

**Universidad Nacional
Sistema de Estudios de Posgrado
Escuela de Ciencias Geográficas**

**Universidad de Costa Rica
Sistema de Estudios de Posgrado
Posgrado en Geografía**

**Programa Maestría Profesional en Sistemas de Información Geográficas y
Teledetección**

**Desarrollo de una aplicación en un Sistema de Información Geográfica, que permita
valorar terrenos urbanos para efectos fiscales en un sector de San Pablo de Heredia, a
partir de información geoespacial**

**Trabajo Final de Graduación sometido a la Comisión del Programa de Estudios de
Posgrado para optar por el grado de Magister en Sistemas de Información
Geográfica y Teledetección**

Postulante: Carlos Moisés Sevilla Hernández

**Campus Omar Dengo, Heredia
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Montes de Oca**

**Resultado
Costa Rica, año 2017**

Dedicado a mí esposa Ilma, a mis hijos Melissa y Randy y a mis padres Moisés y Virginia

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a mi tutor M.Sc. Manuel Vargas Del Valle por sus aportes, consejos e ideas en la creación del presente trabajo de graduación.

Le agradezco a mi compañero de maestría William Solera, sus palabras de motivación en el transcurso del desarrollo mi trabajo final de graduación.

Un agradecimiento especial a mi compañera Fiorella Aguilar Muñoz por su cooperación en la preparación del presente trabajo.

A mi esposa Ilma le agradezco su constante apoyo y sus palabras de aliento, que me motivaron en seguir adelante.

A mis padres Moisés y Virginia les agradezco todo el bienestar que me han dado a lo largo de mi vida.

Por último, le agradezco a DIOS por el don de la vida, y por sus mayores regalos, mis hijos Melissa y Randy. Esperando que DIOS me les proporcione salud, sabiduría y bienestar a lo largo de sus vidas.

Este Trabajo Final de Graduación fue aceptado por el Comité de Gestión Interinstitucional del Programa (CI) de Maestría en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección, Universidad Nacional y Universidad de Costa Rica (UNA-UCR) como requisito para optar por el grado de Magister en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección.

M.Sc. Luis Francisco Rodríguez Soto

Coordinador del Programa de Maestría en Sistemas de Información Geográfica y
Teledetección
Universidad Nacional de Heredia

Dr. Rafael Arce Mesén

Coordinador del Programa de Maestría en Sistemas de Información Geográfica y
Teledetección
Universidad de Costa Rica

M.Sc. Marvin Alfaro Sánchez

Profesor Responsable

M.Sc. Manuel Vargas Del Valle

Tutor

Carlos Sevilla Hernández

Sustentante

RESUMEN

En el presente trabajo final de graduación se creó una aplicación en QGis 2.18 Las Palmas, que le permitirá a las municipalidades del país valorar terrenos urbanos para el cálculo del Impuesto sobre Bienes Inmuebles, según la Ley No. 7509 y sus reformas. La aplicación fue diseñada por medio del lenguaje de programación de Python.

La aplicación está basada a partir de información geoespacial o capas de predios, tipo de vías, zonas homogéneas, pendiente, nivel y los servicios de agua, electricidad, teléfono, alumbrado público, acera y cordón y caño. Con base a estas capas, se calcula en forma automática los parámetros del terreno: área, frente, forma, tipo de vía, ubicación, pendiente, nivel, servicios 1 y servicios2.

Para el cálculo de cada uno de los parámetros del terreno se aplicaron funciones de geometría de Python; por ejemplo: Length(), Area(), Distance(), Intersects(), Clip(), etc.; que fue parte esencial en la programación. Posteriormente, se le definió al predio a valorar la zona homogénea que le corresponde, permitiendo calcular la ponderación de los parámetros comparativos, y por ende, calcular el valor del terreno urbano.

Los resultados obtenidos en la aplicación fueron comparados y validados con el modelo de valoración del Órgano de Normalización Técnica.

Esta aplicación le permitirá a los ayuntamientos valorar terrenos urbanos directamente en un Sistema de Información geográfica, sin necesidad de realizar visitas al campo. Los municipios podrán realizar una valoración masiva de una serie de propiedades en el menor tiempo posible. Además, las municipios podrán calcular el valor del terreno cuando se reciban las declaraciones de bienes inmuebles por parte de sus titulares.

CONTENIDO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA -----	1
JUSTIFICACIÓN -----	3
OBJETIVO GENERAL -----	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS -----	3
MARCO TEÓRICO -----	4
Ley No. 7509, su reforma Ley No. 7729 del Impuesto sobre Bienes Inmuebles y su reglamento -----	4
Establecimiento del Impuesto -----	4
Objeto del Impuesto -----	4
Competencia de las Municipalidades -----	5
Sujetos Pasivos del Impuesto -----	5
Base Imponible -----	5
Porcentaje del Impuesto -----	5
Valoración de Bienes Inmuebles -----	6
Declaración de Bienes Inmuebles -----	6
Órgano de Normalización Técnica -----	6
Método de Valoración de Fincas Urbanas -----	7
Método Comparativo o Sintético -----	7
Sistema de Información Geográfica -----	22
Lenguaje de Programación -----	24
Python -----	25
PyQGIS -----	26
METODOLOGÍA -----	26
Mosaico Catastral Predial -----	28
Mapa de Valores de Terreno por Zonas Homogéneas -----	28
Capa raster de pendientes -----	29
Levantamiento de campo de las variables Nivel, Servicios 1 y Servicios 2 -----	29
Cálculo de los parámetros de ponderación -----	30

Factor área comparativo -----	30
Factor frente comparativo -----	30
Factor forma comparativo -----	31
Factor pendiente comparativo-----	31
Factor ubicación comparativo-----	32
Factor nivel comparativo -----	32
Factor tipo de vía comparativo-----	33
Factor servicios 1 comparativo -----	33
Factor servicios 2 comparativo -----	33
Factor Ajuste o de Modificación-----	34
Cálculo del Valor Unitario del Terreno a Valorar-----	34
Cálculo del valor del terreno a valorar-----	34
Exposición y edición de los resultados -----	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	36
Montaje de las capas-----	38
Conversión de raster a vector del insumo de Pendientes -----	39
Desarrollo de la aplicación en Python de QGis 2.18-----	48
Cálculo de los parámetros del Terreno-----	49
Área -----	49
Frente -----	50
Forma -----	50
Pendiente -----	52
Tipo de Vía -----	52
Ubicación -----	53
Nivel -----	53
Servicios 1 y Servicios 2-----	54
Zona Homogénea -----	54
Factores comparativos-----	55
Factor Ajuste-----	56
Valor Unitario del terreno a valorar -----	56

Valor del terreno a valorar-----	56
Añadir plano catastrado en el Panel de Capas -----	57
Añadir fotografía en el Panel de Capas -----	57
Almacenamiento de los cálculos-----	58
Edición de los parámetros del terreno a valorar -----	59
Control gráfico de las fincas no valoradas, fincas valoradas y fincas declaradas.-----	59
Estadística del proceso de valoración -----	60
Ejecución del programa de valoración de terrenos urbanos -----	61
Estadística de las valoraciones realizadas por la aplicación en PyQGIS -----	75
Inconsistencias del mosaico catastral de la capa de predios del SectorSanPablo-----	77
CONCLUSIONES -----	78
RECOMENDACIONES -----	79
LITERATURA -----	80

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Modelo Raster y Modelo Vectorial	23
Ilustración 2. Sector del Centro de San Pablo de Heredia	36
Ilustración 3. Capa de Vías del Sector del Centro de San Pablo de Heredia.....	40
Ilustración 4. Capa de Zonas Homogéneas del Sector del Centro de San Pablo	41
Ilustración 5. Capa de Aceras del Sector del Centro de San Pablo de Heredia	42
Ilustración 6. Capa de Cordón y Caño del Sector del Centro de San Pablo de Heredia.....	43
Ilustración 7. Capa de Agua del Sector del Centro de San Pablo de Heredia	44
Ilustración 8. Capa de Alumbrado Público del Sector del Centro de San Pablo	45
Ilustración 9. Capa de Nivel del Sector del Centro de San Pablo de Heredia	46
Ilustración 10. Capa de Pendientes del Sector del Centro de San Pablo de Heredia.....	47
Ilustración 11. Valoración del terreno de la Finca 95636.....	61
Ilustración 12. Plano catastrado de la Finca 95636	62
Ilustración 13. Fotografía de la Finca 95636	63

Ilustración 14. Valoración del terreno de la Finca 107473.....	70
Ilustración 15. Plano catastrado de la Finca 107473	71
Ilustración 16. Capa vectorial del Sector San Pablo.....	75

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cálculos de los exponenciales α, β	11
Tabla 2. Cálculo del coeficiente y	12
Tabla 3. Cálculo de los coeficientes ρ, η	13
Tabla 4. Definición de la constante “k”	16
Tabla 5. Ubicación en Manzana	17
Tabla 6. Tipo de Vía	18
Tabla 7. Servicios 1	19
Tabla 8. Servicios 2	20
Tabla 9. Modelo Raster versus Modelo Vectorial	23
Tabla 10. Modelo de Atributos de los Cantones de Costa Rica	24
Tabla 11. Cálculo del valor de terreno en Python de QGis	64
Tabla 12. Almacenamiento de los cálculos en la capa Sector San Pablo	65
Tabla 13. Cálculo del valor de terreno en EXCEL	66
Tabla 14. Atributos de la capa Sector San Pablo	67
Tabla 15. Modificación del área de terreno	67
Tabla 16. Recálculo del valor de terreno en Python de QGis.....	68
Tabla 17. Almacenamiento de los cálculos depurados en la capa Sector San Pablo.....	69
Tabla 18. Cálculo del valor de terreno en Python de QGis	72
Tabla 19. Almacenamiento de los cálculos en la capa Sector San Pablo	73
Tabla 20. Cálculo del valor de terreno en EXCEL	74
Tabla 21. Estadística del proceso de valoración de bienes inmuebles.....	76

INDICE DE FORMULAS

Fórmula 1. Factor de Modificación	9
Fórmula 2. Valor Unitario del Lote a Valorar	9
Fórmula 3. Factor Extensión Comparativo.....	10
Fórmula 4. Factor Frente Comparativo.....	11
Fórmula 5. Regularidad del Lote a Valorar	12
Fórmula 6. Factor Regularidad Comparativo	13
Fórmula 7. Factor Pendiente Comparativo	14
Fórmula 8. Factor Nivel Comparativo	15
Fórmula 9. Factor Ubicación Comparativo	15
Fórmula 10. Factor Ubicación Ajustado.....	16
Fórmula 11. Factor Vía Comparativo	18
Fórmula 12. Factor Servicios 1 Comparativo	19
Fórmula 13. Factor Servicios 2 Comparativo.....	20

INDICES DE ESQUEMAS

Esquema 1. Actividad a Desarrollar	27
Esquema 2. Capas utilizadas en el proyecto de valoración de terrenos urbanos	39
Esquema 3. Opciones de las fincas del Sector San Pablo.....	60

INDICE DE CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN

Código 1. Cálculo del Área.....	49
Código 2. Cálculo del Frente	50
Código 3. Cálculo de la Regularidad	51
Código 4. Cálculo de la Pendiente.....	52
Código 5. Cálculo de la Intersección del Predio con el Tipo de Vía.....	52
Código 6. Cálculo de la Intersección del Predio con el Nivel	53
Código 7. Cálculo del Servicio Público de Agua	54

Código 8. Cálculo del Factor Área Comparativo	55
Código 9. Cálculo del Factor Ajuste.....	56
Código 10. Cálculo del Valor Unitario del Terreno a Valorar	56
Código 11. Cálculo del Valor del Terreno.....	57
Código 12. Añadir Plano Catastrado al Panel de Capas	57
Código 13. Añadir Fotografía al Panel de Capas.....	58
Código 14. Almacenar Cálculos a la Tabla de Atributos de la Capa de Predios.....	58
Código 15. Estadística del Proceso de Valoración	60

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Bajo la Ley No. 7509 (creada en 1995) y sus reformas, las 82 municipalidades y los 8 concejos de distritos del país están facultados para realizar avalúos fiscales de las propiedades que se encuentren en su jurisdicción (Ley No. 7509, 1995). Por ley cada municipalidad tiene a disposición de una oficina de avalúos que le permite a una serie de peritos o profesionales municipales realizar avalúos tanto de terrenos urbanos y rurales, así como cualquier tipo de construcción. Asimismo, las administraciones tributarias (los municipios) pueden contratar peritos externos para que realicen los avalúos en forma masiva.

En la valoración de terrenos urbanos el perito valuador debe considerar nueve variables: área, frente, forma, nivel, pendiente, ubicación, tipo de vía, servicios 1 (acera y cordón y caño) y servicios 2 (agua, electricidad, teléfono y alumbrado público). Las variables área, frente, forma y ubicación el perito las obtiene del plano catastrado. El tipo de vía se obtiene del mapa de vías del cantón diseñado por el ONT (Órgano de Normalización Técnica). Posteriormente, el profesional recurre al campo a levantar información sobre el nivel, la pendiente, los servicios 1 y los servicios 2. Los datos recabados se consignan en un formulario físico diseñado para tal fin.

