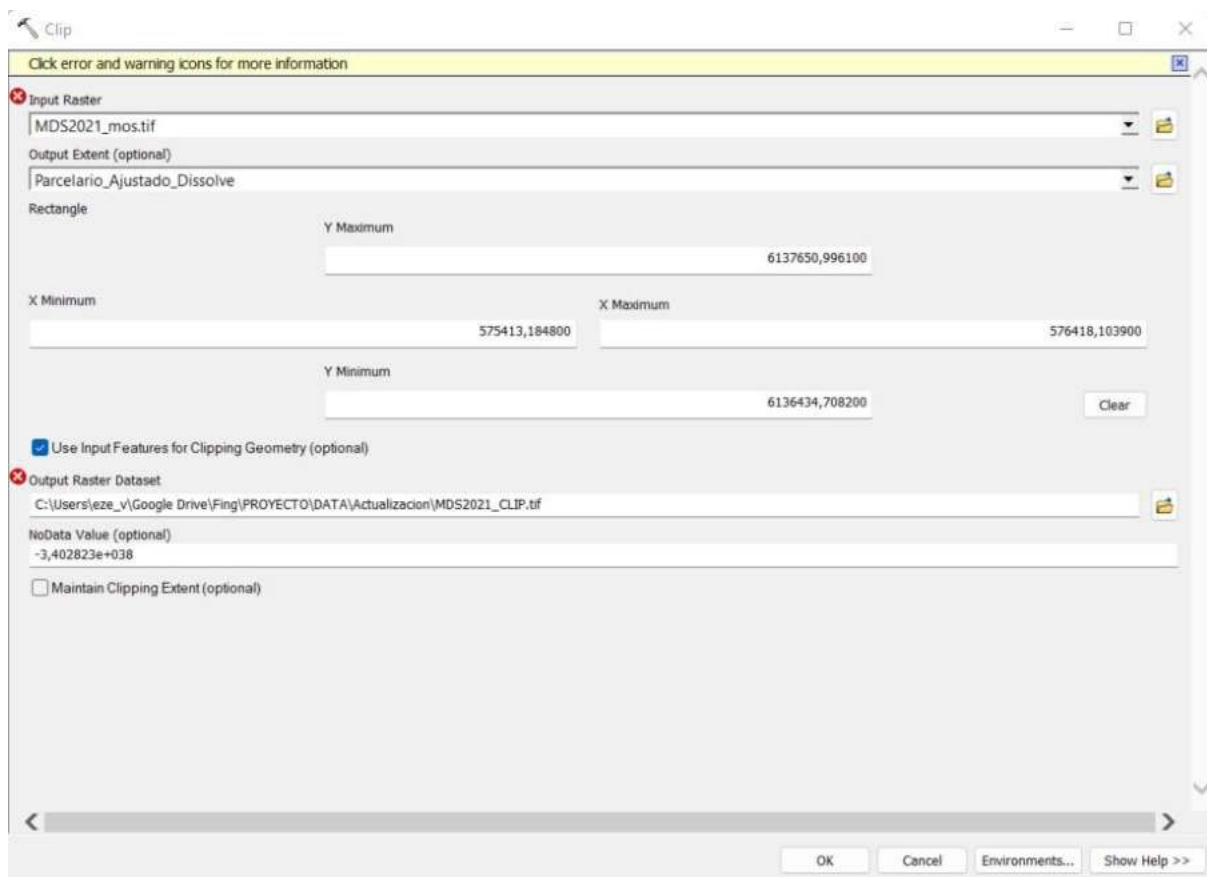


- 3.1.1. Ejecutar la herramienta “Mosaic to New Raster” teniendo en consideración los parámetros vistos en el punto 3.1.1.



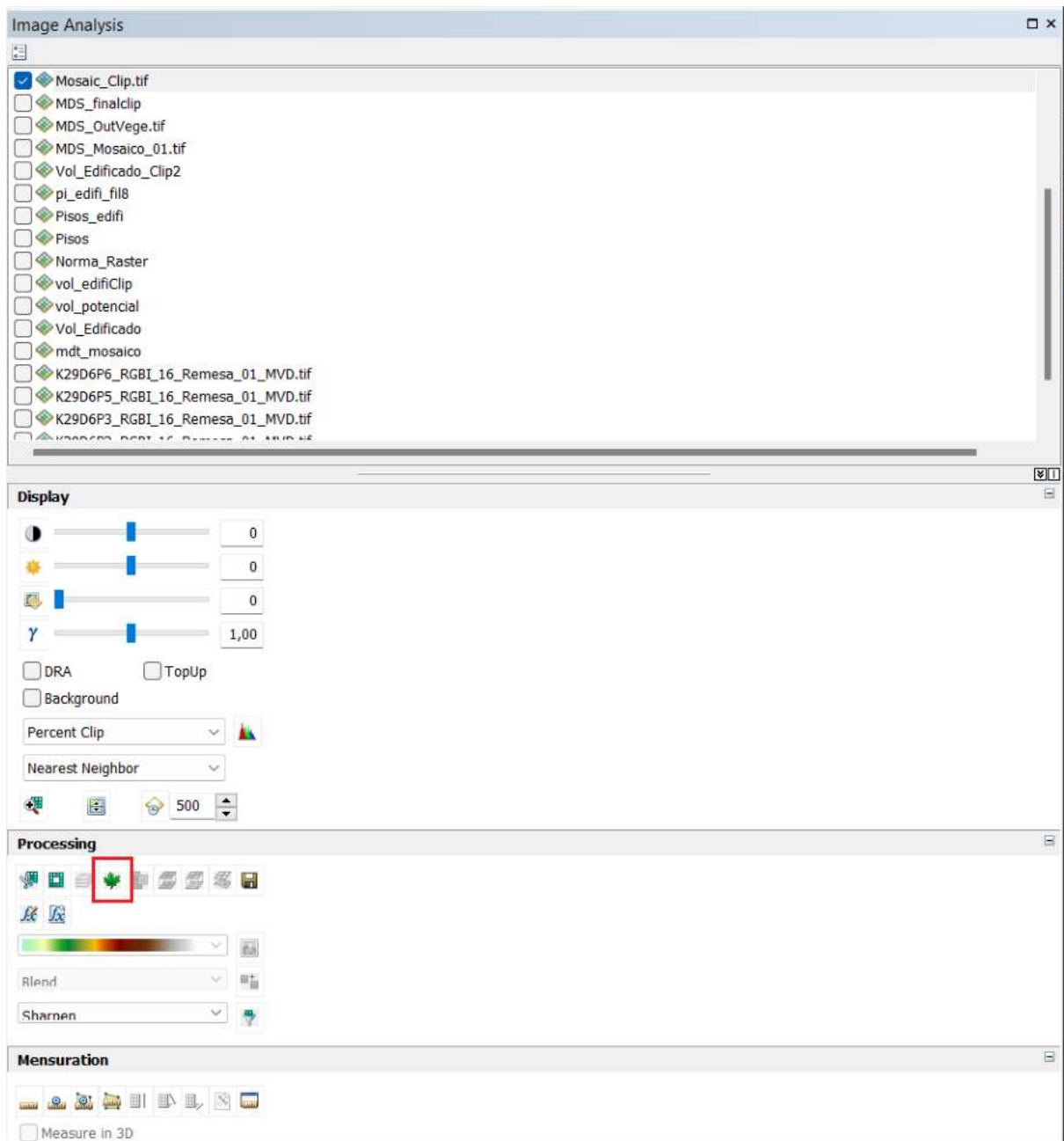
- 3.2. Recortar los mosaicos a la zona de estudio

A partir de la herramienta “Clip” se recortan los MDE y la ortofoto de manera que solo contengan el perímetro de la zona de estudio.



3.3. Eliminar la vegetación del mosaico de la ortofoto

- 3.3.1. Dentro de la ventana “Windows”, elegir la opción “Image Analysis”. Luego de abrirse el cuadro de Análisis de Imágenes, clicar el ícono de NDVI, el cual genera un archivo ráster nuevo.

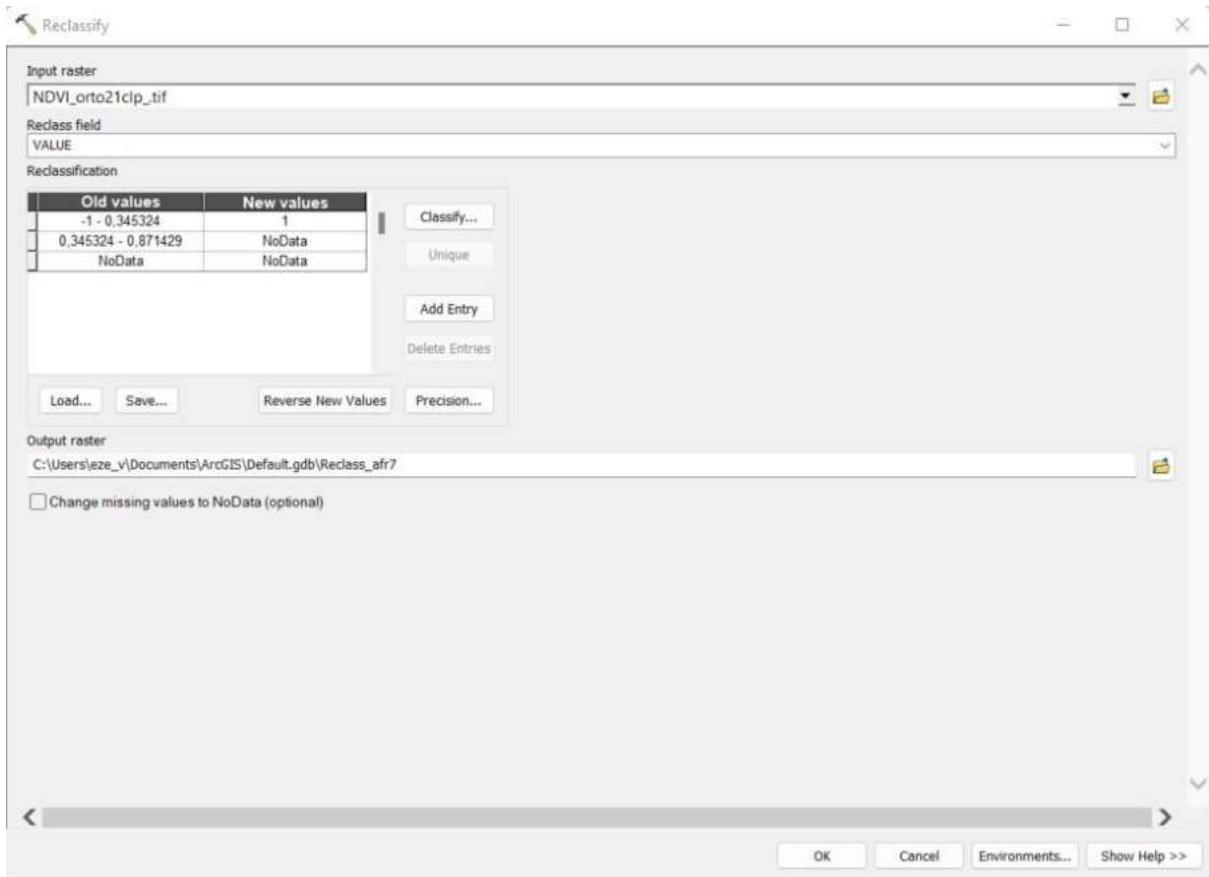


A continuación, se observa un detalle del rasters obtenido a partir del cálculo del NDVI.



3.3.2. Reclassificar el ráster de NDVI

A través de la herramienta “Reclassify” se modifican los valores del ráster NDVI tal que, para todo píxel con valor de NDVI inferior al valor umbral, se le asigna un valor de 1, por el contrario, a los valores superiores se les asigna un valor de “NoData”. El valor umbral definido a partir de un análisis visual fue de 0.35.

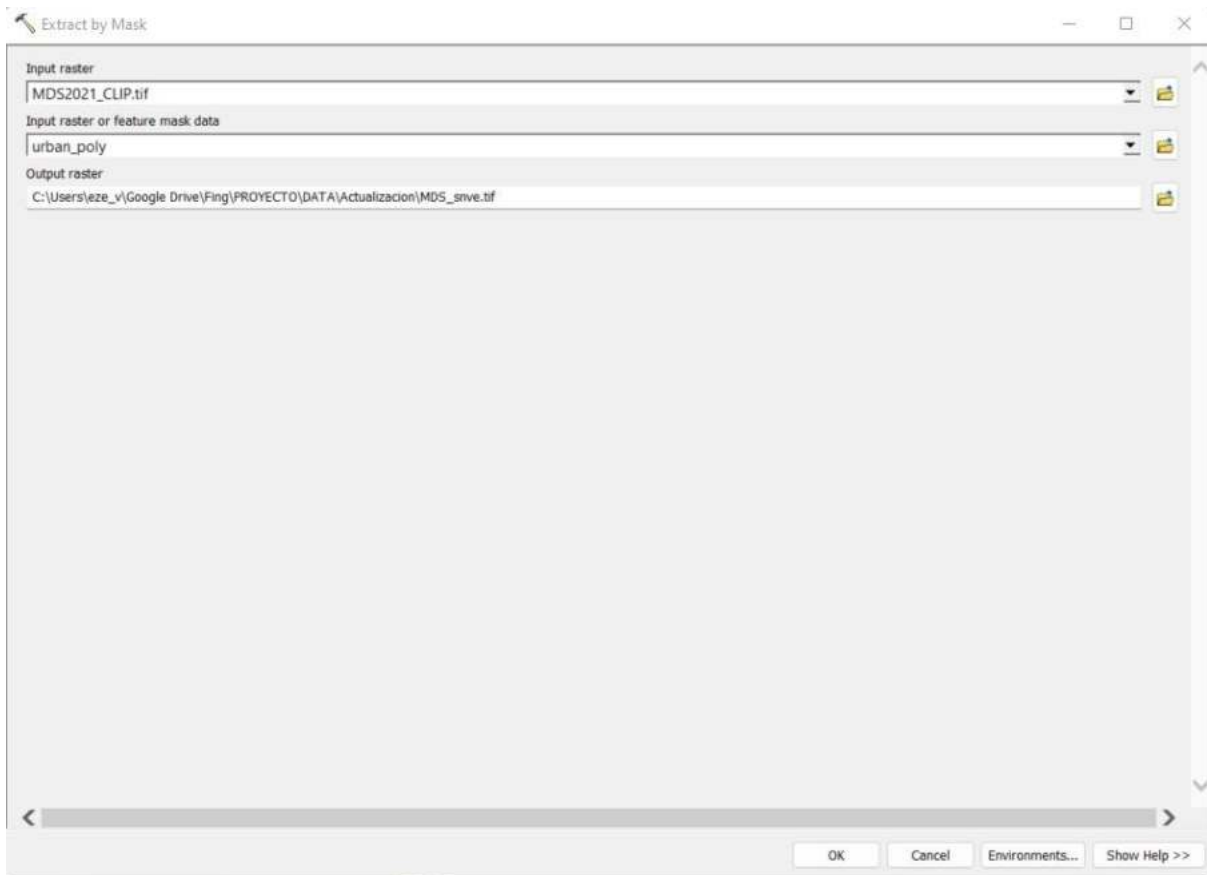


Se observa en la siguiente imagen el resultado de esta operación.

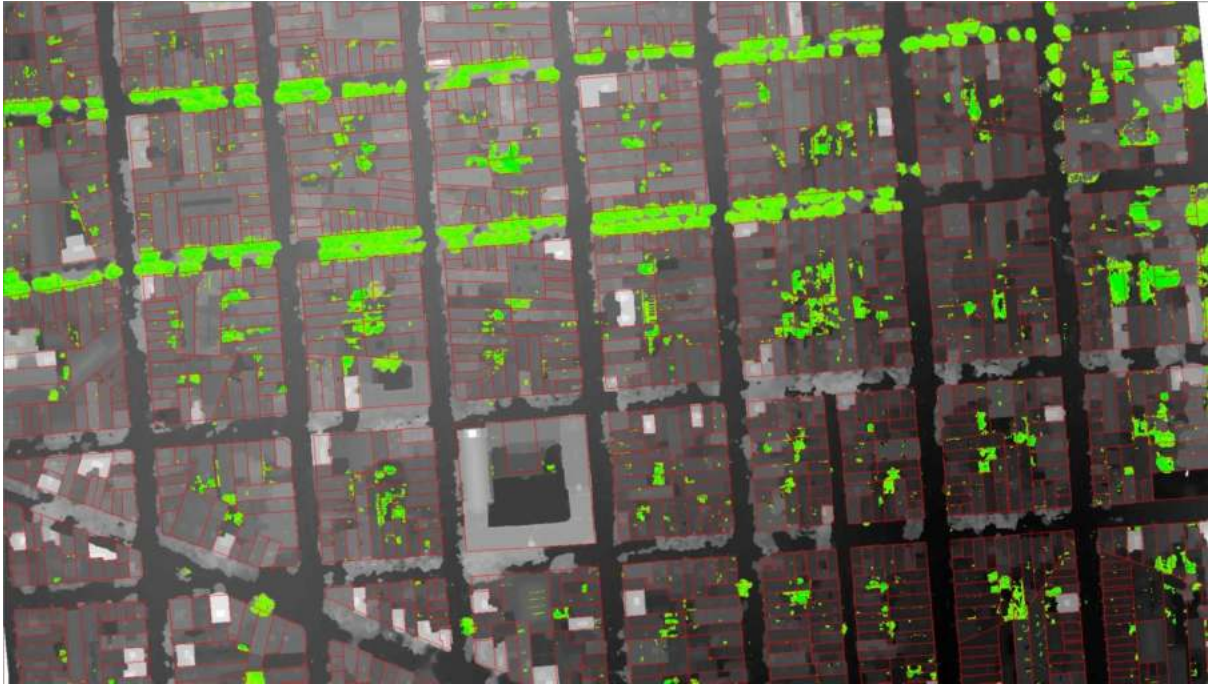


3.3.3. Recortar el MDS a partir del ráster NDVI reclasificado

Se utiliza la herramienta “Extract By Mask” de manera de eliminar los píxeles del MDS que no coincidan con el ráster NDVI reclasificado. Esto es, todo píxel que se considera como vegetación se eliminará del MDS generando un archivo nuevo con huecos.

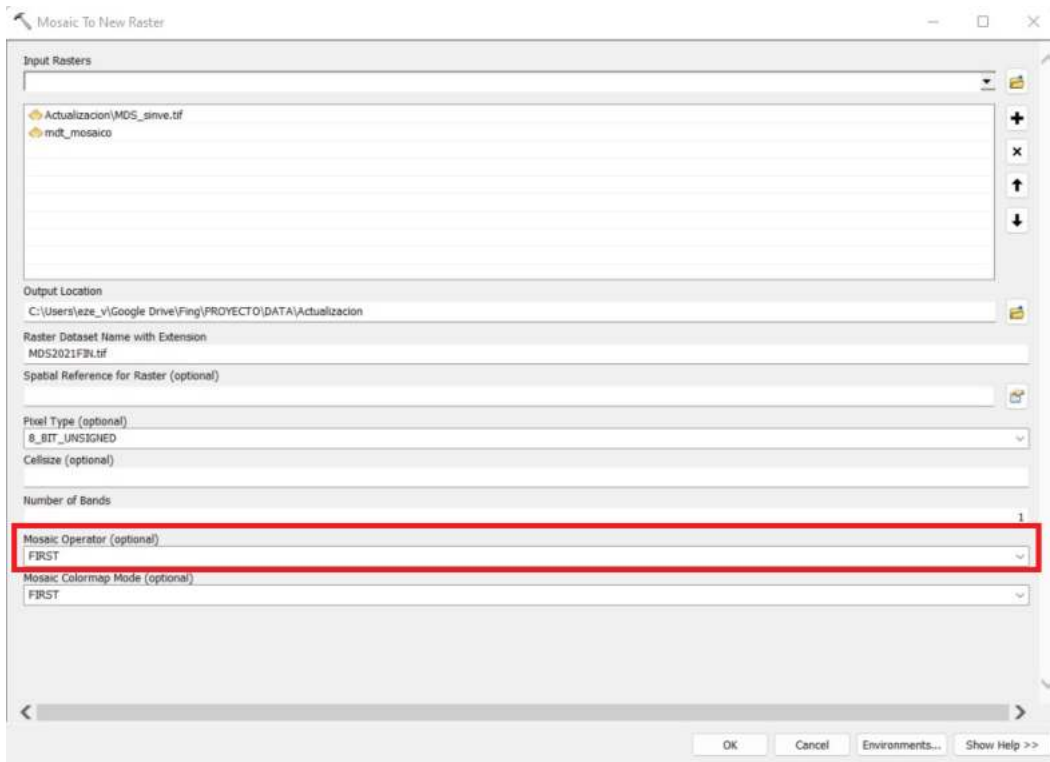


Se observa en la siguiente imagen el resultado de esta operación solapado con el ráster NDVI. Es simple ver que los huecos del MDS corresponden con valores altos de NDVI (en color verde) por lo cual, se concluye que la operación fue exitosa.



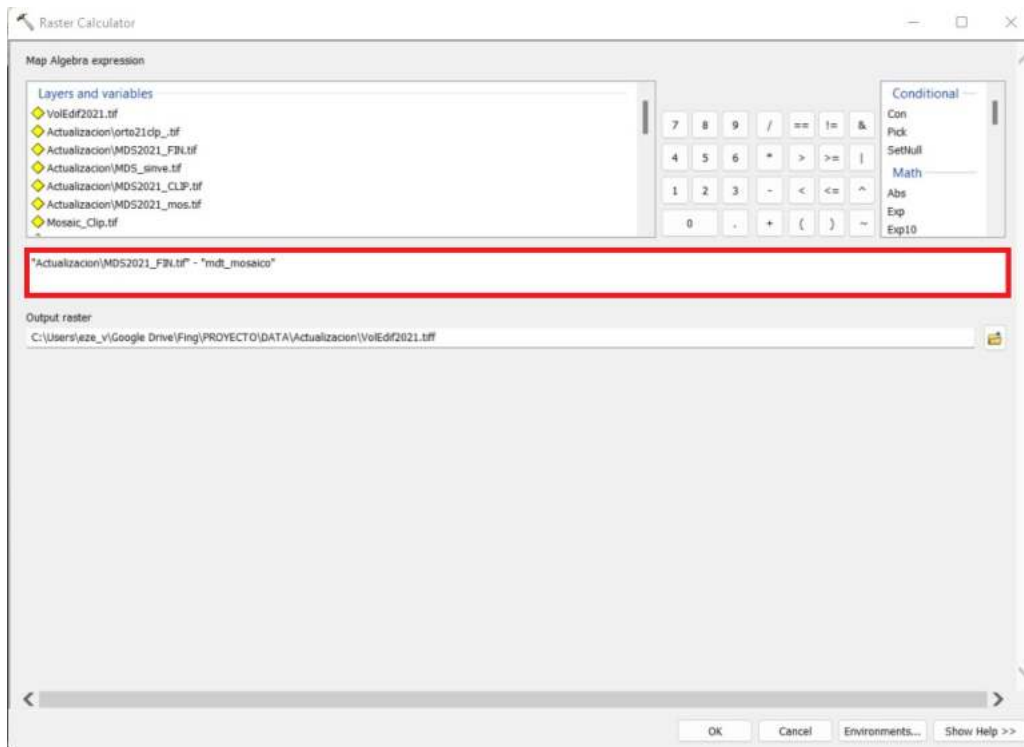
3.3.4. Rellenar los huecos del MDS

A partir de la herramienta “Mosaic to New Raster” se rellenan los huecos del MDS con el valor del MDT en dichos píxeles. Aquí, una consideración importante resulta en que el operador debe ser “FIRST”; es decir, la operación que realiza la herramienta corresponde con asignar el valor de píxel del primer archivo ráster que encuentra. En este caso, el primer archivo corresponde al MDS mientras que el segundo corresponde al MDT.