Para realizar los cálculos del valor de la propiedad el perito aplica el programa VALORA que suministra el ONT a cada una de las municipalidades (ONT, 2015). En VALORA se digita manualmente la información del lote a valorar, así como la zona homogénea del lugar. Este programa no está vinculado ni a la base de datos municipal y mucho menos a un sistema de información geográfica (ONT, 2015). En VALORA el funcionario municipal realiza los cálculos pertinentes, y completa en forma manual el formulario del avalúo de bienes inmuebles. Por lo general, los sistemas de información geográfica son utilizados por las municipalidades para visualizar los mapas de valores de terrenos, el mapa de vías y el mosaico catastral de las fincas del distrito o del cantón. Estos insumos son capas que no tienen ningún tipo de relación.

Aparte de los avalúos que efectúan los profesionales en cuestión, las administraciones tributarias por ley deben recibir las declaraciones de bienes inmuebles que presentan los propietarios. Para este trámite, los funcionarios municipales deben calcular el valor del terreno de la propiedad con base a lo expuesto anteriormente; pero con la diferencia, que el funcionario municipal no hace inspección de campo, solamente en aquellos casos donde se manifieste incertidumbre sobre algún dato. Es importante resaltar, que los cálculos que produce el programa VALORA no son respaldados en una base de datos. Si se pretende calcular de nuevo el valor del terreno de una finca se tiene que volver a ingresar todos los datos. Este programa no permite editar los datos, funciona como una simple calculadora. Por lo que, con un sistema de información geográfico se generaría una base de datos que permitirá respaldar, editar y dar mantenimiento a los cálculos realizados.

El SIG es utilizado por los municipios simplemente para visualizar alguna información predial; por ejemplo, hacer consultas sobre la información jurídica de una finca, visualizar el plano catastrado, ver fotografías de las fachadas de los inmuebles, etc. En el país no hay una aplicación de valoración de terrenos urbanos basada en un modelo SIG; y que, por lo tanto, las valoraciones no se hacen con la prontitud y la eficiencia que se harían si existiese esta herramienta. Por lo que, se propone diseñar una aplicación que permita valorar terrenos urbanos directamente sobre un SIG personalizado, permitiéndole al usuario trabajar en una plataforma gráfica amigable, eficiente, productiva y con el debido respaldo de los cálculos efectuados.

JUSTIFICACIÓN

Con una aplicación personalizada en un SIG las municipalidades podrían valorar los terrenos abarcando un amplio territorio (lo ideal sería valorar un distrito completo durante el periodo fiscal) en el menor tiempo posible, a aquéllas fincas en donde el propietario no haya efectuado la declaración de su propiedad en los últimos cinco años, según la Ley del Impuesto sobre Bienes Inmuebles (Ley No. 7509, 1995). Actualmente, casi todas las municipalidades hacen avalúos de fincas en forma aislada, por sectores, por áreas estratégicas (los lugares más valiosos), y otros; sin abarcar todo el distrito, creando injusticia tributaria; ya que, existirán fincas con valores actualizados y otras fincas con valores desactualizados durante algunos o muchos periodos fiscales (del primero de enero al 31 de diciembre).

Por lo tanto, a partir de una aplicación personalizada que se ejecute en un Sistema de Información Geográfico se pasaría de un cálculo manual, poco eficiente a un cálculo automático, eficiente, y amigable con un interface gráfico que le facilitaría al usuario determinar el valor del terreno. Lo ideal sería que se calcule el valor del terreno aplicando un simple click sobre el predio a valorar.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una aplicación en un sistema de información geográfica, que permita valorar terrenos urbanos para efectos fiscales en un sector de San Pablo de Heredia, a partir de información geoespacial.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar los componentes geoespaciales que proporcionen los insumos básicos en la valoración de los terrenos urbanos.

Diseñar un modelo que permita calcular los parámetros del terreno a valorar a partir de información geoespacial.

Calcular los parámetros de ponderación de cada una de las variables del terreno, según la zona homogénea que le corresponda.

Determinar el valor y el impuesto de cada uno de los terrenos urbanos.

MARCO TEÓRICO

Ley No. 7509, su reforma Ley No. 7729 del Impuesto sobre Bienes Inmuebles y su reglamento

La Ley No. 7509 se publica en el Diario Oficial La Gaceta el 19 de junio de 1995 (Ley No. 7509, 1995). Debido a una serie de inconsistencias, injusticias y dudas sobre su aplicación, se reforma dicha ley, con la Ley No. 7729 el 15 de diciembre de 1997. Posteriormente, se publica el reglamento de dicho impuesto en la Gaceta No. 18 del 27 de enero de 1999 (Sevilla, 2013)

A continuación, se exponen los aspectos más relevantes de la Ley del Impuesto sobre Bienes Inmuebles:

Establecimiento del Impuesto

El Impuesto sobre Bienes Inmuebles (IBI) se establece completamente a favor de las 82 municipalidades del país, más los 8 Concejos de Distrito (Lepanto, Cóbano, Paquera, Monteverde, Tucurrique, Cervantes, San Ramón de Peñas Blancas y Colorado).

Objeto del Impuesto

El objeto del IBI se refiere a los terrenos, las construcciones, instalaciones y obras complementarias fijas y permanentes en todo el territorio del país (Ley No. 7509, 1995).

Competencia de las Municipalidades

Las municipalidades del país tendrán el carácter de administraciones tributarias. Las funciones otorgadas por la ley son: administrar, facturar, recaudar, tramitar cobros judiciales y valorar las propiedades de su jurisdicción (Ley No. 7509, 1995).

Sujetos Pasivos del Impuesto

Los sujetos pasivos del IBI son: los propietarios con título inscrito en el Registro de la Propiedad de Bienes Inmuebles, los poseedores de inmuebles que no estén inscritos en el Registro de la Propiedad de Bienes Inmuebles, los concesionarios, los permisionarios o los ocupantes de la Zona Marítima Terrestre, los Parceleros del Instituto de Desarrollo Agrario, etc.

Base Imponible

La Base Imponible corresponde a los valores registrados o valores fiscales de todas las fincas de un cantón, que tenga la administración tributaria al primero de enero del año en curso. A partir de la base imponible o valor registrado es que la administración tributaria aplica la tarifa o porcentaje del impuesto de bienes inmuebles.

Porcentaje del Impuesto

El porcentaje que indica la ley es de 0.25% (Ley No. 7509, 1995); es decir, por cada millón registrado, la administración percibirá ¢2.500,00 por periodo fiscal. El periodo fiscal está comprendido entre el 1 de enero al 31 de diciembre. Los contribuyentes podrán realizar los debidos pagos cada tres meses; de enero a marzo, de abril a junio, de julio a septiembre y de octubre a diciembre.

Valoración de Bienes Inmuebles

De acuerdo con la ley, todo inmueble debe ser valorado (Ley No. 7509, 1995). Los inmuebles se valorarán conforme a una valoración general, y al producirse alguna de las causas que implique la modificación del valor registrado. La valoración general se realizará cada cinco años, y abarcará al menos a todos los inmuebles de un distrito del cantón respectivo.

Declaración de Bienes Inmuebles

Los sujetos pasivos tienen la obligatoriedad de declarar sus propiedades, por lo menos cada cinco años (Ley No. 7509, 1995). El valor declarado por los sujetos pasivos servirá como base del impuesto sobre bienes inmuebles, si no se corrigiere dentro del periodo fiscal siguiente del periodo en que se presentó la declaración del bien inmueble. No obstante, el valor de la declaración de bienes inmuebles puede modificarse por medio de un avalúo, cuando el municipio no esté de acuerdo con el valor declarado por el contribuyente.

Órgano de Normalización Técnica

Con la reforma de la Ley No. 7729, artículo 12, se crea el ONT, el cual está adscrito al Ministerio de Hacienda. El Órgano de Normalización Técnica fue creado principalmente para el asesoramiento de las municipalidades; es un órgano técnico especializado, que trata de garantizar mayor precisión y homogeneidad en la determinación de valores de los bienes inmuebles a nivel nacional (Ley No. 7729, 1997).

Algunas de las atribuciones que le otorga la Ley de Bienes Inmuebles al ONT son las siguientes:

- a. Establecer las disposiciones generales en materia de valoración.

- b. Presentar a las municipalidades los métodos de valoración de terrenos y construcciones.
- c. Diseñar los Mapas o Plataforma de Valores Unitarios de Terreno para cada uno de los cantones del país.
- d. Diseñar y actualizar la Tabla de Valores Unitarios por Tipología Constructiva; que incluya los diferentes tipos de construcciones, instalaciones y obras complementarias.
- e. Proporcionar a las municipalidades un programa de cálculo de valores de terreno y de construcciones.
- f. Analizar y recomendar a las municipalidades la calidad de los avalúos, e indicar las correcciones pertinentes.
- g. Recomendar directrices, disposiciones o lineamientos sobre la metodología de trabajo en la referente a la administración del Impuesto de Bienes Inmuebles (Ley No. 7729, 1997).

Método de Valoración de Fincas Urbanas

A continuación, se presenta el método de valoración de bienes inmuebles para fincas urbanas diseñado por el ONT (ONT, 1999), el cual será el insumo primordial para el presente trabajo de graduación. Este método fue publicado por el Órgano de Normalización Técnica del Ministerio de Hacienda, en la Gaceta No. 232 del 30 de noviembre del 1999 (ONT, 1999). Además, el ONT publicó los “Factores de Afectación usados por el VALORA” (ONT, 2015).

Método Comparativo o Sintético

Este método es aplicable exclusivamente a los terrenos, consiste en comparar las características y el valor de un lote tipo o de referencia predominante en la zona con relación a las características del bien inmueble por valorar. Por ejemplo, se compara el

área del lote a valorar con el área del lote tipo, se compara el frente del lote a valorar con el frente del lote tipo; así sucesivamente con los demás parámetros (ONT, 1999).

Zona Homogénea: conjunto de bienes inmuebles que tienen las mismas características, en cuanto a uso y desarrollo. Toda zona homogénea tiene un lote tipo (ONT, 1999).

Lote Tipo: es el lote más común de una determinada zona de terreno. El lote tipo está constituido por: el valor unitario base o de referencia, las variables intrínsecas y las variables extrínsecas (ONT, 1999).

Valor Unitario Base o de Referencia: corresponde al valor unitario de terreno del lote tipo (valor por metro cuadrado de terreno) (ONT, 1999).

Variables Intrínsecas: características físicas del terreno: área, frente, pendiente, nivel, forma y ubicación (ONT, 1999).

Variables Extrínsecas: características cualitativas de la zona: tipo de vía, servicios públicos disponibles cañería, electricidad, teléfono, alumbrado público, acera y cordón y caño (ONT, 1999).

Variables Independientes: corresponde a las variables intrínsecas más variables extrínsecas (ONT, 1999).

Factor: influencia de cada variable expresada en un valor adimensional.

Factor de Modificación o de Ajuste: corresponde a la ponderación o multiplicación de cada uno de los factores de las variables independientes (ONT, 1999).

Fórmula 1. Factor de Modificación

$$F_m = F_{ec} * F_{fc} * F_{rc} * F_{pc} * F_{nc} * F_{uc} * F_{tvc} * F_{s1c} * F_{s2c} \text{ (ONT, 1999)}$$

F_m = Factor de Modificación o Ajuste

F_{ec} = Factor de extensión comparativo

F_{fc} = Factor de frente comparativo

F_{rc} = Factor de regularidad comparativo

F_{pc} = Factor de pendiente comparativo

F_{uc} = Factor de ubicación comparativo

F_{nc} = Factor de nivel comparativo

F_{tvc} = Factor de tipo de vía comparativo

F_{s1c} = Factor de servicios 1 comparativo

F_{s2c} = Factor de servicios 2 comparativo

Más adelante se explicarán cada uno de estos factores comparativos.

Variable Dependiente: corresponde al valor unitario del terreno, el cual depende de la ponderación de las variables independientes y del valor unitario del lote tipo o de referencia (ONT, 1999). La ponderación consiste en comparar los parámetros del lote a valorar y los parámetros del lote tipo, dando como resultado un valor numérico adimensional.

Fórmula 2. Valor Unitario del Lote a Valorar

$$V_{lv} = V_{lt} * F_m \text{ (ONT, 1999)}$$

V_{lv} = Valor unitario del lote a valorar

V_{lt} = Valor Unitario del lote tipo

Existen otras variables que pueden afectar en forma particular el valor de un inmueble, por ejemplo: condiciones de seguridad, nivel socioeconómico de los pobladores del sector, aspecto panorámico, problemas de contaminación ambiental y sónica, etc. El valor unitario

del lote tipo de una zona homogénea debería contemplar la influencia de alguna o varias de estas variables. Si no se considera la influencia de estas variables en el valor unitario del lote tipo, el perito debe realizar un estudio por separado con el fin de obtener el debido valor.

A continuación, se presentan las fórmulas que permiten calcular el grado de ponderación de cada una de las variables independientes. Estas fórmulas son producto del estudio y análisis matemático y estadístico realizado por el Ministerio de Hacienda en la valoración de propiedades (ONT, 1999). Este método se aplica actualmente en la valoración de propiedades con fines fiscales en todas las municipalidades del país. El detalle del método de valoración de terrenos se encuentra disponible en las municipalidades.