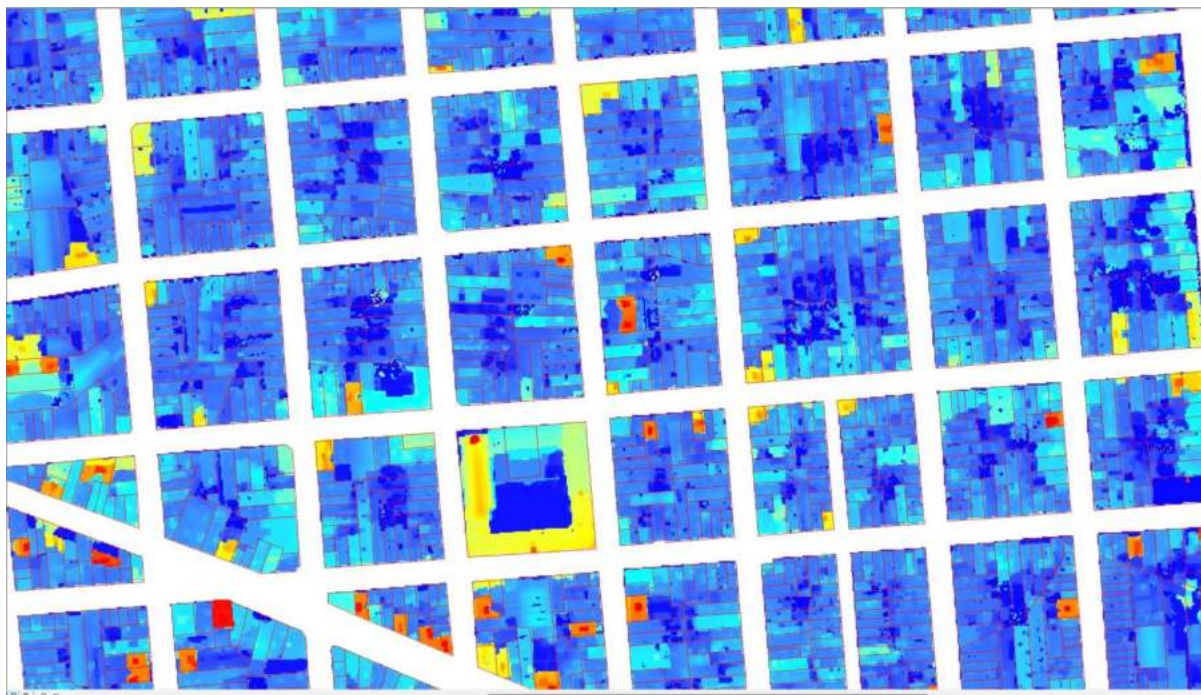


3.4. Generación del MDS con elementos antrópicos

Se utiliza la herramienta “Raster Calculator” para calcular la diferencia entre el MDS (sin vegetación) y el MDT. El resultado representa únicamente los elementos de origen antrópico como lo son, por ejemplo, las edificaciones.



El resultado de la operación se observa en la siguiente imagen:



3.5. Conversión de información geográfica a información alfanumérica

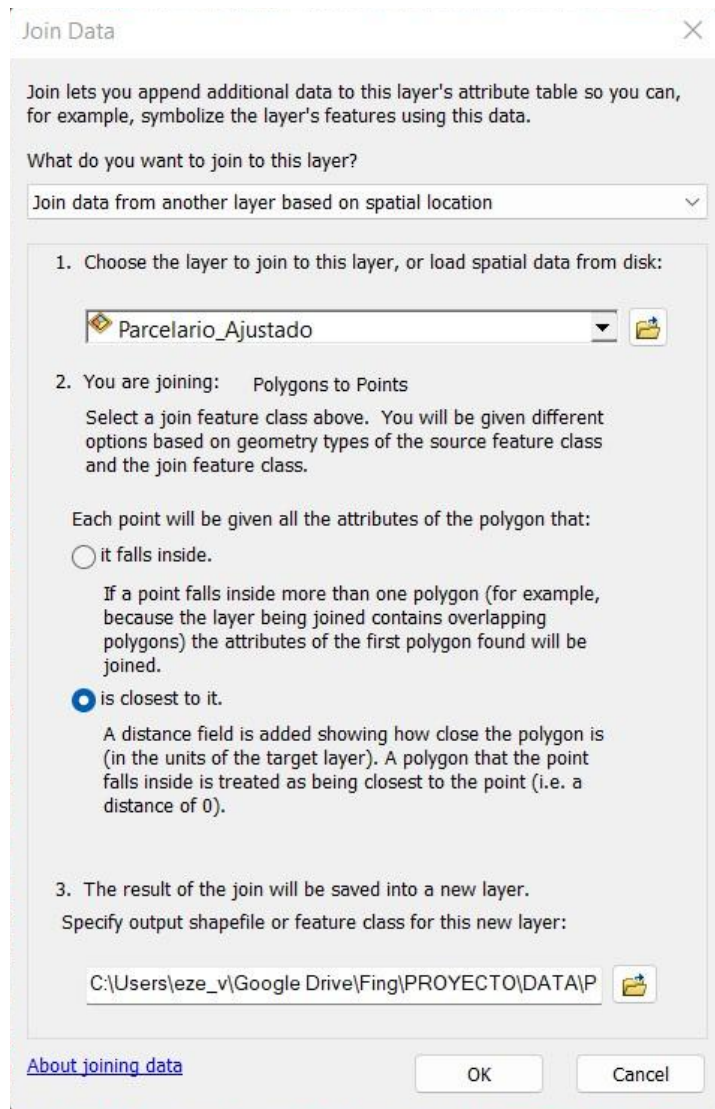
3.5.1. Conversión del ráster MDS antrópico a un archivo vectorial de tipo punto

Se utiliza la herramienta “Raster to Point” y para cada píxel se genera una entidad de punto con valor igual al píxel y un número identificador.

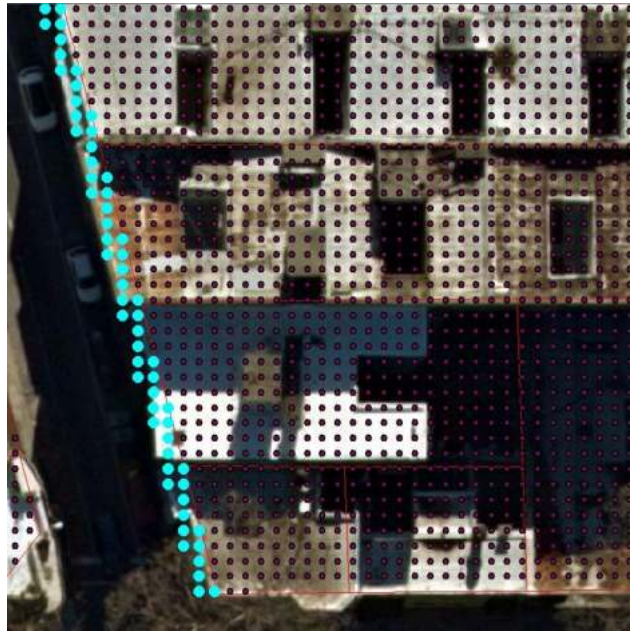


3.5.2. Realizar una unión espacial con el parcelario ajustado

A través de la herramienta “Spatial Join” se le adjudica a cada punto el campo correspondiente al número de padrón de cada parcela siguiendo la condición de asociar según el polígono que se encuentre más cercano a cada punto. La unión realizada es de carácter temporal por lo cual el resultado debe ser guardado en un nuevo archivo.



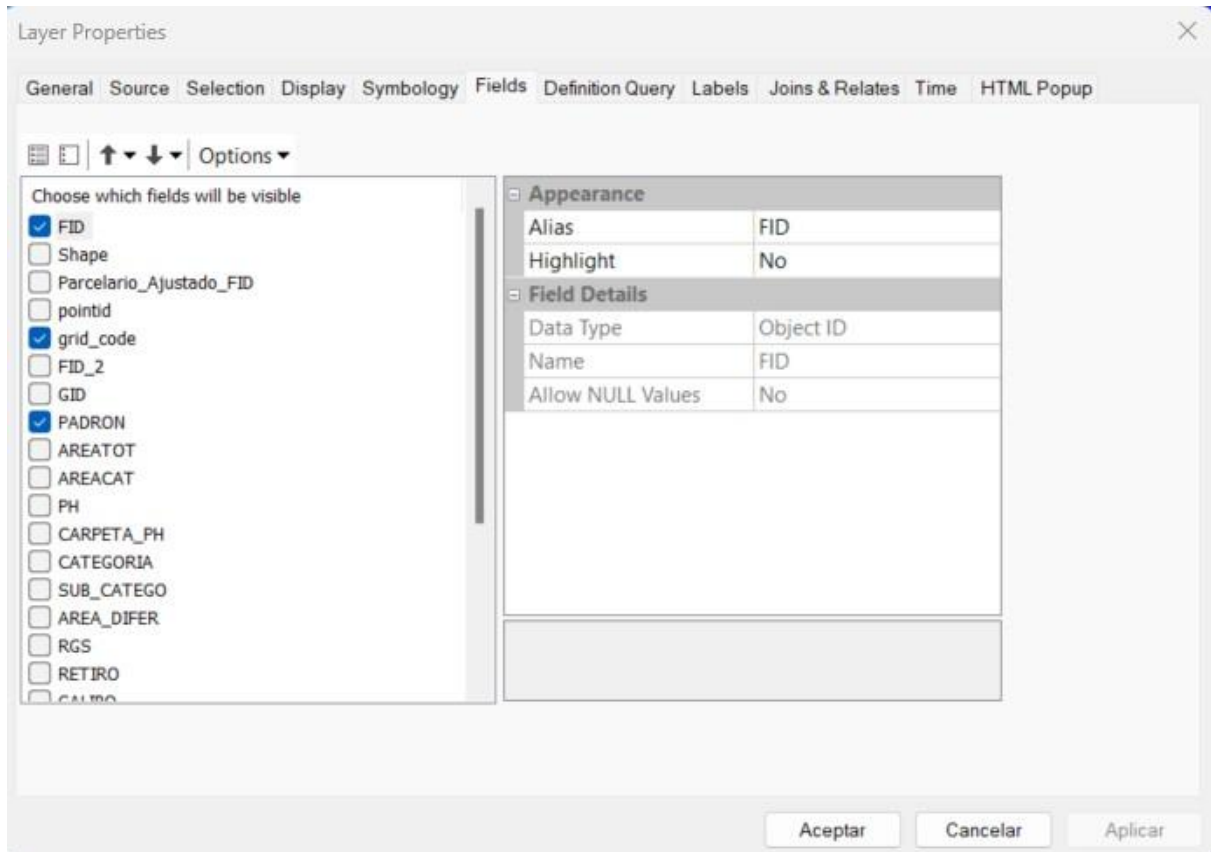
Una observación pertinente resulta en que la opción del polígono más cercano (“is closest to it”) es la indicaba a diferencia de la opción del polígono que lo contenga completamente puede generar errores tal que un punto no entre completamente en ningún polígono. Se adjunta una imagen ejemplificando dicho problema.



Se observan en color cyan los puntos que no se encuentran contenidos totalmente por alguna parcela. De elegir la opción correspondiente a que los puntos deben estar totalmente contenidos en un polígono, a dichos puntos se le asigna un número de padrón igual a 0, indicando que no hay coincidencia.

3.5.3. Exportar la información en formato CSV

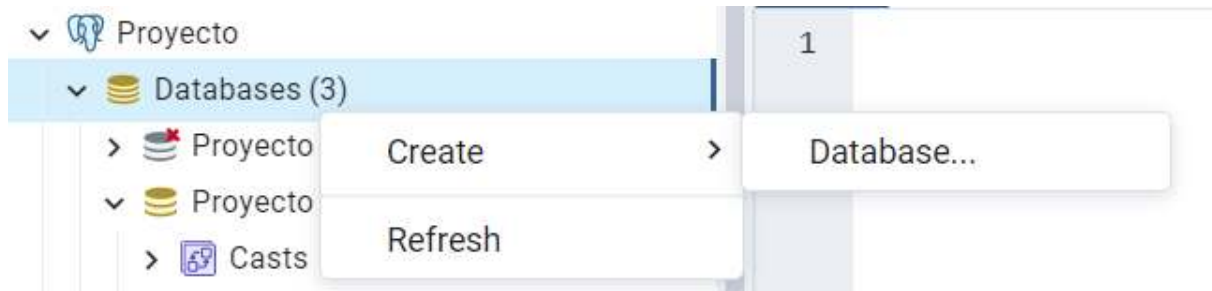
Se exporta la tabla de atributos en formato CSV seleccionando únicamente los campos necesarios y luego este archivo será el primer insumo en el manejo de base de datos.



4. Análisis en Base de Datos

4.1. Creación de la base de datos e importación de información

En primer lugar, en el entorno del software pgAdmin, se crea la base de datos clickeando en “Databases” y en “Create” como se puede observar en la siguiente imagen:



Además, se crean las tablas de interés, indicando el nombre y tipo de dato de cada una de las columnas de las mismas.

Create - Table

General Columns Advanced Constraints Partitions Parameters Security SQL

Name: pixel_padron

Owner: postgres

Schema: public

Tablespace: Select an item...

Partitioned table?

Comment:

Close **Reset** **Save**

Create - Table

General **Columns** Advanced Constraints Partitions Parameters Security SQL

Inherited from table(s): Select to inherit from...

Columns +

	Name	Data type	Length/Precision	Scale	Not NULL?	Primary key?	Default
	id	integer			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	cota_pixel	double precision			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	padron	integer			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Close **Reset** **Save**

4.2. Cálculo de los “Atributos Calculados”

Se formulan consultas SQL de manera de obtener los parámetros deseados que aportarán la información suficiente para la determinación de las oportunidades de sustitución.

4.2.1. Área del Predio

En primer lugar, se calcula el área de cada predio (“areaxpad”), calculada como la cantidad de píxeles con mismo valor de número de padrón.

```
CREATE VIEW areaxpad as
SELECT padron, COUNT(cota_pixel) as areaxpad
FROM pixel_padron
GROUP BY padron
```

4.2.1.1. Control del Área Catastral

Se debe verificar que no hayan predios con área nula según catastro (dato que está presente en la tabla “Padrones_Urbanos”). En caso de presentarse dicha situación, se actualiza el valor de área con el valor de areaxpad calculado anteriormente.

```
--Actualizacion de area_cat para aquellos predios que figuran con
area 0 en padrones_urbanos-
update padrones_urbanos
set area_cat = (select areaxpad from areaxpad)
where padrones_urbanos.area_cat = 0 and padron in
(select padron
from normativa)
```

4.2.2. Área Edificada

Luego, se calcula el área edificada, definida como la cantidad de píxeles con valor mayor o igual a 2 metros con un mismo valor de número de padrón. Se agrega la función ROUND de manera de redondear al valor de metro más cercano.

```
create view area_edificada as
SELECT padron, ROUND(COUNT(cota_pixel)) as areaedifcada
FROM pixel_padron
WHERE cota_pixel >= 2
GROUP BY padron
```

4.2.3. Volumen Edificado

Se calcula el volumen edificado de cada predio como la suma de los valores de los píxeles asociados a cada número de padrón. La fórmula corresponde con la suma debido a que el área de cada píxel es de 1 m².

```
--Volumen edificado por padron, considerando pixeles mayores o iguales a 2m--
create view vol_edificado as
select padron, sum(round(cota_pixel::numeric,1)) as vol_edificado
from pixel_padron
where cota_pixel >=2
group by padron
order by padron
```

4.2.4. Volumen Potencial y Volumen Ocupado

Se calcula el volumen potencial, es decir, el máximo volumen que podría ocupar una construcción hipotética según la normativa vigente. La fórmula corresponde con el área del predio (dato proveniente de la DNC) multiplicada por el FOS y la altura máxima edificable (datos provenientes de la IM). Además, se calcula el cociente entre el volumen edificado y el volumen potencial, dato que se llama “Volumen Ocupado” y está expresado en porcentaje.

```
create view volumenes
as
--Calculo del volumen potencial, volumen ocupado--
SELECT padron, vol_edificado, vol_potencial,
ROUND(vol_edificado/vol_potencial*100) as vol_ocupado
FROM (SELECT ve.padron, ve.vol_edificado, ROUND
((pmvd.area_cat*norm.altura_max*(norm."FOS"/100))::numeric, 1) as
vol_potencial
FROM public.volumen_edificado ve INNER JOIN padrones_mon
pmvd ON ve.padron = pmvd.padron right join normativa norm on
ve.padron = norm.padron
GROUP BY ve.padron, ve.vol_edificado, "vol_potencial") AS
T2
GROUP BY padron, vol_edificado, "vol_potencial", "vol_ocupado"
ORDER BY vol_ocupado asc
```

4.2.5. Compilación de los “Atributos Calculados”

Se crea una vista de Atributos Calculados conteniendo el número de padrón, el área del predio (calculada en pgAdmin, “areaxpad”), área edificada, volumen edificado, volumen potencial y volumen ocupado.

Se adjunta a modo de ejemplo algunas tuplas de la vista “Atributos Calculados”.

```
Create view atributos_calc
as
select ae.padrón, pmvd.area_cat, ae.area_edif, v.vol_edificado,
vols.vol_potencial, vols.vol_ocupado
from area_edificada ae natural join padrones_mon pmvd natural join
volumenes vols natural join volumen_edificado v
```

	padron integer	area_cat integer	area_edif double precision	vol_edificado numeric	vol_potencial numeric	vol_ocupado numeric
1	946	115	109	3108.8	1035.0	300
2	1455	269	259	1741.6	2421.0	72
3	3246	169	169	1103.5	1521.0	73
4	4975	269	275	1558.3	2421.0	64
5	5178	504	492	4969.5	13608.0	37
6	5179	89	87	843.5	3204.0	26
7	6294	100	95	632.9	900.0	70
8	6687	100	84	506.7	900.0	56
9	6991	172	171	1277.4	1548.0	83
10	9759	148	127	645.7	1332.0	48
11	10286	324	329	3794.4	2916.0	130
12	10287	349	351	4150.9	3141.0	132

4.3. Cálculo de las valorizaciones

4.3.1. Valor Actual

4.3.1.1. Determinación de los valores unitarios según categoría y destino

Se crea la tabla de valores unitarios siguiendo lo explicitado en la correspondiente información del curso “Avaluaciones 2”. Dicha información explicita un valor unitario en dólares estadounidenses para el metro cuadrado de construcción, discriminado según la categoría y destino de la misma.

La tabla original se puede observar en la sección 16.C “Anexos - Tabla de Valores unitarios según categoría y destino”

Asociados a estos valores, se crea un nuevo campo en la tabla de “Líneas de Construcción” que siga la fórmula de $1000 * \text{Categoría} + \text{Destino}$. Esto resulta en un valor único para cada combinación de categoría y destino.

```
--Seteo de CODIGO CAT_DESTINO_VALOR excluyendo categorias mayores a 5 y estados mayores a 5--  
alter table lineas_construccion  
add column cod_valor integer  
  
update lineas_construccion  
set cod_valor = 1000*categoria + destino  
where categoria <= 5 and estado <= 5
```


4.3.1.2. Depreciación por Estado de Conservación

Se crea la tabla de depreciación por estado de conservación acorde a lo visto en el material del curso “Avaluaciones 2”. Se modifica el valor correspondiente a estado de conservación “Ruinoso” de 0 a 0.10 de manera de tasar inmuebles como de valor nulo.

	codigo [PK] double precision	descr text	coef_estado double precision
1	1	Excelente	1
2	1.5	Excelente...	0.95
3	2	Bueno	0.9
4	2.5	Bueno/Re...	0.85
5	3	Regular	0.8
6	3.5	Regular/...	0.7
7	4	Malo	0.5
8	4.5	Malo/Mu...	0.3
9	5	Muy Malo	0.1

4.3.1.3. Cálculo del Valor Actual

Se calcula el valor monetario para cada predio en la actualidad. Este cálculo involucra el área de cada unidad (dato proveniente de la DNC, “Líneas de Construcción”), el valor unitario según categoría y destino (dato proveniente del material del curso “Avaluaciones 2” y ajustado a la fecha) y depreciado según el estado del inmueble (dato también proveniente del material del curso “Avaluaciones 2”).

```
--Calculo del valor actual
CREATE VIEW valor_actual AS
SELECT lc.padron, round(SUM(v.valor*lc.area_const*est.coef_estado))
as monto_actual
from lineas_constru lc INNER JOIN valores_cat_destino v ON
lc.cod_valor=v.codigo INNER JOIN coef_estado est ON
lc.estado=est.codigo
WHERE lc.dpto='V' AND lc.localidad='AA'
GROUP BY lc.padron
```

4.3.2. Valor Futuro

Se calcula el valor futuro del inmueble como el área del predio (dato proveniente de la DNC) por el FOS (dato proveniente de la IM), por máxima cantidad de pisos edificables y por un valor promedio de construcción de categoría mediana y destino vivienda. Este valor, para el año 2022 resulta en USD 2300. El valor de cantidad de pisos resulta del redondeo del cociente entre la altura máxima (dato proveniente de la IM) y un valor de altura de un piso estándar equivalente a 2.60 m.

```
--Calculo del valor futuro
CREATE VIEW valor_futuro
AS
SELECT ac.padron, round (ac.area_cat * (norm.altura_max/2.60) *
(norm."FOS"/100) * 2300) as monto_futuro
FROM atributos_calc ac inner join normativa norm on ac.padron =
norm.padron
ORDER BY monto_futuro desc
```

4.3.3. Depreciación por Régimen de Propiedad y Régimen de Gestión del Suelo

Previo al cálculo de las valorizaciones, donde se verá cuántas veces se valorizan las construcciones en caso de ser sustituidas por una que utilice la normativa a su favor, se procede a calcular las depreciaciones en una vista.