Fórmula 3. Factor Extensión Comparativo

Para el cálculo del factor extensión comparativo se necesita evaluar el área del terreno a valorar y el área del lote tipo.

$$F_{ec} = A_{lt}^{\beta} / A_{lv}^{\alpha} \quad (\text{ONT, 1999})$$

F_{ec} = Factor extensión comparativo

A_{lt} = Área del lote tipo (obtenida de la zona homogénea)

A_{lv} = Área de la finca a valorar

β = Factor exponencial determinado a partir de la finca a valorar

α = Factor exponencial determinado a partir del lote tipo

Tabla 1. Cálculos de los exponenciales α, β

Caso	Intervalo de Área	Cálculo de α, β
1°	$< 30,000 \text{ m}^2$	0.33
2°	$\geq 30,000 \text{ m}^2, \leq 100,000 \text{ m}^2$	$0.364 - (0.00000113 * \text{ÁREA})$
3°	$> 100,000 \text{ m}^2$	$0.275 - (0.00000025 * \text{ÁREA})$

(ONT, 1999)

Los exponenciales α y β se colocan en forma invertida. El exponencial α determinado a partir del lote tipo, se utiliza como exponencial del terreno a valorar y viceversa. En otras palabras, esta tabla se aplica dos veces, primeramente se calcula el coeficiente α , a partir del área del lote tipo (sustituyendo al parámetro ÁREA); y en seguida, se calcula el coeficiente β , a partir del área del lote a valorar (sustituyendo al parámetro ÁREA).

De acuerdo a ésta función matemática el valor unitario es inversamente proporcional al área. A mayor área menor será el valor unitario. Y a menor área mayor será el valor unitario de terreno. Si las dos áreas son iguales el factor extensión comparativo sería igual a uno.

Fórmula 4. Factor Frente Comparativo

Para el cálculo del factor frente comparativo se necesita evaluar el frente del terreno a valorar y el frente del lote tipo.

$$F_{fc} = (F_{lv} / F_{lt})^y \text{ (ONT, 1999)}$$

F_{fc} = Factor frente comparativo

F_{lv} = Frente del lote a valorar

F_{lt} = Frente del lote tipo (obtenido de la zona homogénea)

y = Coeficiente exponencial

Tabla 2. Cálculo del coeficiente y

Caso	Frente mayor entra ambos lotes	Valor de y
1°	≤ 30 metros	0.25
2°	> 30 metros, ≤ 200 metros	$0.2585 - (\text{Frente mayor} * 0.0003)$
3°	> 200 metros, ≤ 480 metros	$0.215 - (\text{Frente mayor} * 0.000009)$
4°	> 480 metros	0.17

(ONT, 1999)

El exponencial y se calcula con base al mayor frente entre los lotes. Se compara el frente del lote tipo con el frente principal del lote a valorar y, se utiliza el que sea mayor para realizar el cálculo.

Conforme a ésta fórmula el valor unitario es directamente proporcional al frente; a mayor frente mayor será el valor unitario (siempre que sea aprovechable). Y a menor frente menor será el valor unitario. Si los dos frentes son iguales el factor frente comparativo sería igual a uno.

Fórmula 5. Regularidad del Lote a Valorar

Para el cálculo de la regularidad del lote a valorar se aplica la siguiente fórmula:

$$R_{lv} = A_{lv} / A_{mrc} \text{ (ONT, 1999)}$$

R_{lv} = Regularidad del lote a valor

A_{lv} = Área del lote a valorar

A_{mrc} = Área del menor rectángulo circunscrito

Para el cálculo del A_{mrc} se traza una línea a partir del lado mayor del polígono del predio a valorar. Posteriormente, se orienta el predio al norte, de acuerdo a la línea del lado mayor.

Seguidamente se obtiene el delta norte máximo y el delta este máximo. Por último, se multiplica el delta norte máximo por el delta este máximo con el fin de obtener el rectángulo, de tal forma, que la figura del polígono del terreno a valorar se encuentre inscrito dentro de éste. Para el cálculo del A_{mrc} se necesita la posición planimétrica de cada uno de los puntos que conforman el predio a valorar, el azimut y distancia de sus linderos. Si la forma del lote tipo es igual a la forma del lote a valorar el factor regularidad comparativo sería igual a uno.

Fórmula 6. Factor Regularidad Comparativo

Para el cálculo del factor regularidad comparativo se necesita evaluar la regularidad o forma del terreno a valorar y la regularidad o forma del lote tipo.

$$F_{rc} = R_{lv}^{\rho} / R_{lt}^{\eta} \quad (\text{ONT, 1999})$$

F_{rc} = Factor regularidad comparativo

R_{lv} = Regularidad del lote a valorar

R_{lt} = Regularidad del lote tipo (obtenida de la zona homogénea)

ρ, η = Coeficientes

Tabla 3. Cálculo de los coeficientes ρ, η

Caso	Rango de Área (m ²)	Exponentes ρ, η
1°	< 500	0.50
2°	≥ 500, < 1,500	0.33
3°	≥ 1,500; < 50,000	0.25
4°	≥ 50,000; < 200,000	0.15
5°	≥ 200,000	0.10

(ONT, 1999)

Los coeficientes ρ, η se calculan a partir área del lote a valorar y el área del lote tipo respectivamente.

Un terreno rectangular es totalmente aprovechable, y por ende, más valioso que otro terreno de forma irregular.

Fórmula 7. Factor Pendiente Comparativo

Para el cálculo del factor pendiente comparativo se necesita evaluar la pendiente o topografía del terreno a valorar y la pendiente lote tipo.

$$F_{pc} = e^{((P_{lt}-P_{lv}) / 78)} \quad (\text{ONT, 1999})$$

F_{pc} = Factor pendiente comparativo

P_{lt} = Pendiente del lote tipo en porcentaje (obtenida de la zona homogénea)

P_{lv} = Pendiente de lote a valorar en porcentaje

La pendiente mide la inclinación del terreno con respecto a un plano horizontal. A mayor pendiente el valor del terreno disminuye. Por ejemplo, un terreno plano es más valioso que un terreno quebrado. Asimismo, un terreno con una inclinación de 45 grados tendrá una pendiente de un 100%.

La pendiente del lote a valorar se obtiene dividiendo la distancia vertical entre la distancia horizontal. El resultado anterior se multiplica por cien.

Si la pendiente del lote a valorar es igual a la pendiente del lote tipo el factor pendiente comparativo sería igual a uno.

Fórmula 8. Factor Nivel Comparativo

Para el cálculo del factor nivel comparativo se necesita evaluar el nivel del terreno a valorar y el nivel del lote tipo.

$$F_{nc} = e^{((K_1 * N_{lv}) - (K_2 * N_{lt}))} \text{ (ONT, 1999)}$$

F_{nc} = Factor nivel comparativo

N_{lv} = Nivel del lote a valorar

N_{lt} = Nivel del lote tipo (obtenido de la zona homogénea)

k_1 = constante de nivel del lote a valorar

k_2 = constante de nivel del lote tipo

Los valores de k_1 y k_2 están en función de la orientación del nivel. El bajo nivel tiene un valor de -0.05, y para el sobre nivel un valor de -0.03. El nivel se mide en forma vertical a partir del nivel de la calle pública o servidumbre de paso y el nivel del terreno a valorar.

Un lote que se encuentre bajo nivel es menos deseable que uno que se encuentre sobre nivel de la calle pública. Asimismo, un terreno que se encuentre a nivel de la calle pública tendrá un valor mayor que un terreno que se encuentre sobre o bajo nivel de la calle pública.

Si el nivel del lote a valorar es igual al nivel del lote tipo el factor nivel comparativo sería igual a uno.

Fórmula 9. Factor Ubicación Comparativo

Para el cálculo del factor ubicación comparativo se necesita evaluar la ubicación del terreno a valorar y la ubicación del lote tipo.

$$F_{uc} = e^{((k * (U_{lv} - 5)))} \text{ (ONT, 1999)}$$

F_{uc} = factor ubicación comparativo

U_{lv} = Ubicación del lote a valorar.

5 = ubicación del lote tipo

k = constante de ubicación

La constante k está definida por la siguiente tabla:

Tabla 4. Definición de la constante “k”

Sector	K
Comercial	-0.111
Residencial	-0.0255

(ONT, 1999)

Para aplicar adecuadamente este factor se debe tener cuidado en considerar la ubicación y la superficie; ya que, en las fincas a valorar (comercial o residencial) con áreas mayores al área del lote tipo y cuya ubicación es menor a cinco deben ser ajustadas. De no presentarse tal situación, se aplica exclusivamente la fórmula F_u .

Fórmula 10. Factor Ubicación Ajustado

$$F_{ua} = ((F_u - 1) * (A_{lt} / A_{lv})) + 1 \text{ (ONT, 1999)}$$

A_{lt} = Área del lote tipo (obtenido de la zona homogénea)

A_{lv} = Área del lote a valorar

Tabla 5. Ubicación en Manzana

Ubicación	Código
Manzanero	1
Cabecero	2
Esquinero	3
Medianero con 2 frentes	4
Medianero con 1 frente	5
Callejón Lateral	6
Callejón Fondo	7
Servidumbre	8

(ONT, 1999)

Un lote manzanero es aquel que abarca toda una cuadra o bloque.

Un lote cabecero es aquel que tiene tres frentes en forma consecutiva.

Un lote esquinero es aquel que tiene dos frentes en forma consecutiva.

Un lote medianero de dos frentes es aquel que tiene dos frentes en forma opuesta, por ejemplo el lote que atraviesa una manzana.

Un lote medianero de un frente es aquel que tiene un solo frente.

Un lote en callejón lateral es aquel que tiene un frente a un costado de una calle pública sin salida. La calle pública es angosta, y no tiene una rotonda o martillo que le permita a los vehículos hacer el giro correspondiente.

Un lote en callejón fondo es aquel que tiene un frente al final de una calle pública sin salida. La calle pública es angosta, y no tiene una rotonda o martillo que le permita a los vehículos hacer el giro correspondiente.

Un lote en servidumbre es aquel que tiene frente a una servidumbre de paso, la cual es un acceso privado.

El lote manzanero es el más valioso de todos. En cambio, el lote en servidumbre es el menos valioso. Cuanto mayor es el código ordinal menor será el valor del terreno.

Si la ubicación de lote a valorar es igual cinco el factor ubicación comparativo sería igual a uno (ONT, 1999).

Fórmula 11. Factor Vía Comparativo

Para el cálculo del factor vía comparativo se necesita evaluar la vía del terreno a valorar y la vía del lote tipo.

$$F_{tvc} = e^{((V_{lt} - V_{lv}) * 0.0646)} \text{ (ONT, 1999)}$$

F_{tvc} = Factor tipo de vía comparativo

V_{lv} = Vía de lote a valorar

V_{lt} = Vía de lote tipo (obtenido de la zona homogénea)

Tabla 6. Tipo de Vía

Vía	Código
Son aquellas vías que se ubican en los sectores más valiosos y de mayor desarrollo comercial. Además, tendrán las mejores características, en cuanto a aspectos como materiales, estado, ancho, etc.	1
Corresponden a aquellas vías que se ubican en las zonas comerciales de menor desarrollo y las zonas industriales que deben soportar tránsito. Son similares a las anteriores en cuanto a sus características.	2
Este tipo de vía se localiza en las zonas residenciales y en aquellas de transición residencial – comercial y en cuanto a sus características son similares a las anteriores.	3
Son las vías que se localizan en sectores residenciales, industriales y agropecuarios. De lastre fino y permiten la circulación a todo tipo de vehículos. Únicamente en zonas urbanas, algunos tipos de servidumbre por sus características ancho, tipo de material, tipo de acceso a los inmuebles se clasifican en esta categoría.	4
Son las vías que se localizan en sectores residenciales, industriales y agropecuarios. De lastre mezclado con material más grueso tipo piedra de río o material arenoso principalmente y permiten la circulación a todo tipo de vehículos.	5
De tierra y permiten la circulación de vehículos durante todo el año.	6
De tierra y permiten la circulación de vehículos solo durante la época seca.	7
Son los caminos, antiguas trochas madereras, que no permiten el paso de	8

vehículos de cuatro ruedas, solo para carretas, bestias, peatones. También se incluye en esta categoría la playa cuando es la única vía de acceso.	
Son las vías angostas (servidumbre o alameda y aceras).	9
Son los ríos, canales, esteros o mar (tipo fluvial), cuando es la única vía de acceso a estos inmuebles.	10
Es la vía férrea, cuando son la única vía de acceso a estos inmuebles.	11

(ONT, 1999)

La vía más valiosa es la uno; en cambio la vía menos valiosa es la once (la vía férrea).
Cuanto mayor es el código ordinal menor será el valor del terreno.

Si el tipo de vía del lote a valorar es igual al tipo de vía del lote tipo el factor tipo comparativo sería igual a uno.

Fórmula 12. Factor Servicios 1 Comparativo

Para el cálculo del factor servicios 1 comparativo se necesita evaluar los servicios 1 del terreno a valorar y los servicios 1 del lote tipo.

$$F_{s1c} = e^{((S_{1lv} - S_{1lt}) * 0.03)} \text{ (ONT, 1999)}$$

F_{s1c} = Factor servicios 1 comparativo

S_{1lv} = Servicios 1 de lote a valorar

S_{1lt} = Servicios 1 del lote tipo (obtenido de la zona homogénea)

Los servicios 1 corresponden a la acera y al cordón y caño.

Tabla 7. Servicios 1

Acera	Cordón y Caño	Código
0	0	1
0	1	2
1	0	3
1	1	4

(ONT, 1999)

El valor de 1 significa la existencia del servicio. Por ejemplo, si una propiedad tiene acera se le asigna un 1.

El valor de 0 significa la no existencia del servicio. Por ejemplo, si una propiedad no tiene cordón y caño, se le asigna un 0.

Un inmueble que tenga acera y cordón y caño es más valioso que aquél que no tenga ni acera ni cordón y caño. Cuanto mayor es el código ordinal mayor será el valor del terreno. Si los servicios 1 del lote a valorar es igual a los servicios 1 del lote tipo, entonces el factor servicios 1 comparativo sería igual a uno.

Fórmula 13. Factor Servicios 2 Comparativo

Para el cálculo del factor servicios 2 comparativo se necesita evaluar los servicios 2 del terreno a valorar y los servicios 2 del lote tipo.

$$F_{s2c} = e^{((S_{2lv} - S_{2lt}) * 0.03)} \quad (\text{ONT, 1999})$$

F_{s2c} = Factor servicios 2 comparativo, S_{2lv} = Servicios 2 de lote a valorar

S_{2lt} = Servicios 2 del lote tipo (obtenido de la zona homogénea)

Tabla 8. Servicios 2

Alumbrado Público	Teléfono	Electricidad	Cañería	Código
0	0	0	0	1
1	0	0	0	2
0	1	0	0	3
0	0	1	0	4
0	0	0	1	5
1	1	0	0	6
1	0	1	0	7

1	0	0	1	8
0	1	1	0	9
0	1	0	1	10
0	0	1	1	11
1	1	1	0	12
1	1	0	1	13
1	0	1	1	14
0	1	1	1	15
1	1	1	1	16

Los servicios 2 corresponden a la cañería, electricidad, teléfono y alumbrado público.

Un inmueble que tenga cañería, electricidad, teléfono y alumbrado público es más valioso que aquél que no tenga ningún servicio 2. Cuanto mayor es el código ordinal mayor será el valor del terreno.

Si los servicios 2 del lote a valorar es igual a los servicios 2 del lote tipo, entonces el factor servicios 2 comparativo sería igual a uno.

Se han explicado con detalle, las fórmulas que permiten valorar adecuadamente los terrenos urbanos para efectos fiscales. Como se indicó al principio de este apartado, estas fórmulas fueron proporcionadas por el Órgano de Normalización Técnica del Ministerio de Hacienda.

Este modelo de valoración dado por el ONT se aplica en todas las municipalidades del país. Por lo que, con la creación de la aplicación en un Sistema de Información Geográfico, se podría valorar terrenos urbanos en cualquier parte del país.

Sistema de Información Geográfica

En esta apartado se exponen los aspectos más relevantes de un sistema de información geográfica; insumo que permitirá desarrollar la aplicación propuesta anteriormente:

Un sistema de información geográfica - SIG está conformado por varios componentes fundamentales: equipo, programas y datos geográficos georreferenciados; que permite capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar información geográfica con el propósito de resolver diferentes tipos de problemas científicos, de planificación, de gestión, sociales, etc. (Laurini R y Trompson D, 1994).

En un Sistema de Información Geográfica la información está organizada en dos grandes grupos de datos: espaciales y de atributos.

Los datos espaciales se dividen en el Modelo Vectorial y en el Modelo Raster.

El Modelo Vectorial los datos se representan por medio de puntos: pares de coordenadas x, y, líneas: serie de puntos y polígonos: conjunto de líneas que empiezan de un punto y terminan en el punto inicial, (Laurini R y Trompson D, 1994). Cada una de estas figuras geométricas conforma una capa gráfica de información georreferenciada. Por ejemplo: los puntos pueden representar lugares específicos, hidrantes, postes de luz y alumbrado, puntos geodésicos, poblados, etc. Las líneas pueden representar ríos, quebradas, calles, autopistas, etc. En cambio, los polígonos pueden representar áreas o superficies; como provincias, cantones, distritos, predios, parcelas, etc.

En el Modelo Raster los datos se almacenan por celdas, cuadrículas o pixeles. Las dimensiones de los pixeles son muy importantes cuando se pretende representar algún elemento o fenómeno de la superficie terrestre. El tamaño del pixel debe estar muy relacionado a las dimensiones del área mínima a ser espacialmente representada. Los datos

raster provienen por lo general de una imagen satelital, una fotografía, una ortofoto e inclusive de la conversión de una capa vectorial a una capa raster (Saborío J, 2016).

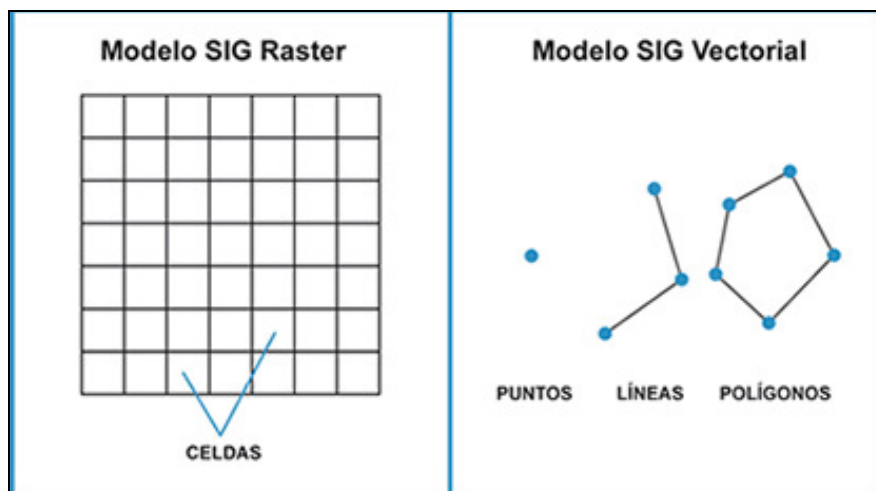


Ilustración 1. Modelo Raster y Modelo Vectorial

La sobreposición de datos ya sean vectoriales o raster arroja información muy valiosa para el estudio y análisis de algún fenómeno o hecho en particular. Esta sobreposición da como resultado una nueva capa geográficamente georreferenciada.

A continuación, se presentan algunas ventajas y desventajas entre el Modelo Vectorial y el Modelo Raster:

Tabla 9. Modelo Raster versus Modelo Vectorial

Modelo Raster	Modelo Vectorial
Estructura de datos simple	Estructura de datos compleja
Sobreposición fácil y eficiente	Difícil realizar sobreposiciones
Compatible con imágenes satelitales	No compatible con imágenes satelitales
Eficiente representación de la alta variabilidad	Ineficiente representación de la alta

espacial	variabilidad espacial
Análisis de redes difícil de realizar	Análisis de redes fácil de realizar
Errores en perímetros y superficies. Se pierde información cuando se aplica pixeles muy grandes. Las transformaciones de proyección son ineficientes. Mapas de salida poco precisos.	Los cálculos son muy precisos. Los mapas de salidas son altamente precisos.

(Saborío J, 2016)

El modelo de datos de atributos del SIG está constituido por una tabla literal o tabular, la cual tiene por lo general, una serie de atributos o campos relacionados a cada una de las capas del proyecto conformado (Lizano M, 2016). Por ejemplo: para la capa de puntos geodésicos se tienen como atributos el ID (identificador), Nombre del punto, Altura, Descripción, Etc. Otro ejemplo: para la capa de cantones se tienen como atributos el ID, Nombre del Cantón, Nombre de la Provincia, Área en Hectáreas y Población. Asimismo, en un sistema de información geográfica se puede crear o añadir tablas de atributos que no le pertenecen a ninguna capa; es decir, son simplemente datos tabulares literales.

Tabla 10. Modelo de Atributos de los Cantones de Costa Rica

ID	CANTÓN	PROVINCIA	ÁREA	POBLACION_2011
01	ABANGARES	GUANACASTE	316.873	18039
02	ACOSTA	SAN JOSÉ	34175.949	20209
03	ALAJUELA	ALAJUELA	39121.908	254567
04	ALAJUELITA	SAN JOSÉ	2148.638	77801

Lenguaje de Programación

Un lenguaje de programación es la forma que le permite al usuario comunicarse con la computadora. El usuario crea o diseña un conjunto de procesos que el ordenador los interpreta y los ejecuta, minimizando tiempo y costos. Prácticamente, la computadora

ejecuta los procesos casi en forma instantánea, dependiendo del tipo y cantidad de información. Todo lenguaje de programación debe tener instrucciones para la entrada de datos y salida de información, para el cálculo de procesos, manipulación de textos, lógica y comparación y para el almacenamiento y recuperación de información (Vargas M, 2016).

En la actualidad existen más de 500 lenguajes de programación que les permiten a sus usuarios ejecutar una serie de tareas propias del quehacer humano (Vargas M, 2016). A continuación, se presenta uno de los lenguajes de programación más populares utilizados hoy en día: Python.

Python

Python es un lenguaje de programación interpretado de alto nivel y de propósito general creado en 1991 por Guido Van Rossum nacido en los Países Bajos. Este lenguaje es un software libre de código abierto, que funciona para diferentes plataformas y sistemas operativos, por ejemplo: Windows, Linux, Mac y Android. Python es un lenguaje que se utiliza para programar aplicaciones de diversos tipos: aplicaciones de escritorio, programación científica, sistemas basados en Web, etc. (Vargas M, 2016). La página oficial de Python es www.python.org.

En la actualidad, Python es un lenguaje fácil y potente utilizado en aplicaciones científicas, en el desarrollo de aplicaciones geoespaciales y como lenguaje scripting (digitación de instrucciones en un editor) en diferentes sistemas de información geográfico como ArcGis, QGIS y gvSIG (Vargas M, 2016).

Python es un lenguaje utilizado en un sistema de información geográfica para programar procesos simples, moderados y muy complejos de una serie de hechos de la vida real. Para el proyecto por realizarse se utilizará dicho lenguaje para crear una aplicación que permita determinar el valor del terreno, a partir de capas relacionadas con las variables que conforman el modelo de valoración de terrenos urbanos del ONT. Por lo que, será necesario hallar la forma de comparar el área, el frente, la forma, pendiente, ubicación,

nivel, tipo de vía, servicios 1, servicios2 del terreno a valorar con las variables del lote tipo de la zona homogénea.

PyQGis

PyQGis es la integración de Python con QGis, que le permite al usuario el desarrollo de aplicaciones en QGis, utilizando un lenguaje de programación sencillo para la creación de código o scripts como lo es Python. PyQGis está basado en el uso de la QGIS API (Interfaz de programación de aplicaciones de QGIS), la cual tiene a disposición de una serie de métodos que se integran en clases,

METODOLOGÍA

Es este apartado se proporcionará la metodología que permitirá diseñar la aplicación para la valoración de terrenos urbanos con efectos fiscales.

Los 9 parámetros del terreno a valorar se calculan a partir de capas vectoriales de polígonos y de líneas.

De la capa de polígonos de predios o mosaico catastral se calcula el Área y la Forma o Regularidad.

De la intersección de la capa de predios con la capa lineal de vías se calcula el Frente, la Ubicación y el Tipo de Vía.