Se eligen dos depreciaciones independientes, correspondientes al régimen de gestión del suelo (RGS) y al régimen de propiedad (RP).

En el caso del RGS se penaliza en caso de ser un predio que se encuentre bajo régimen patrimonial urbano con un factor de 0.75.

Por otro parte, en caso de ser un predio bajo régimen de propiedad horizontal, se lo penaliza en función de cuántas unidades presente acorde a una recta de pendiente negativa.

La ecuación de la recta es la siguiente:

$$(-19/360)*\text{Cant. Unidades} + (19/18)$$

y cumple que para 2 unidades, la penalización es de 0.95 y para 20 unidades es igual a 0. En caso de presentar más de 20 unidades, la penalización también es 0 (la depreciación en

realidad responde a la fórmula de “GREATEST” (o máximo valor) entre la recta y 0).

```
--Consulta que da las depreciaciones por numero de unidades y rgs-  
select S1.padron, S1.n_unidades, norm.rgs,  
greatest(round((-19/360:: double precision*n_unidades + 19/18  
::double precision)::numeric, 2), 0) as coef_rp,  
(case when rgs='RGE' THEN 1::numeric ELSE 0.75::numeric END) as  
coef_rgs  
from normativa norm inner join  
(SELECT padron, count(padron) as n_unidades  
FROM padrones_urbanos  
Where departamento='V' AND localidad='AA'  
group by padron) AS S1 on norm.padron = S1.padron
```

4.3.4. Valorización Bruta y Valorización Neta

Se calcula la valorización bruta como el cociente entre el valor futuro y el valor actual.

Por otra parte, se calcula la valorización neta como la valorización bruta multiplicada por las depreciaciones por RGS y RP.

```
--Calulo de valorizacion bruta (futuro/actual) y neta  
(considerando coeficientes de RGS y RP)  
create view valores_finales as  
SELECT d.padron,  
round(va.monto_actual) as monto_actual, vf.monto_futuro,  
round(vf.monto_futuro/(va.monto_actual+1)) as valorizacion_bruta,  
round(vf.monto_futuro*d.coef_rgs*d.coef_rp/(va.monto_actual+1)) as  
valorizacion_neta, d.coef_rgs, d.coef_rp, d.n_unidades  
FROM valor_actual va right JOIN valor_futuro vf ON  
va.padron=vf.padron  
right JOIN depreciacion d ON va.padron=d.padron  
ORDER BY monto_actual asc
```

4.4. Cálculo de Ganancia y Presupuesto

Se calcula la “Ganancia” como el valor futuro descontando los gastos del valor actual del inmueble, el valor del terreno, el costo de la construcción. Estos descuentos conforman el “Presupuesto” de la operación.

El valor del terreno se define en un 10% del valor futuro del inmueble (acorde a la Método Residual Dinámico o Factor Alfa) mientras que el costo de la construcción surge del producto del área edificable (área del predio multiplicado por máximo número de pisos) por un monto extraído de un estudio elaborado por el Banco Hipotecario del Uruguay (BHU) donde se establece que el cociente costo-beneficio en la construcción de un metro cuadrado de inmueble categoría mediana con destino vivienda equivale a 50%.

```
--Calculo de Ganancia--
CREATE VIEW ganancia
AS
select S1.padron,
       monto_futuro - valor_constru - round(0.1*monto_futuro) -
monto_actual as ganancia,
       valor_constru + round(0.1*monto_futuro) + monto_actual as
presupuesto,
       monto_actual, monto_futuro, valor_constru,
round(0.1*monto_futuro) as terreno
from valores_finales natural join
(SELECT ac.padron, ac.area_cat * round((norm.altura_max/2.60)*
(norm."FOS"/100))* 1150 as valor_constru
FROM atributos_calc ac inner join normativa norm on ac.padron =
norm.padron) as S1
ORDER BY ganancia asc
```

4.5. Determinación de Oportunidades

4.5.1. Cálculo del Estado de Conservación Ponderado

En la determinación de oportunidades se juzgará el estado de conservación de los inmuebles como uno de los factores principales. Ahora, este estado está declarado para cada unidad por lo cual se pondera según el área que representa cada unidad con respecto al total.

```
create view estado_cat_pond as
--Consulta para obtener estado ponderado y categoria ponderada
segun area construida--
select S1.padron,
round((S1.estado/(S1.area_construida+1))::numeric, 1) as
estado_pond, round((S1.categoria/(S1.area_construida+1))::numeric,
1) as categoria_pond
from
(select padron,
sum(area_const) as area_construida,
sum(estado*area_const) as estado,
sum(categoria*area_const) as categoria
from lineas_constru
where dpto='V' and localidad='AA'
group by padron) S1
```

4.5.2. Determinación de Oportunidades

Se seleccionan los predios que representen las mejores oportunidades según dos criterios: presentar un volumen ocupado menor o igual a 30% o un estado de conservación ponderado mayor o igual a 4

```
--Selección de Oportunidades--
create view oportunidades as
SELECT pz.padron, pz.geom
FROM estado_cat_pond ep RIGHT join padrones_zona pz on
ep.padron=pz.padron
WHERE estado_pond >=4
UNION
SELECT padrones_zona.padron, padrones_zona.geom
from padrones_zona left join atributos_calc ac on ac.padron =
padrones_zona.padron
where ac.vol_ocupado <= 30
```

4.5.3. Habilitar la extensión geográfica PostGIS

Al momento de importar archivos shapefile a la base de datos en pgAdmin se puede contar con la geometría de la capa en la forma de un campo llamado “geom”. Para obtener esto se debe habilitar la extensión PostGIS a través de la siguiente consulta:

```
create extension postgis
```

4.6. Conexión de la base de datos con QGIS

Se establece una conexión entre la base de datos creada en pgAdmin con el software QGIS de manera de realizar consultas y visualizar éstas de manera simple y ágil.

Crear una nueva conexión a PostGIS

Información sobre la conexión

Nombre Proyecto Final

Servicio

Anfitrión localhost

Puerto 5432

Base de datos Proyecto Final

Modo SSL deshabilitar

Autenticación

Configuraciones Básica

Nombre de usuario postgres Guardar

Contraseña Guardar

Advertencia: credenciales guardadas en texto simple en archivo de proyecto.

Convertir a configuración

Probar conexión

Mostrar capas sólo en los registros de capa

No resolver el tipo de columnas sin restricción (GEOMETRÍA)

Buscar sólo en el esquema "público"

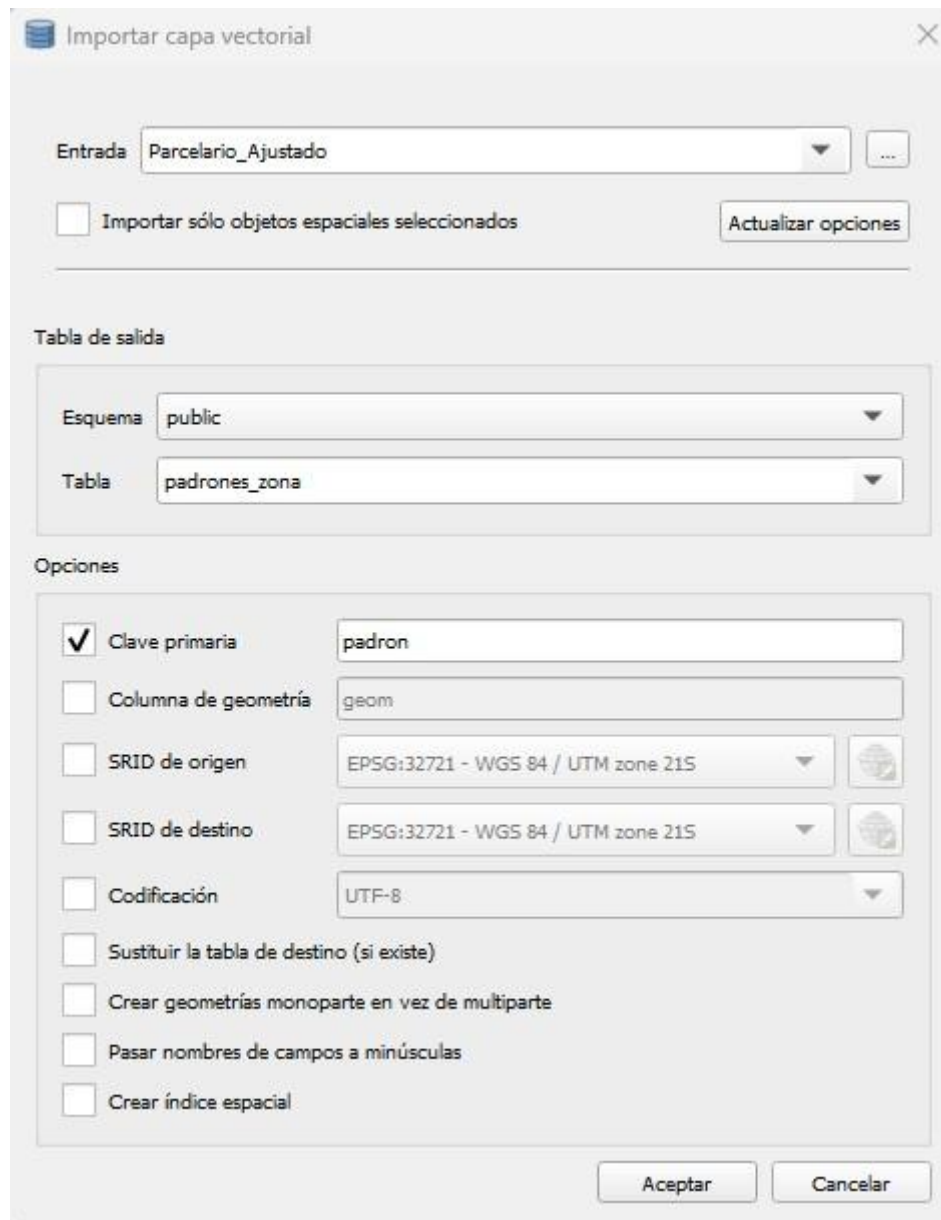
Listar también tablas sin geometría

Utilizar metadatos de tabla estimados

Permitir guardar / cargar proyectos de QGIS en la base de datos

Aceptar Cancelar Ayuda

En la siguiente imagen se observa cómo se importa un archivo shapefile hacia el entorno de base de datos del software pgAdmin. Se puede notar que se exporta junto con la tabla de atributos la geometría de la capa a través de un nuevo campo llamado “geom”.



4.6.1. Ejemplo de consulta en QGIS y visualización de la misma

The screenshot shows the QGIS SQL console window. The query is as follows:

```
1 SELECT pz.padron, pz.geom
2 FROM estado_cat_pond ep RIGHT JOIN padrones_zona pz on ep.padron=pz.padron
3 WHERE estado_pond >=4
4 UNION
5 SELECT padrones_zona.padron, padrones_zona.geom
6 from padrones_zona left join atributos_calc as ac on ac.padron = padrones_zona.padron
7 where ac.vol_ocupado <= 30
```

The results table shows the following data:

padron	geom
1 5179.0	0106000020D17F000...
2 13544.0	0106000020D17F000...
3 13558.0	0106000020D17F000...
4 14810.0	0106000020D17F000...
5 14840.0	0106000020D17F000...

Below the table, the 'Cargar como capa nueva' (Load as new layer) section is visible, with the 'Columna de geometría' (Geometry column) set to 'geom' and the 'Cargar' (Load) button highlighted.