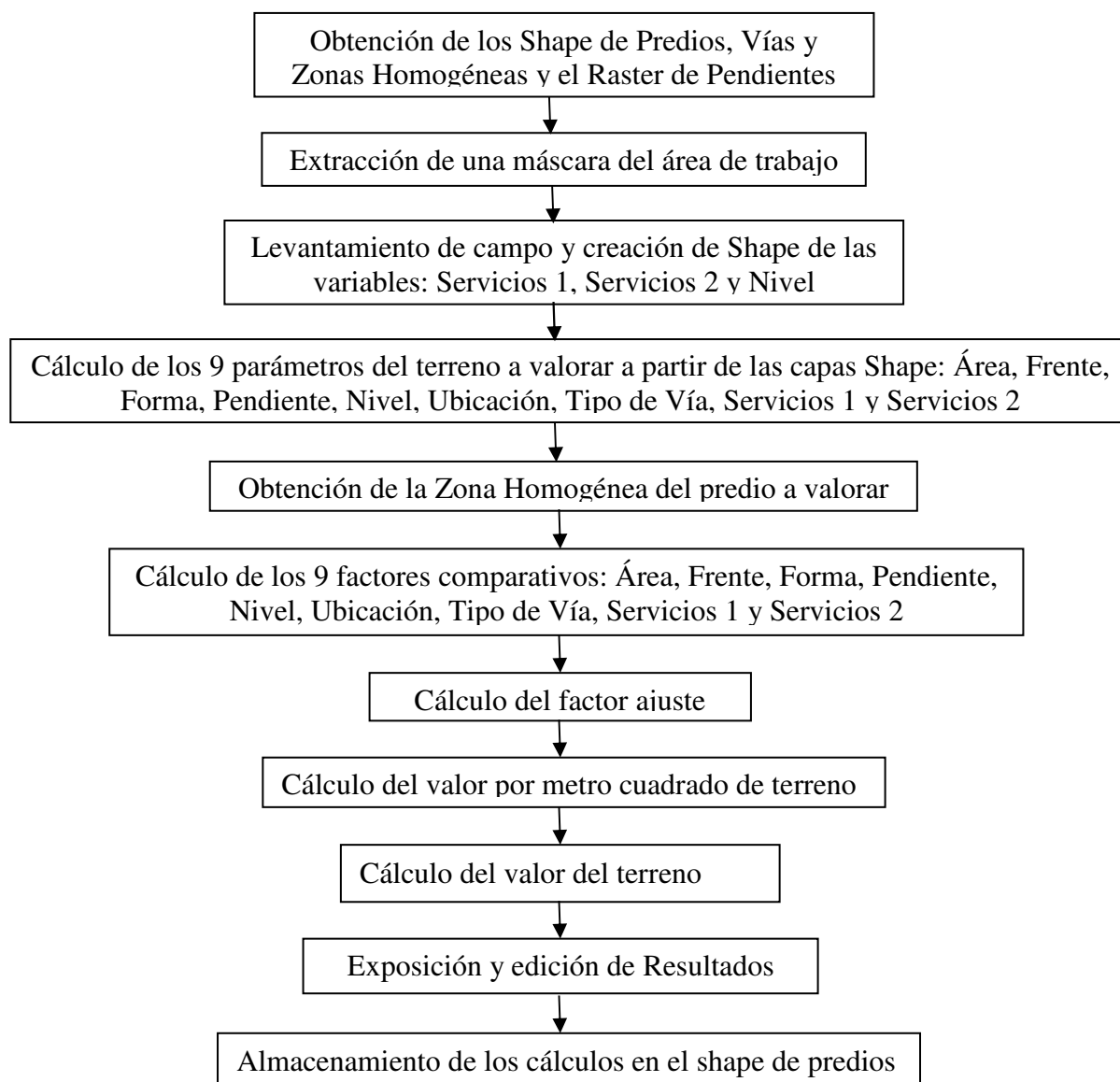
De la capa de predios y la capa vectorial de polígonos de pendiente se calcula la Topografía o pendiente.

De la intersección de la capa de predios con la intersección de la capa de vías y la capa vectorial lineal de nivel se calcula el Nivel del terreno.

Por último, de la intersección de la capa de predios con la intersección de la capa de vías y de las capas vectoriales lineales de cada uno de los servicios 1 y 2, se determina el servicio de agua, electricidad, teléfono, alumbrado público, acera y cordón y caño.

Con el fin de cumplir con los objetivos planteados se diseñó el siguiente esquema que muestra las actividades a desarrollar:

Esquema 1. Actividad a Desarrollar



A continuación, se presentan una serie de actividades relacionadas con la obtención de los insumos necesarios, que serán la base para el diseño de la aplicación:

Mosaico Catastral Predial

En primera instancia, es necesario definir el área de trabajo (máscara) de algún sector del distrito primero de San Pablo de Heredia, que incluya algunos cuadrantes urbanos representativos. De estos cuadrantes es indispensable obtener la información geoespacial catastral (geométrica) de cada uno de sus predios. En otras palabras, se solicitó a la municipalidad el mosaico catastral, “Shape” o capa del distrito de San Pablo. Es deseable que el montaje de los predios sea lo más precisa (la topología debe ser la correcta); ya que de esta capa se necesitará obtener el área (de acuerdo con lo que indica el derrotero del plano catastrado), el frente, la ubicación y la forma del terreno a valorar. La capa predial se proyectó bajo el sistema de coordenadas CRTM05.

Mapa de Valores de Terreno por Zonas Homogéneas

Otro de los insumos básicos que se necesita para el proyecto es el Mapa de Valores de Terreno por Zonas Homogéneas del cantón de San Pablo; el cual fue publicado por el ONT en el año 2014. Este mapa es una capa o “Shape” que contiene el área geográfica de cada zona homogénea y los datos tabulares del lote tipo. Del lote tipo se necesita lo siguiente: valor por metro cuadrado, área, frente, forma, ubicación, pendiente, nivel, tipo de vía, servicios 1 y servicios 2. Cada uno de los datos del lote tipo se relacionarán con cada uno de los datos del terreno a valorar, con el fin de calcular los parámetros de ponderación de dichas variables indicados en el modelo de valoración del ONT. La capa de zonas homogéneas se proyectó bajo el sistema de coordenadas CRTM05.

Mapa de Vías

El ONT diseña para cada uno de los cantones del país un mapa de todos los tipos de vías que le corresponde a cada cantón. Este mapa de vías también se encuentra en formato “Shape”. Por lo que, de este mapa será necesario obtener el tipo de vía que le corresponde al lote a valorar. El mapa de vías y el mapa de zonas homogéneas se montan o sobreponen sobre el mosaico catastral con el fin de obtener el lote tipo y la vía que le corresponde al lote a valorar. La capa de vías se proyectó bajo el sistema de coordenadas CRTM05.

Capa raster de pendientes

La capa raster de pendientes en porcentajes es esencial para el cálculo de la pendiente promedio del terreno a valorar. Esta capa es otro insumo que tiene a disposición la Municipalidad de San Pablo de Heredia. Esta capa se convirtió en una capa vectorial de polígonos de pendientes. Posteriormente, a la capa de predios se le aplicó un clip a partir de la capa de polígonos de pendientes, con el fin de cortar y determinar la pendiente que le corresponde al lote a valorar. La capa de pendientes se proyectó bajo el sistema de coordenadas CRTM05.

Levantamiento de campo de las variables Nivel, Servicios 1 y Servicios 2

Para las variables del terreno a valorar: nivel, servicios 1 y servicios 2 se hizo un levantamiento de campo con el fin de diseñar las capas correspondientes de dichas variables. Estas capas fueron diseñadas en un shape de líneas.

Una vez obtenido los insumos básicos mencionados anteriormente, se procedió a desarrollar la aplicación que permitió calcular los parámetros de ponderación comparativos del área, frente, forma, ubicación, pendiente, nivel, tipo de vía, servicios 1 y servicios 2. Como se mencionó en el marco teórico para cada uno de los parámetros de ponderación comparativos se tienen un algoritmo matemático diseñado por el ONT.

Es importante destacar, que las variables del terreno no son datos tabulares digitados manualmente, sino que son calculados a partir de las capas suministradas por el ayuntamiento y por levantamiento de campo de las variables nivel, servicio 1 y servicios 2. Los datos del lote tipo de cada zona homogénea si son datos tabulares (suministrados por el ONT); ya que estos son la referencia para la valoración de terrenos urbanos. Como se mencionó anteriormente, para determinar la zona homogénea que le corresponde al terreno a valorar, se efectuó un montaje o intersección del predio o terreno a valorar con respecto a la capa de zonas homogéneas.

Cálculo de los parámetros de ponderación

Factor área comparativo

El área del terreno a valorar se obtiene directamente del polígono o geometría del mosaico catastral predial. Se creó un algoritmo que permita obtener las coordenadas planimétricas de cada uno de los puntos del predio a valorar. Posteriormente, se aplicó las fórmulas matemáticas que permita calcular el área de terreno. Con el área de terreno calculada y con el área del terreno del lote tipo obtenida de la zona homogénea se aplica el algoritmo definido por el ONT para el cálculo del factor área comparativo. Se creó una función específica en Python para el cálculo de dicho factor comparativo.

Factor frente comparativo

El frente del terreno a valorar se obtiene haciendo una intersección entre el predio (polígono) del mosaico catastral predial y la vía (línea) de la capa de vías. No obstante, la aplicación debe analizar cual frente seleccionará cuando un inmueble colinde con más de una vía pública o vía privada (servidumbre de paso). Por ejemplo, un lote manzanero tiene 4 frentes, un lote cabecero tiene 3 frentes, un lote esquinero tiene 2 frentes, medianero con 2 frentes, etc); ya que el frente corresponde a un único valor; y tampoco, se deben sumar

dos o más frentes a calle pública o servidumbre de paso. Posteriormente, de las calles seleccionadas se escoge la vía que tiene el valor ordinal menor (ya que es la vía más importante). En el caso de que las vías seleccionadas tengan la misma importancia, se selecciona el frente mayor. Por último, con base al frente del terreno del lote tipo de la zona homogénea se aplica el algoritmo definido por el ONT para el cálculo del factor frente comparativo. Se creó una función específica en Python para el cálculo de dicho factor comparativo.

Factor forma comparativo

La forma del terreno a valorar se calcula sobre la geometría del mosaico catastral predial. Para dicho cálculo se necesita calcular previa y necesariamente el Área de Menor Rectángulo Circunscrito (por sus siglas AMRC) del predio a valorar. Una vez calculado el AMRC, y con base al área del terreno del predio a valorar, se aplica la fórmula para calcular el factor forma del terreno a valorar (indicada en el marco teórico). Es importante rescatar, que la aplicación calcula la regularidad, sin importar si el terreno es rectangular o muy irregular (por ejemplo: para un triángulo el factor forma es de 0.5, para un rectángulo el factor forma es de 1, etc). Posteriormente, con base a la regularidad del terreno del lote tipo de la zona homogénea se aplica el algoritmo definido por el ONT para el cálculo del factor forma comparativo. Se creó una función específica en Python para el cálculo de dicho factor comparativo.

Factor pendiente comparativo

Para el cálculo de la pendiente o topografía del terreno a valorar se trabajó con la capa del mosaico catastral predial y la capa vectorial de polígonos de pendientes. Se realiza una intersección, entre el predio a valorar y la capa vectorial de polígonos de pendientes. Una vez realizada la intersección, se obtiene un polígono de pendientes del lote a valorar. Por último, con base a la pendiente del terreno del lote tipo de la zona homogénea se aplica el

algoritmo definido por el ONT para el cálculo del factor pendiente comparativo. Se creó una función específica en Python para el cálculo de dicho factor comparativo.

Factor ubicación comparativo

Para el cálculo de la ubicación que le corresponde al terreno a valorar se necesita hacer una intersección del predio de la capa del mosaico catastral predial con la capa de vías. Se crea un algoritmo de tal forma, que permita seleccionar la ubicación que le corresponda al terreno a valorar; ya sea manzanero (1), cabecero (2), esquinero (3), medianero con dos frentes (4), medianero con un frente (5), etc. (ver Tabla No. 5, Ubicación en Manzana). Aquí es importante mencionar, que la servidumbre de paso no es una vía pública. Por lo que, si un terreno colinda solamente con una servidumbre de paso su ubicación tendrá un código de 8. Si el predio a valorar colinda con una vía pública y una servidumbre de paso, su código será de 5. Posteriormente, con base a la ubicación del terreno del lote tipo de la zona homogénea se aplica el algoritmo definido por el ONT para el cálculo del factor ubicación comparativo. Se creó una función específica en Python para el cálculo de dicho factor comparativo.

Factor nivel comparativo

El nivel del terreno a valorar se obtiene haciendo una intersección del predio a valorar del mosaico catastral predial con la capa de nivel levantada en el campo. Posteriormente, con base al nivel del terreno del lote tipo de la zona homogénea se aplica el algoritmo definido por el ONT para el cálculo del factor nivel comparativo. Se creó una función específica en Python para el cálculo de dicho factor comparativo.

Factor tipo de vía comparativo

La vía del terreno a valorar se obtiene haciendo un montaje o intersección del predio a valorar de la capa del mosaico catastral predial con la capa de vías. El algoritmo a desarrollar considera cuando un inmueble tiene más de un frente; tomando en cuenta el tipo de vía más importante; en el caso de que se tenga dos tipos de vías diferentes. Si es el mismo tipo de vía, se selecciona cualquiera de los dos tipos de vía. El tipo de vía es un único valor ordinal que el corresponde a cada terreno a valorar (ver Tabla No. 6, Tipo de Vía). Posteriormente, con base al tipo de vía del terreno del lote tipo de la zona homogénea se aplica el algoritmo definido por el ONT para el cálculo del factor vía comparativo. Se creó una función específica en Python para el cálculo de dicho factor comparativo.

Factor servicios 1 comparativo

Los servicios 1 del terreno a valorar se obtiene haciendo un montaje o intersección entre el predio a valorar de la capa del mosaico catastral predial con la capa de aceras y con la capa de cordón y caño. Si al frente del terreno a valorar no hay acera, el código será un cero, de lo contrario será un uno. Lo mismo sucede con el cordón y caño; si no hay cordón y caño el código será un cero de lo contrario será un uno (ver Tabla No. 7, Servicios 1). Estos códigos se trasladan a una función en Python que define el código de Servicios 1 que le corresponde a lote a valorar. Posteriormente, con base a los Servicios 1 del terreno del lote tipo de la zona homogénea se aplica el algoritmo definido por el ONT para el cálculo del factor servicios 1 comparativo. Se creó una función específica en Python para el cálculo de dicho factor comparativo.