4.7. Interfaz usuario-modelo

Al momento de realizar el usuario una consulta de qué predios caracterizados como oportunidades le resultan más o menos deseables se le pedirá que determine ciertas preferencias. Éstas preferencias recaen en dos sectores diferenciados de parámetros. Estos parámetros se dividen en intrínsecos y extrínsecos.

Los parámetros intrínsecos refieren a:

- * Altura Máxima edificable
- * Área del Predio
- * Presupuesto

Por otro lado, los parámetros extrínsecos refieren al entorno del predio. Dicho entorno se cuantifica como las distancias mínimas a ciertos elementos de interés, específicamente se consideran:

- * Centros Educativos
- * Centros de Salud Pública
- * Espacios Públicos
- * Paradas de Ómnibus
- * Avenidas de Montevideo
- * Densidad Poblacional

4.7.1. Determinación del entorno

Se importan en QGIS los archivos vectoriales correspondientes a las entidades del entorno y para mayor agilidad se cortan dichos archivos a un área de influencia (o Buffer) de 1 km. En la siguiente imagen se puede observar los elementos del entorno



Se debe crear una vista que calcule para cada predio la mínima distancia a cada uno de los elementos de interés del entorno. En el caso de los datos demográficos, los cuales están discriminados por manzanas, la mínima distancia corresponde a 0, por lo cual se le asocia la información de la manzana a la que pertenece cada predio.

```

CREATE VIEW entornos
AS
--Distancia minima a Centros Educativos --
SELECT s1.padron, s1.dist_edu, s2.dist_av, s3.dist_parada,
s4.dist_poli, s5.dist_esp_pub, s6.p_tot, s6.dens_p
FROM
((SELECT p.padron, round(min (ST_Distance(p.geom, c.geom))) as
dist_edu
    from padrones_zona p, centros_educativos c
    group by p.padron) as s1
  natural join
--Distancia minima a Avenidas--
(SELECT p.padron, round(min (ST_Distance(p.geom, a.geom))) as dist_av
    from padrones_zona p, avenidas a
    group by p.padron) as s2
  natural join
--Distancia minima a paradas--
(SELECT p.padron, round(min (ST_Distance(p.geom, pa.geom))) as
dist_parada
    from padrones_zona p, paradas pa
    group by p.padron
    ) as s3
  natural join
--Distancia minima a Policlinicas--
(SELECT p.padron, round(min (ST_Distance(p.geom, poli.geom))) as
dist_poli
    from padrones_zona p, policlinicas poli
    group by p.padron) as s4
  natural join
--Distancia minima a Espacios Publicos--
(SELECT p.padron, round(min (ST_Distance(p.geom, ep.geom))) as
dist_esp_pub
    from padrones_zona p, espacios_publicos ep
    group by p.padron) as s5
  natural join
--Distancia minima a Datos Censales--
(SELECT p.padron, dc.p_tot, round(dc.dens_p) as dens_p
    from padrones_zona p, datos_censales dc
    where (p.padron, ST_Distance(p.geom, dc.geom)) in (
SELECT p.padron, min (ST_Distance(p.geom, dc.geom))
    from padrones_zona p, datos_censales dc
    group by p.padron)) as s6)

```

4.7.2. Vistas Auxiliares

Se crea una vista auxiliar que contiene los datos intrínsecos de cada predio los cuales se consultarán en una función explicada en un paso posterior.

```
CREATE VIEW consulta_atributos AS
SELECT op.padron,
       op.geom,
       s1.ganancia,
       s1.presupuesto,
       s2.valorizacion_neta,
       s3.area_cat,
       s4.altura_max,
       s4."FOS",
       s4.retiro
FROM oportunidades op
  JOIN ( SELECT g.padron,
               g.ganancia,
               g.presupuesto
         FROM ganancia g) s1 USING (padron)
  JOIN ( SELECT vf.padron,
               vf.valorizacion_neta
         FROM valores_finales vf) s2 USING (padron)
  JOIN ( SELECT pmvd.padron,
               pmvd.area_cat
         FROM padrones_mon pmvd) s3 USING (padron)
  JOIN ( SELECT norm.padron,
               norm.altura_max,
               norm."FOS",
               norm.retiro
         FROM normativa norm) s4 USING (padron);
```

4.7.3. Creación de funciones

Se elaboran 2 funciones tal que el usuario ingresa los parámetros deseados y se seleccionan las oportunidades que cumplan con lo establecido por el usuario.

Se adjunta una imagen del código que determina la función correspondiente al entorno (o parámetros extrínsecos):

```
--Funcion para consultar oportunidades por VARIABLES DEL ENTORNO--
create function consulta_op_entorno (dist_edu_in double precision,
                                     dist_av_in double precision,
                                     dist_parada_in double precision,
                                     dist_poli_in double precision,
                                     dist_esp_pub_in double precision,
                                     p_tot_in double precision,
                                     dens_p_in double precision)
returns table (padron double precision,
              geom geometry,
              dist_edu double precision,
              dist_av double precision,
              dist_parada double precision,
              dist_poli double precision,
              dist_esp_pub double precision,
              p_tot double precision,
              dens_p double precision) as
$$
begin
    return query select op.padron, op.geom, en.dist_edu,
en.dist_av, en.dist_parada, en.dist_poli, en.dist_esp_pub,
en.p_tot, en.dens_p
    from entornos en natural join oportunidades op
    where en.dist_edu < dist_edu_in
        and en.dist_av < dist_av_in
            and en.dist_parada < dist_parada_in
                and en.dist_poli < dist_poli_in
                    and en.dist_esp_pub < dist_esp_pub_in
                        and en.p_tot < p_tot_in
                            and en.dens_p < dens_p_in

    order by op.padron desc;
end;
$$ language plpgsql;
```

Luego, se crea la función de determinación de parámetros intrínsecos:

```
--Funcion para consultar por PRESUPUESTO, AREA DEL PREDIO Y ALTURA
MAXMA--
create function consulta_oportunidades (presu_in double precision,
area_in int, altura_in double precision)
returns table (padron double precision,
              geom geometry,
              area_predio int,
              ganancia double precision,
              presupuesto double precision,
              valorizacion_neta double precision,
              altura_max double precision,
              fos int, retiro int) as
$$
begin
    return query select ca.padron,
                      ca.geom,
                      ca.area_cat,
                      ca.ganancia,
                      ca.presupuesto,
                      ca.valorizacion_neta,
                      ca.altura_max,
                      ca."FOS",
                      ca.retiro
    from consultas_atributos ca
    where area_cat > area_in and ca.presupuesto < presu_in and
ca.altura_max > altura_in
    order by ca.ganancia desc;
end;
$$ language plpgsql;
```

4.7.4. Ejecución de las funciones

Las funciones creadas anteriormente se ejecutan especificando el valor de cada una de las variables involucradas.

Se adjunta una imagen de ejemplo de consulta a las funciones:

```
--Llamado a la funcion "consulta_oportunidades" parametros:  
presupuesto, area del predio, altura maxima --  
select (consulta_oportunidades(5500000, 150, 20)).*  
  
--Parametros dist_edu, dist_av, dist_paradas, dist_policlinicas,  
dist_espacios_publicos,  
--población_tot_manzana, densidad_poblacional_manzana--  
select (consulta_op_entorno (100, 500, 500, 500, 500, 500, 500)).*
```

5. Análisis Multitemporal

Se compara el MDS antrópico del año 2018 con el MDS correspondiente al año 2021. Este MDS se obtiene a partir del vuelo aerofotogramétrico realizado por la Intendencia de Montevideo en el mes de diciembre del año 2021.

5.1. Obtención de los insumos

En primer lugar se debe conseguir tanto el MDS como la ortofoto de la zona de trabajo. Esto se puede realizar a través de una consulta vía correo electrónico (sig@imm.gub.uy) o, en nuestro caso, a través de una consulta presencial en el Servicio de Geomática de la IM.

5.2. Análisis geoespacial en software GIS

Repetir los pasos 3.1 hasta el 3.4 para la nueva ortofoto y el nuevo MDS. El MDT se mantiene constante; esto es dado que el terreno no varía de gran manera en el período estudiado.

5.3. Diferencias de Edificación entre 2018 y 2021

Se debe restar el MDS antrópico de 2021 con el MDS antrópico de 2018 de manera de obtener un archivo ráster que, para cada píxel, contenga la variación de altura para el período estudiado.



5.4. Conversión de información geográfica a información alfanumérica

Repetir el paso 3.5 para el ráster de diferencias de altura entre 2018 y 2021.

5.5. Cálculo de la variación de volumen entre 2018 y 2021

Se calcula la suma de todos los píxeles asociados a cada número de padrón de manera de obtener un valor de variación de volumen para el período estudiado. Además se calcula la diferencia porcentual de ganancia/pérdida de volumen en comparación con el valor volumétrico correspondiente a 2018.

```
select ac.padrón, ac.volumen, S1.dif_vol, round ((S1.dif_vol /
ac.volumen)*100) as dif_vol_porce
from (select padrón, sum(dif_altura) as dif_vol
from dif_alt_21_18
group by padrón) as S1 inner join atributos_calculados ac on
ac.padrón = S1.padrón
order by ac.padrón desc
```

5.6. Identificación de sustituciones

Se definen empíricamente y analizando las fotografías aéreas correspondientes al período estudiado, los valores umbrales para los parámetros de diferencia de volumen (absoluta y relativa) de manera de detectar qué predios sufrieron de una sustitución edilicia completa o en curso.

Estos parámetros corresponden a:



- * Ganancia de más de 500 m³ y que ésta ganancia represente más del 35% del volumen inicial
- * Pérdida de más de 700 m³ y que ésta pérdida represente más del 80% del volumen inicial

```
--Demolición o inicio de obra--
select *
from (select ac.padrón, ac.volumen, S1.dif_vol, round ((S1.dif_vol
/ ac.volumen)*100) as dif_vol_porce
from (select padrón, sum(dif_altura) as dif_vol
from dif_alt_21_18
group by padrón) as S1 inner join atributos_calculados ac on
ac.padrón = S1.padrón ) as S2
where S2.dif_vol_porce <= -80 and S2.dif_vol < -700
order by S2.dif_vol_porce asc
```

```
--Sustitucion o reforma significativa--
select *
from (select ac.padron, ac.volumen, S1.dif_vol, round ((S1.dif_vol
/ ac.volumen)*100) as dif_vol_porcentaje
from (select padron, sum(dif_altura) as dif_vol
from dif_alt_21_18
group by padron) as S1 inner join atributos_calculados ac on
ac.padron = S1.padron ) as S2
where S2.dif_vol > 500 and dif_vol_porcentaje >= 35
order by S2.dif_vol_porcentaje desc
```

B. Planilla de Relevamiento

paño 011	Est	Estado	Cat	paño 011	Est	Estado	Cat
14869	3		Med	22048	1.5		B
14875	2.5		Med Med	22051	2.5		MA
14882	3		Eco.	22054	4.5		B
15036	2.5		Med	22130	2		Med
15063	2		Med.	22141	2.5 4		Eco.
15067	3		Eco.	22151	3.5		Eco
15216	3.5		Eco.	22164	3		Med.
15660	2.5		Eco.	22172	2.5		Med
15675	3		Eco.	22288	2.5		Med.
15886	3		Dem.	22624	2		B
15897	2		B	22662	2.5		Med
15898	2.5		Med	22726	1.5		Med
15906	2.5		Med	23014	2		Med
15921	1.5		Med B	23083			Dem
16442	1		MB	23173	2		B
17534	2.5		B	23228	3.5		Eco.
21748	3		Eco.	23280	2.5		Med.
21756				23300	4		Med.
21782	3.5		Eco	78933	2		B
21794	2.5		Eco.	93355	2.5		B
21801	2.5		Eco	97726			
21821	2.5		Med.	107943	3		Med.
21982	2.5		Med.	127092	2		Med
21996	3		Eco.	143024	2		BT
				185933	2.		Med
				431082	1		B