Factor servicios 2 comparativo

Los servicios 2 del terreno a valorar se obtienen haciendo un montaje o intersección entre el predio a valorar de la capa del mosaico catastral predial con las capas de: agua, electricidad, teléfono y alumbrado público. Estos códigos se trasladan a una función en Python que

definirá el código de Servicios 2 que le corresponde al lote a valorar (ver Tabla No. 8, Servicios 2). Posteriormente, con base a los Servicios 2 del terreno del lote tipo de la zona homogénea se aplica el algoritmo definido por el ONT para el cálculo del factor servicios 2 comparativo. Se creó una función específica en Python para el cálculo de dicho factor comparativo.

.

Factor Ajuste o de Modificación

Una vez procesado cada uno de los factores expuestos anteriormente; se procede a calcular el factor ajuste o de modificación. Este factor de ajuste es el cálculo aritmético de la multiplicación entre los nueve factores comparativos: Área, Frente, Forma, Pendiente, Ubicación, Nivel, Tipo de Vía, Servicios 1 y Servicios 2.

Cálculo del Valor Unitario del Terreno a Valorar

El valor unitario por metro cuadrado del terreno a valorar se calcula multiplicando el factor de ajuste o de modificación calculado previamente, por el valor unitario del lote tipo definido en la zona homogénea correspondiente.

Cálculo del valor del terreno a valorar

Una vez obtenido el valor unitario del terreno por metro cuadrado se procede a multiplicarlo por el área del terreno, con el fin de obtener el valor del terreno a valorar.

Exposición y edición de los resultados

La información se pone a disposición del usuario en el script de Python que permita visualizar el código de la zona homogénea, los datos del terreno a valorar, los cálculos de los nueve factores comparativos, el factor de ajuste, el cálculo del valor unitario y el valor del terreno a valorar. La aplicación permite editar algún dato del terreno a valorar, ya sea producto de alguna inconsistencia de campo u oficina, como también de un dato incorrecto

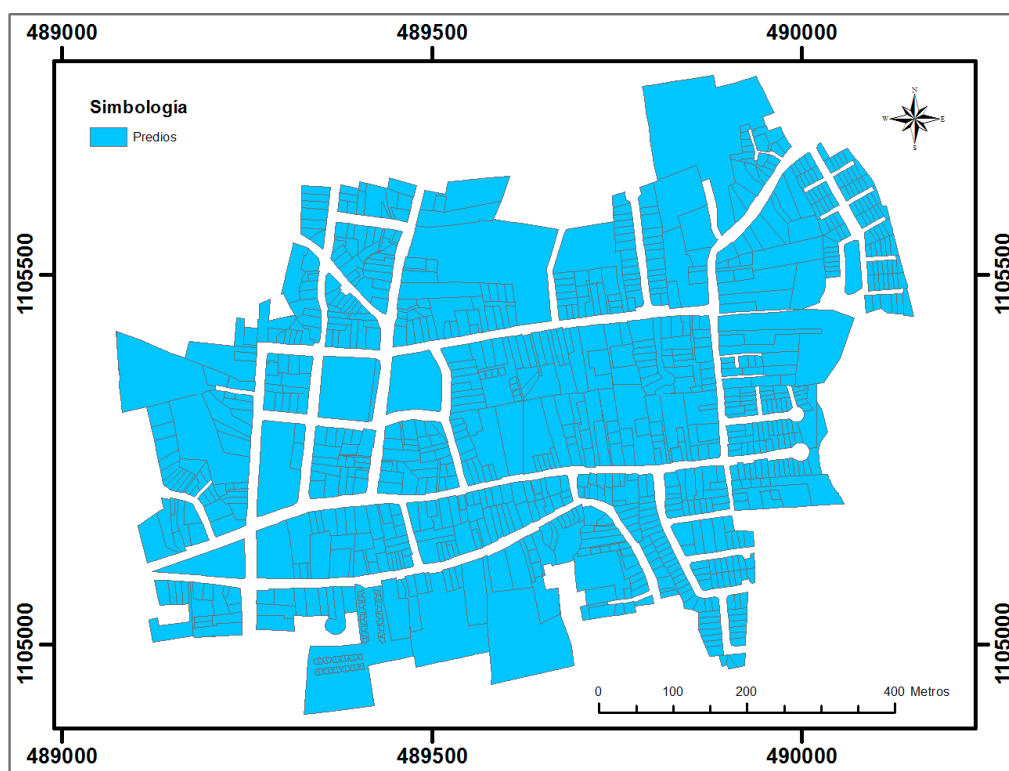
dado por el Catastro Nacional. Por último, toda la información producto de la valoración del terreno se respalda en el shape de predios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Municipalidad de San Pablo de Heredia facilitó la información vectorial de las capas de: predios, zonas homogéneas y vías; y la información raster de pendientes. Sin esta información no se podría haber realizado la aplicación. Obtenidos estos insumos se procedió a seleccionar el área de trabajo. Se escogió parte del casco central de San Pablo con el fin de trabajar con propiedades de diferentes tamaños, formas y servicios. Además, se buscó trabajar con áreas residenciales viejas y nuevas con la idea de analizar el comportamiento o montaje del mosaico catastral predial. En QGis 2.18 Las Palmas se creó una capa vectorial denominada Máscara para demarcar los predios que conformarían el área de trabajo.

A continuación, se presenta el área de trabajo del sector del centro de San Pablo de Heredia:

Ilustración 2. Sector del Centro de San Pablo de Heredia



El sector del centro de San Pablo de Heredia está constituido por 1044 predios.

La mayoría de los predios corresponden a terrenos medianeros de un frente. También, existen terrenos manzaneros, cabeceros, esquineros, medianeros con dos o más frentes, en servidumbre de paso e inclusive predios enclavados, los cuales son terrenos que no tienen frente ni a calle pública ni a servidumbre de paso.

La topografía de este sector por lo general se considera plana ondulada, con pendientes que oscilan entre 0 a 5%, aproximadamente; a excepción de la parte noreste, la cual presenta pendientes entre 15 a 37% (principalmente, la parte que colinda con el Río Bermúdez).

La vía o el tipo de vía más importante del centro de San Pablo de Heredia, se encuentra localizada por la escuela, la Iglesia Vieja Católica, la Iglesia Nueva, la plaza de fútbol, la municipalidad, el parque, etc. Esta vía tiene un código de 3 (comercial de color anaranjado). Pero la vía que más predomina en dicho sector es la vía 4, la cual corresponde con una vía residencial, de color verde. Otros tipos de vías que están localizadas en San Pablo de Heredia son la vía 5 de color rosado (residencial de menor categoría) y la vía 9 de color azul (servidumbre de paso). Los colores de las tipos de vías fueron definidos por el ONT.

El nivel del terreno con respecto al nivel de la calle pública, por lo general tiene un valor de cero, es decir los terrenos se encuentran a nivel de la calle pública. Unos predios se encuentran sobre el nivel de la calle pública con valores que oscilan entre 0.3 metros a 1.50 metros. Algunos predios, tienen un nivel negativo, es decir se encuentran bajo el nivel de la calle pública.

El centro de San Pablo como la mayoría de los centros urbanos tiene todos los servicios públicos básicos; a saber: agua, electricidad, teléfono, y alumbrado público. Pero los predios que colindan con servidumbre de paso no tienen alumbrado público. Los terrenos enclavados, los cuales no tienen acceso a calle pública o privada, en realidad no tienen ningún servicio público.

Los servicios de acera y cordón y caño no se encuentran distribuidos en todo el sector del centro de San Pablo. Existen propiedades que tienen acera y cordón y caño, algunas propiedades tienen acera, pero no tienen cordón y caño, otras propiedades no tienen ni acera y ni cordón y caño. Los residenciales nuevos si tienen aceras y cordón y caño (parte este del centro de San Pablo de Heredia).

Montaje de las capas

Para tener a disposición los insumos necesarios en el diseño de la aplicación se procedió a levantar en el campo los servicios 1 (acera y cordón y caño), los servicios 2 (agua, electricidad, teléfono y alumbrado público) y el nivel del terreno.

Los Servicios1, Servicio2 y Nivel se levantaron en tres días aproximadamente, recorriendo predio a predio el área de trabajo, demarcando o trazando estos datos sobre un croquis impreso en papel. Posteriormente, para cada servicio se creó una capa vectorial lineal. Lo mismo se realizó con el nivel.

Una vez obtenidos los insumos se procedió a realizar el montaje de las capas, parte esencial del trabajo. Ya que, a partir del montaje de las capas se aplican funciones de geometría de Python, por ejemplo: Intersection, Contains, Distance, Area, etc.; con el fin de obtener información entre capas.

El diseño o creación de las capas vectoriales lineales Tipo de Vía, Agua, Electricidad, Teléfono, Alumbrado Público, Acera, Cordón y Caño y Nivel se hicieron a partir de los frentes de los predios de la capa vectorial poligonal del Sector de San Pablo de Heredia. Por ejemplo, la capa vectorial lineal de Tipo de Vía se dibujó sobre los frentes de la capa de predios. El montaje se hizo haciendo contacto punto a punto, con mucha precisión, parte vital de la aplicación.

A la capa vectorial de polígonos de Zonas Homogéneas simplemente se le aplicó la Máscara para enmarcar o cortar las zonas homogéneas que le pertenecen al sector del centro de San Pablo.

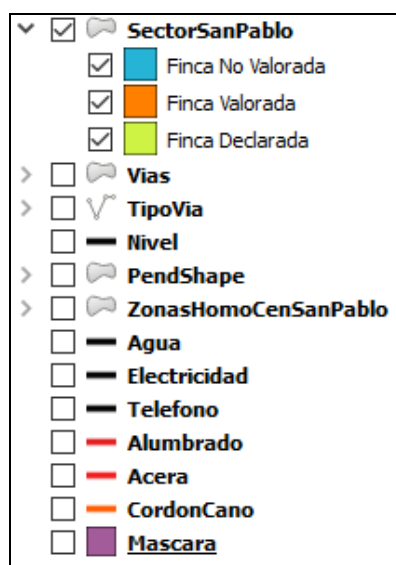
Conversión de raster a vector del insumo de Pendientes

El raster de pendientes en porcentaje facilitado por la Municipalidad de San Pablo se convirtió a una capa vectorial de polígonos, con el fin de obtener con precisión la pendiente ponderada de cada polígono. El raster de pendientes en porcentaje fue calculado por la municipalidad a partir de curvas de nivel cada dos metros y de puntos levantados con GPS ubicados en las esquinas de los cuadrantes.

Por último, es importante mencionar, que las capas diseñadas en el presente proyecto se encuentran bajo el sistema CRTM05, el cual fue oficializado en el año de 2007.

A continuación, se muestra la lista de capas que fueron utilizadas por la aplicación en QGis:

Esquema 2. Capas utilizadas en el proyecto de valoración de terrenos urbanos



A continuación, se presenta la capa de vías:

Ilustración 3. Capa de Vías del Sector del Centro de San Pablo de Heredia



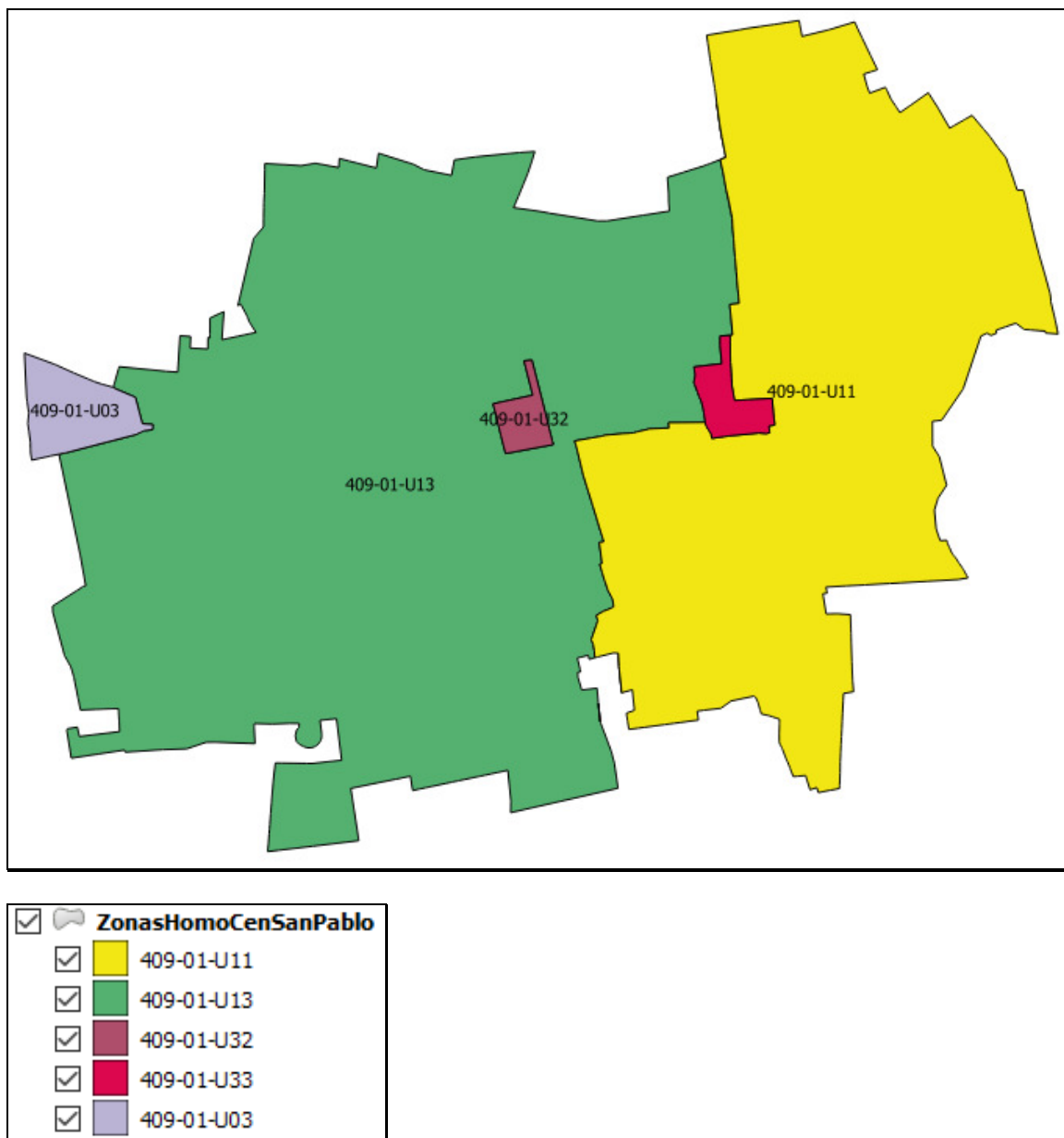
La vía de mayor categoría está representada por la Vía 3.