 = Sustido
 = falta

C. Tabla de Valores Unitarios según Categoría y Destino

VALORES DEL METRO CUADRADO DE COMERCIALIZACIÓN A NUEVO

Estos valores cambian con aumento de costos de construcción, leyes sociales, jornales, etc

VALORES PROMEDIO								
DESTINO	Suntuoso	MB	BMB	BUENO	BUENO EC	ECON	ECON MUY ECON	MUY ECON
VIVIENDA	?	3700	3100	2800	2400	1700	1000	800
LABORATORIO	?	4200	3686	3087	2365	0		
BANCO	?	4536	3970	3445	0	0		
m.c. TESORO	?	6480	5671	4922	0	0		
HOTEL, MOTEL	?	3888	3403	2953	2183	1669		
CENTRO SALUD	?	3564	3119	2707	2001	0		
PENSIÓN	?	2916	2552	2215	1637	1113		
ESCRITORIO	?	2916	2552	2215	1637	1252		
CONSULTORIO	?	2592	2268	1969	1455	0		
CENTRO ESPECT.	?	2700	2354	2033	1498	1177		
SUB EST. UTE		0	0	1498	1091	835		
SALÓN- LOCAL	?	2268	2033	1723	1273	974		
TALLER	?	2268	2033	1723	1273	974	630	490
DEPÓSITO (1) cub no liviana		1944	1701	1498	1091	835	540	420
DEPÓSITO (2) cub liviana		0	0	1177	824	642	400	320
RESTAURANTE	?	3564	3119	2707	2001	1391	900	700
BAR(MINUTAS)	?	2592	2247	2033	1455	1070	700	550
VESTUARIO	?	2268	2033	1712	1177	963	600	450
COCHERA	?	0	0	963	749	535	350	300
GARAGE		0	1669	1477	1091	835	540	420
MUSEO		2592	2268	1969	1455			
BARBACOA		2268	2033	1723	1273	974		
CAMARA FRIO		4860	4253	3692	2729	0		
GALERIA VM		1426	1134	984	728	556	360	280
C. CULTOS	?	2430	2129	1846	1364	1043	675	525
CLUB DEPORT.	?	3240	2836	2461	1819	1391	900	700
ALTILLO		0	0	1477	1091	835	540	420
SOTANO		0	0	1354	963	749	500	385
PLAYA ESTAC		0	0	353	289	246	190	170
SÓLO EQ. MÍN								

D. Planilla de Sustituciones

Verificación 2021

N° Padrón	Volumen Ocupado 2018 (%)	Estado Ponderado (2022)	Variación de Volumen 2021 (m3)	Variación de Volumen 2021 (%)	Año DJCU	Doble Régimen		Valorización	Sustituido?	Ingreso?	Obs
						Régimen Ant	Estado Ant				
22096	18	1.3	-1644	-101	2021	CO	3	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Doble régimen de propiedad / Demolido
430990	65	5	-1295	-86	2019			25	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Fusion con el lindero / Parking
431111/14855	26	3	-2199	-82	2021			N/DData	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Cambio el N° de Padrón - 14855
22240	30	1.6	-730	-80	2021	CO	5	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Doble régimen de propiedad
22979			-741	-84					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22858			-881	-86					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22877			-1844	-90					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Arboles de hoja caduca
429609	3	1	23965	2743	2016	CO	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Doble régimen de propiedad
14857	5	N/DData	3378	1536	N/DData			N/DData	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No figura en los datos de DNC
16442	7	1.6	4818	1244	2017	CO	3.5	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Doble régimen de propiedad / DJCU PH 2022
429759	13	3.9	1479	602	2017			4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
124705	12	1	3790	561	2022	CO	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Doble régimen de propiedad
22004	4	4	2465	555	2018			218	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27169	19	1.2	3725	340	2020	CO	4	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Doble régimen de propiedad
16125	19	1.3	5646	329	2019	CO	3.5	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Doble régimen de propiedad
431122	18	1.5	4799	277	2020	CO	4	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Doble régimen de propiedad
22658	14	1	1245	265	2019	CO	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Doble régimen de propiedad
109768	24	1	10530	239	2022	CO	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Doble régimen de propiedad
23283	28	3	2969	233	2017			13	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
430761	21	1	8705	192	2021	CO	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Doble régimen de propiedad
431082	22	1.3	2737	167	2020	CO	3	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Doble régimen de propiedad
429934/2210251972	33	1	8106	150	2018	CO	3	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sustitucion no considerada / Fusion
16261	32	3.1	866	132	2020			7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sustitucion no considerada
431004	44	1.5	1374	103	2019	CO	4	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Doble régimen de propiedad - Error DNC
22484	69	1.5	2501	97	2017	CO	4	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Doble régimen de propiedad - Error DNC
105143	44	4.2	1947	96	2015			16	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Doble régimen de propiedad - Error DNC
427490/14643/14844/14854	14	3	3293	82	2020			N/DData	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No figura en los datos de DNC / Fusion
105177	23	3	785	78	2019			7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Retorna/Ampliacion
22149	18	1.3	3045	73	2020	CO	3	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Doble régimen de propiedad
16263	55	3	1739	46	2018			10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Fusion
22411	59	1	591	37	2020	CO	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Doble régimen de propiedad - Error DNC
22726	53	4.2	515	36	2020			9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

E. Metadatos DNC

Padrones Urbanos		
Atributo	Descripción	Formato
Código Régimen	CO–Común; PH–Propiedad Horizontal; UH–Urbanización PH	Alfanumérico (2)
Código Departamento	Ver tabla Departamentos	Alfanumérico (1)
Código Localidad	Ver tabla Localidades	Alfanumérico (2)
Nº Padrón	Identificador único del padrón en la localidad	Numérico Entero (6)
Block/Manzana	Block para PH / Manzana para UPH	Alfanumérico (2)
EP/SS	Entrepiso / Subsuelo	Alfanumérico (2)
Unidad	Identificador de unidad	Numérico Entero (4)
Área predio	Expresada en metros cuadrados	Numérico Entero (10)
Área edificada	Expresada en metros cuadrados	Numérico Entero (8)
Valor catastral terreno	Expresada en pesos	Numérico Entero (15)
Valor catastral mejoras	Expresada en pesos	Numérico Entero (15)
Valor catastral total	Expresada en pesos	Numérico Entero (15)
Valor para impuestos	Expresada en pesos	Numérico Entero (15)
Fecha última DJCU	Fecha de presentación última DJCU	Fecha (dd/mm/aaaa)
Vigencia última DJCU	Fecha de vigencia última DJCU	Fecha (dd/mm/aaaa)

Departamentos		
Atributo	Descripción	Formato
Código Departamento	Letra Identificadora del departamento	Alfanumérico (1)
Denominación	Nombre el departamento	Alfanumérico (14)

Localidades		
Atributo	Descripción	Formato
Código Departamento	Letra Identificadora del departamento	Alfanumérico (1)
Código Localidad	Letras Identificadoras de la localidad	Alfanumérico (2)
Denominación	Nombre de la localidad	Alfanumérico (14)

Destinos		
Atributo	Descripción	Formato
Código Destino	Código identificador de destino	Numérico Entero (2)
Denominación	Denominación del destino	Alfanumérico (35)

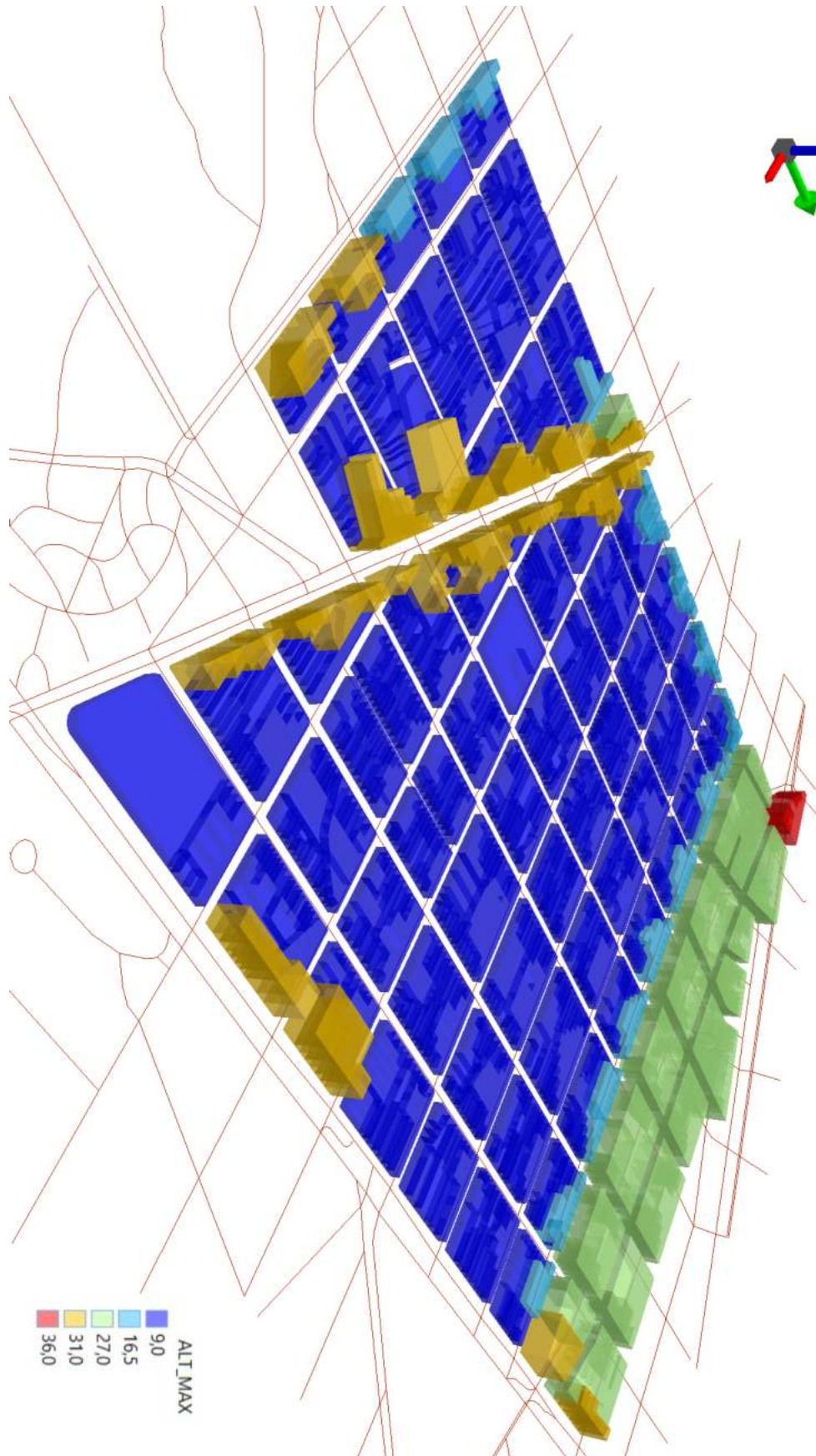
Categorías de Construcción		
Atributo	Descripción	Formato
Código Categoría	Código identificador de categoría de construcción	Numérico (2) (1 decimal)
Denominación	Denominación de la categoría de construcción	Alfanumérico (15)

Estados de Conservación		
Atributo	Descripción	Formato
Código Estado	Código identificador de estado de conservación	Numérico (2) (1 decimal)
Denominación	Denominación del estado de conservación	Alfanumérico (15)

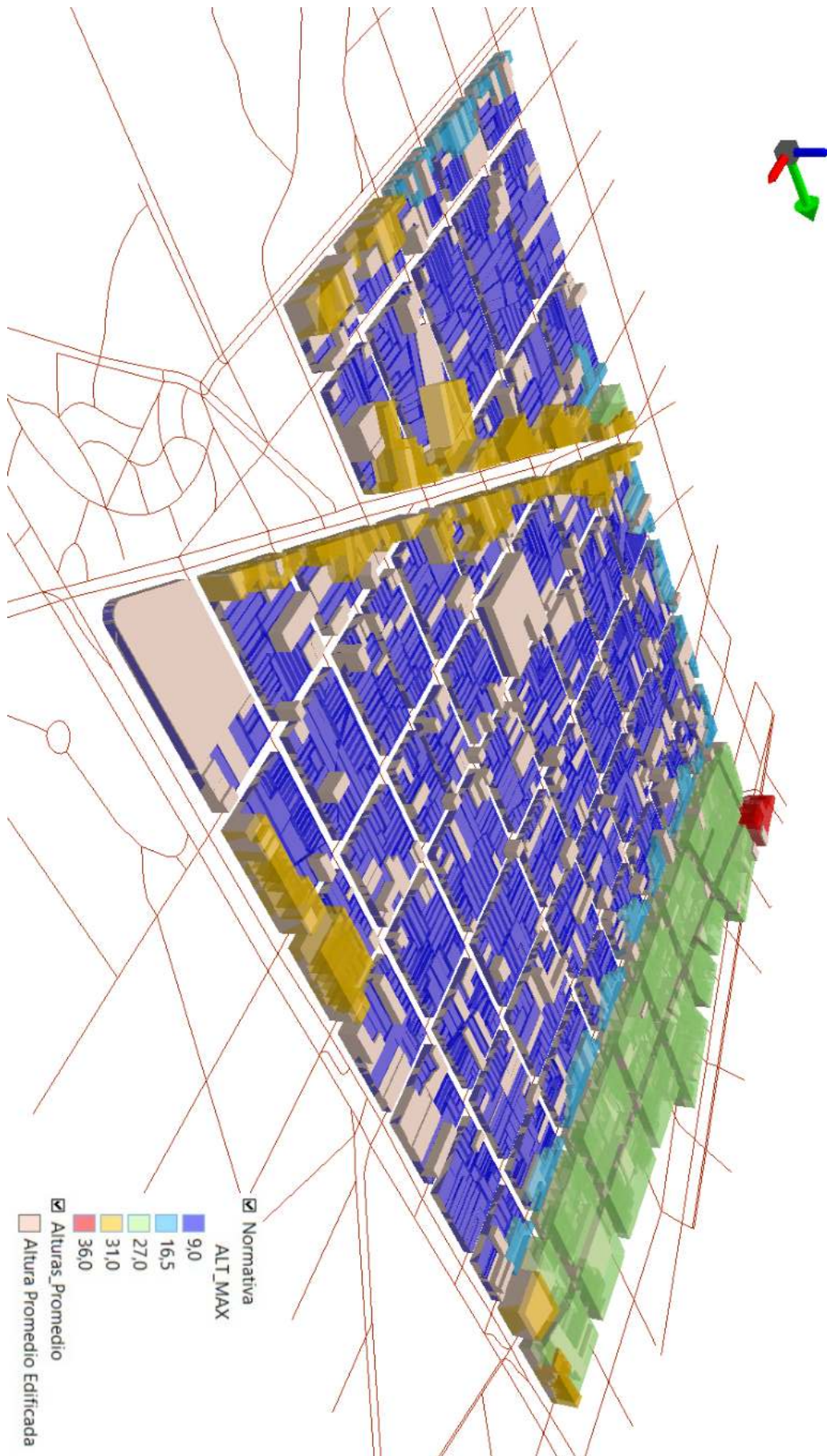
Líneas de Construcción		
Atributo	Descripción	Formato
Código Régimen	CO–Común; PH–Propiedad Horizontal; UH–Urbanización PH	Alfanumérico (2)
Código Departamento	Ver tabla Departamentos	Alfanumérico (1)
Código Localidad	Ver tabla Localidades	Alfanumérico (2)
Nº Padrón	Identificador único del padrón en la localidad	Numérico Entero (6)
Block/Manzana	Block para PH / Manzana para UPH	Alfanumérico (2)
EP/SS	Entrepiso / Subsuelo	Alfanumérico (2)
Unidad	Identificador de unidad	Numérico Entero (4)
Nivel	Piso	Numérico (5) (1 dec. y signo)
Código Destino	Ver tabla Destinos	Numérico Entero (2)
Categoría Construcción	Ver tabla Categorías de Construcción	Numérico (2) (1 decimal)
Estado Conservación	Ver tabla Estados de Conservación	Numérico (2) (1 decimal)
Tipo de cubierta	Ver tabla Cubiertas	Numérico Entero (1)
Indicador cielorraso	Ver tabla Cielorrasos	Numérico Entero (1)
Tipo de obra	Ver tabla Tipos de Obra	Numérico Entero (2)
Area construida	Expresada en metros cuadrados	Numérico Entero (6)
Año de construcción	Año de construcción	Numérico Entero (4)
Año remanente	Año de construcción original	Numérico Entero (4)
EP/SS uso exclusivo	Entrepiso / Subsuelo de unidad uso exclusivo	Alfanumérico (2)
Unidad uso exclusivo	Identificador de unidad uso exclusivo	Numérico Entero (4)

F. Láminas

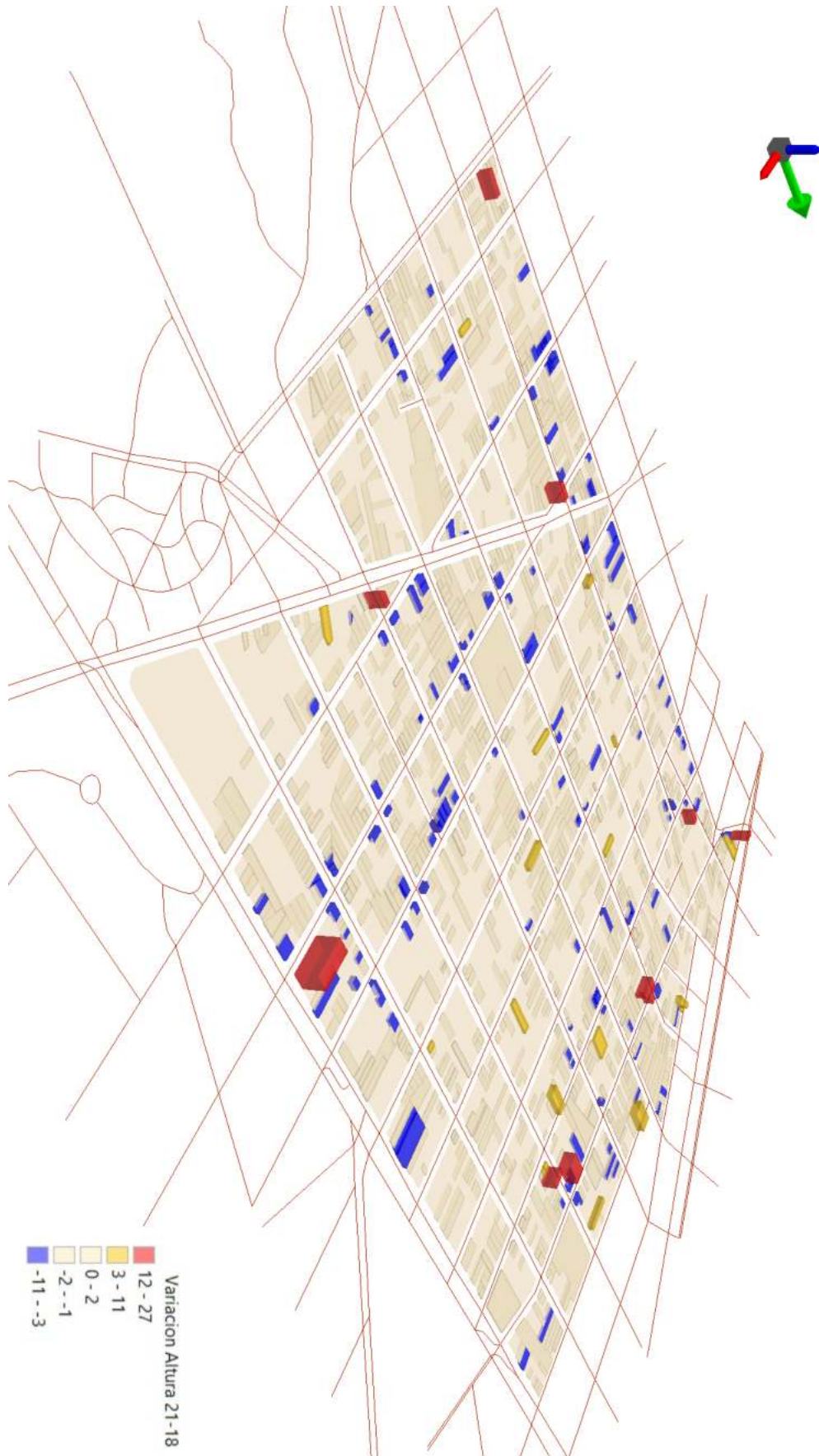
F.1. Altura máxima según la normativa vigente para la zona



F.2. Diferencias de altura entre la situación actual y potencial (en m) para la zona



F.3. Variación de altura (en m) entre 2018 y 2021 para la zona



G. Abreviaturas

- AGL: Sobre el nivel del terreno (Above Ground Level)
- IM: Intendencia de Montevideo
- BHU: Banco Hipotecario del Uruguay
- DBMS: Sistema de Gestión de Base de Datos (Database Management System)
- DJCU: Declaración Jurada de Caracterización Urbana
- DNC: Dirección Nacional de Catastro
- GSD: Tamaño de píxel en el terreno (Ground Sample Distance)
- IDEUy: Infraestructura de Datos Espaciales de Uruguay
- INE: Instituto Nacional de Estadística
- MDE: Modelo Digital de Elevación
- MDS: Modelo Digital de Superficie
- MDT: Modelo Digital de Terreno
- NDVI: Índice de vegetación de diferencia normalizada (Normalized Difference Vegetation Index)
- RGS: Régimen de Gestión del Suelo
- RP: Régimen de Propiedad
- SIG: Sistema de Información Geográfica
- SQL: Lenguaje de consulta estructurada (Structured Query Language)

Página de aprobación

El Tribunal docente integrado por los abajo firmantes aprueba informe de Proyecto Final de grado:

“Metodología para la detección de oportunidades de sustitución edilicia”

Autores: Gabriel Miller, Ezequiel Vizcaino

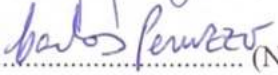
Tutores: Ing. Agrim. Prof. Luis Alberto Calderón Ruiz - Lic. Carlos A. Chiale


Carrera: Ingeniería en Agrimensura

Puntaje: 11 UNGB

Tribunal:

Profesor FIEVEL GAVILONDO  (Nombre y firma)

Profesor CARLOS PERUZZO  (Nombre y firma)

Profesor HERENOR BERNARDA  (Nombre y firma)

Fecha: 10 de abril, 2023