La vía de menor categoría está representada por la 9, servidumbre de paso.

La vía que más predomina en el sector del centro de San Pablo es la vía 4, vía residencial.

A continuación, se presenta la capa de zonas homogéneas:

Ilustración 4. Capa de Zonas Homogéneas del Sector del Centro de San Pablo



Las zonas homogéneas 409-01-U11 y 409-01-U13 tienen un valor unitario por cada metro cuadrado de terreno de ¢110,000.00 y ¢130,000.00 respectivamente.

A continuación, se presenta la capa de aceras:

Ilustración 5. Capa de Aceras del Sector del Centro de San Pablo de Heredia

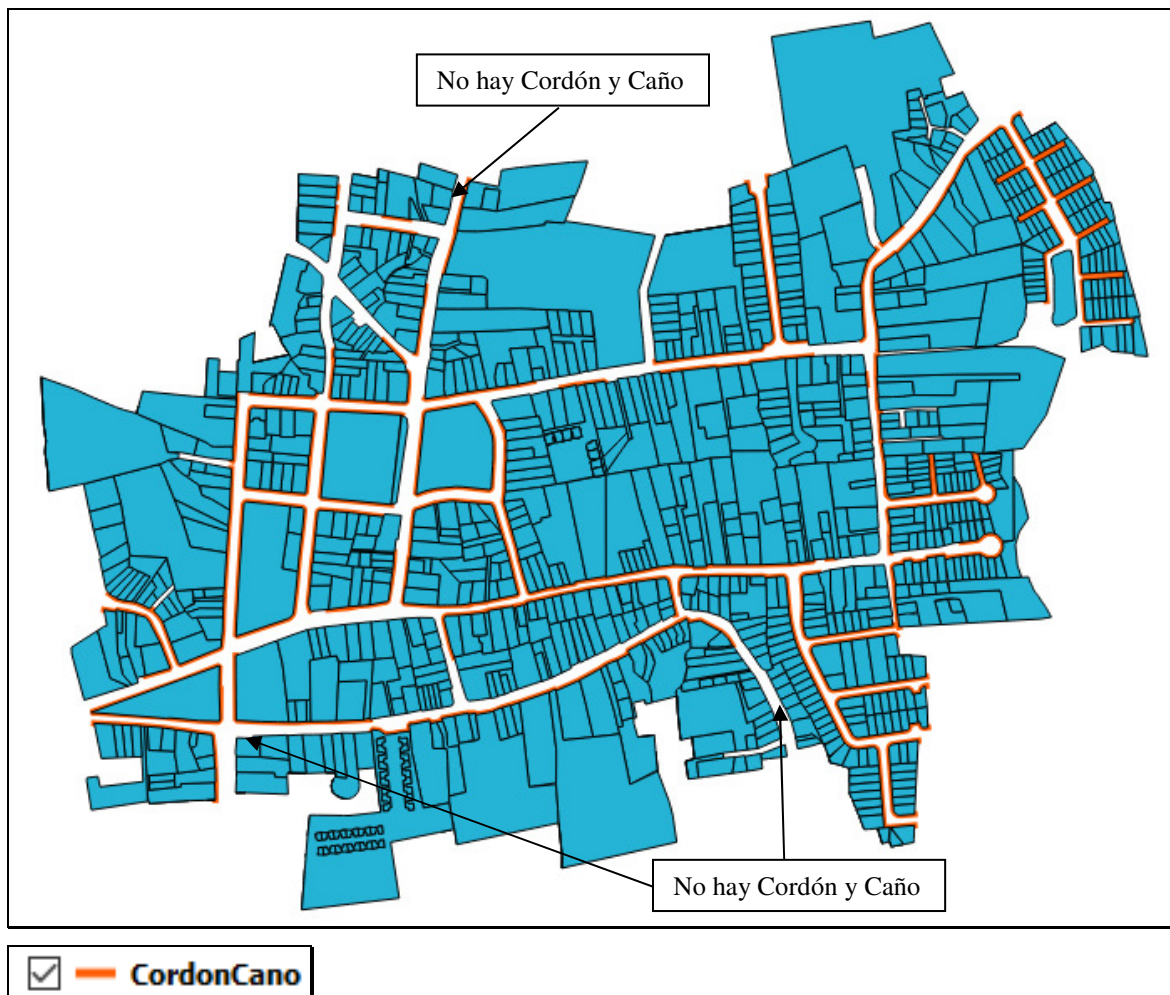


No todas las propiedades de este sector tiene construidas aceras, principalmente en el centro y en el lado oeste.

En los residenciales localizados en la parte noreste y sureste todas las fincas tienen aceras.

A continuación, se presenta la capa de Cordón y Caño:

Ilustración 6. Capa de Cordón y Caño del Sector del Centro de San Pablo de Heredia

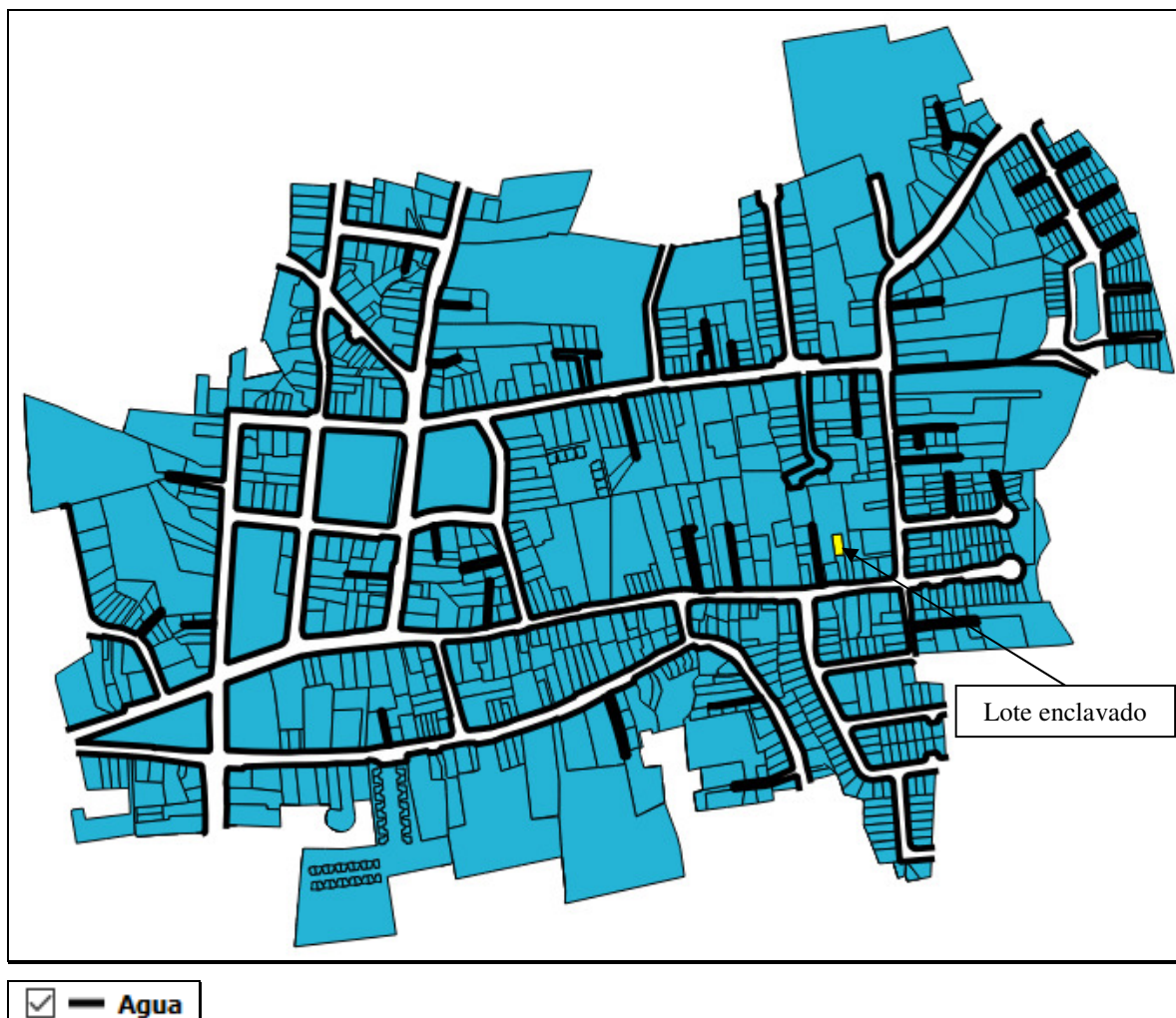


No todas las propiedades de este sector tienen construido el cordón y caño, principalmente en el centro y en el lado oeste.

En los residenciales localizados en la parte noreste y sureste todas las fincas tienen cordón y caño.

A continuación, se presenta la capa de Agua:

Ilustración 7. Capa de Agua del Sector del Centro de San Pablo de Heredia

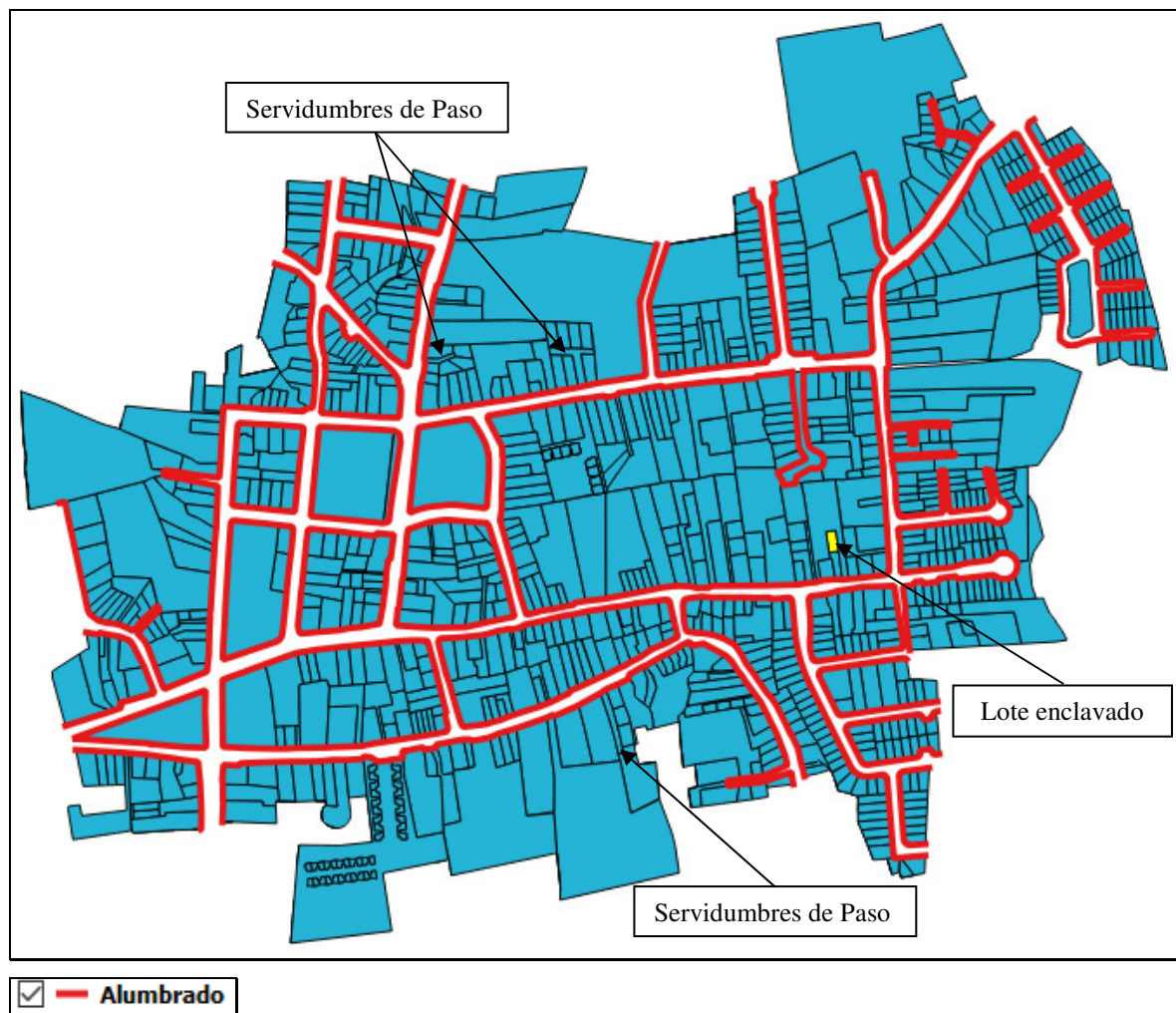


Todas las propiedades dentro del sector del centro de San Pablo tienen el servicio público de agua potable; a excepción, de los predios enclavados, por ejemplo el polígono dibujado de color amarillo.

Además, todas las propiedades dentro este sector tienen los servicios públicos de electricidad y teléfono.

A continuación, se presenta la capa de Alumbrado Público:

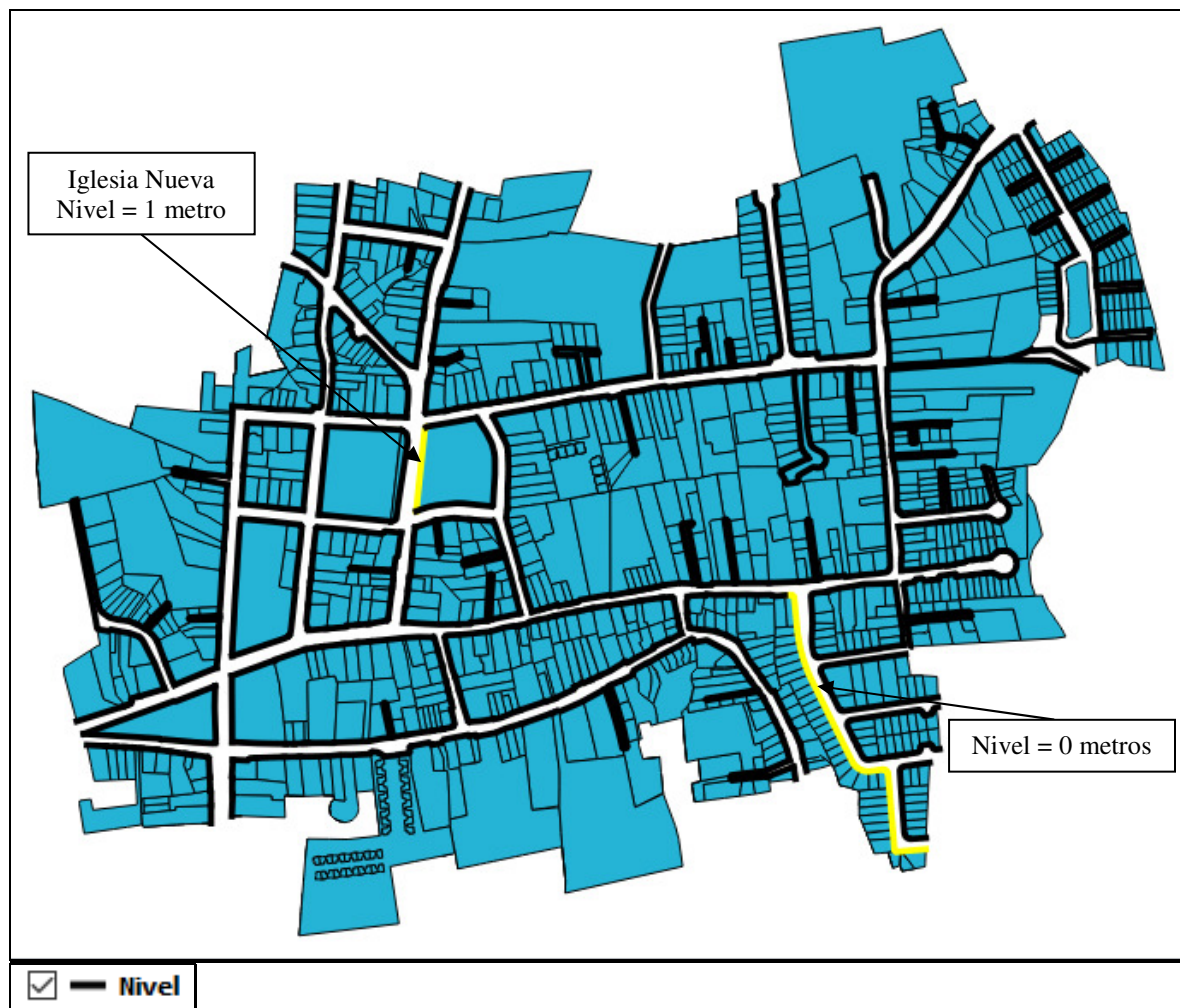
Ilustración 8. Capa de Alumbrado Público del Sector del Centro de San Pablo



Todas las propiedades dentro del sector del centro de San Pablo tienen el servicio público de alumbrado público; a excepción, de los predios en servidumbre y de los predios enclavados.

A continuación, se presenta la capa de Nivel:

Ilustración 9. Capa de Nivel del Sector del Centro de San Pablo de Heredia

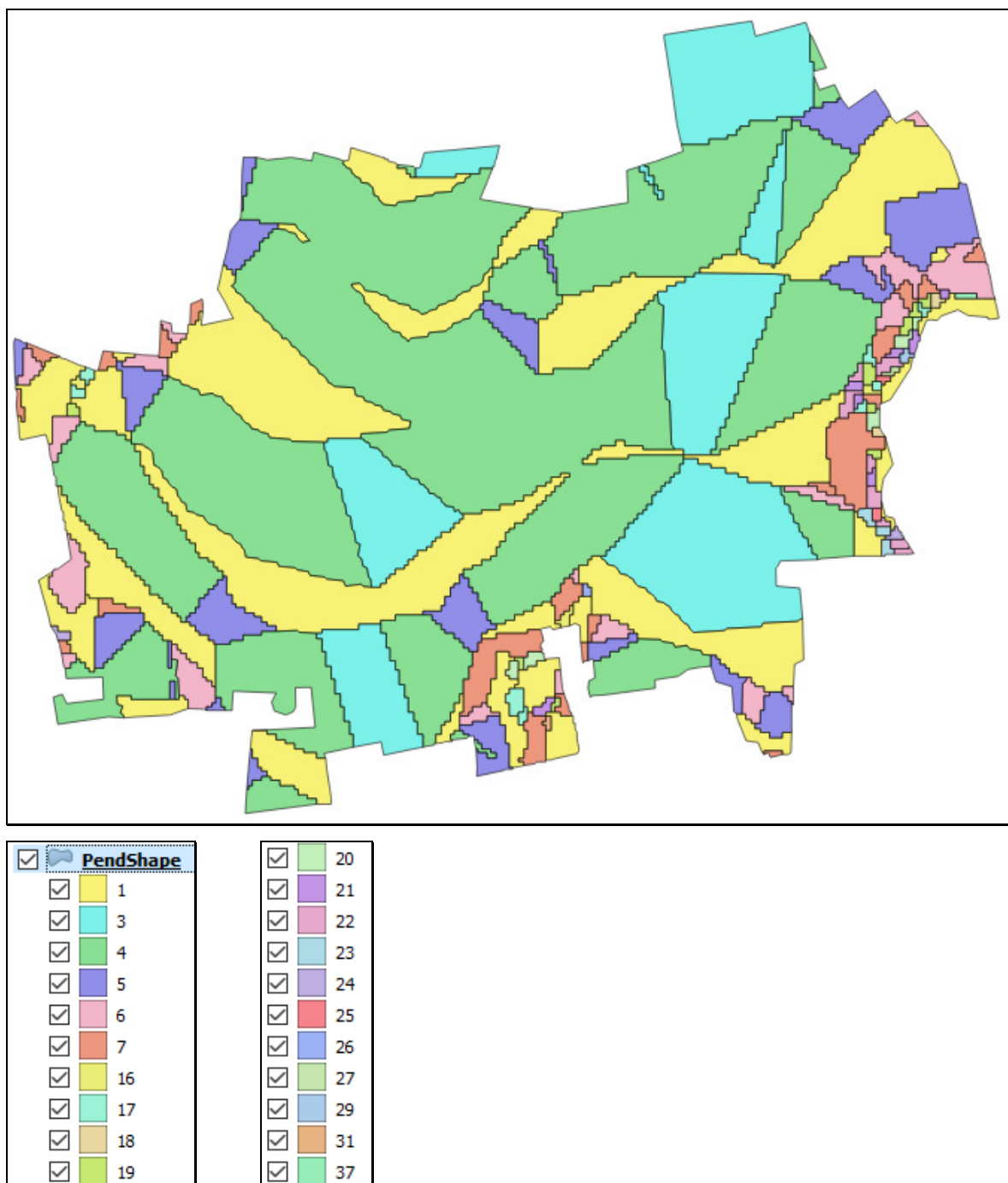


Todos los frentes de los predios tienen un valor de nivel, incluyendo los predios que colindan con servidumbres de paso y los predios enclavados. Para los predios enclavados se considera un nivel de cero metros.

Por ejemplo, todos los predios que colindan con la línea enmarcada de color amarillo (sureste) tienen un nivel de 0 metros, es decir se encuentran a nivel de la calle pública.

A continuación, se presenta la capa de Pendientes:

Ilustración 10. Capa de Pendientes del Sector del Centro de San Pablo de Heredia



Cada uno de los polígonos tiene un valor de pendiente en porcentaje.

Por ejemplo, los polígonos de color amarillo tienen una pendiente de uno por ciento.

Los polígonos de color verde tienen un pendiente de un cuatro por ciento, la cual es la pendiente que más predomina en el sector del centro de San Pablo.

Algunas zonas de este sector tienen una pendiente de un 37%; ubicadas principalmente, en los márgenes de los ríos.

Desarrollo de la aplicación en Python de QGis 2.18

La aplicación creada en PyQGis calcula el valor del terreno urbano partir de las capas vectoriales descritas anteriormente: SectorSanPablo (mosaico catastral), TipoVia, PendShape (pendiente), ZonasHomoSanPablo (zonas homogéneas), Nivel y los servicios Agua, Electricidad, Telefono, Alumbrado, Acera y CordonCano. Es decir, los nueve parámetros involucrados en el proceso de cálculo, a saber: Área, Frente, Forma (regularidad), Topografía (pendiente), Nivel, Vía, Ubicación, Servicios1 y Servicios2 son calculados a partir de dichas capas y de funciones de geometría de Python, las cuales permitieron realizar operaciones geoespaciales: Length(), Area(), Distance(), Intersects(), Contains(), etc.; parte esencial en la programación.

Es importante mencionar, que la aplicación no está desarrollada para ingresar datos en forma manual; los cálculos de los nueve parámetros indicados anteriormente se realizan en forma automatizada, por medio de algoritmos o código de python. No obstante, cuando se compruebe que el área y el frente del terreno calculados a partir de python difieran del área y frente que se indican en el plano catastrado de la finca a valorar; la aplicación está facultada recalcular el valor del terreno a partir de los datos del plano catastrado digitados en la tabla de atributos de la capa del Sector de San Pablo de Heredia.

Además, es importante destacar, que los cálculos obtenidos en la aplicación fueron comprobados y validados con respecto al modelo de valoración del ONT desarrallado en

Excel. Más adelante, se mostrará los resultados en QGis y en Excel, los cuáles arrojan prácticamente los mismos cálculos.

Cálculo de los parámetros del Terreno

Área

El área del terreno es calculada a partir del predio de la capa vectorial de polígonos SectorSanPablo, con base a las coordenadas planimétricas Norte y Este (en el sistema CRTM05) de cada uno de sus vértices. El algoritmo está diseñado para calcular la extensión o área de cualquier polígono, que tenga como mínimo tres puntos.

A continuación, se muestra el código que permite calcular el área de un predio o polígono:

Código 1. Cálculo del Área

```
for I in range(N):
    Punto = polygon[0][I]
    Este.append(Punto[0])
    Norte.append(Punto[1])
for I in range(N-1):
    SumaNE += Norte[I] * Este[I+1]
    SumaEN += Este[I] * Norte[I+1]
    DN = Norte[I+1]-Norte[I]
    DE = Este[I+1]-Este[I]
    Distancia.append(math.sqrt(DN**2+DE**2))
    DistComp.append(math.sqrt(DN**2+DE**2))
    if (DN>0) and (DE>0):
        Azimut.append(math.degrees(math.atan(DE/DN)))
    elif (DN<0) and (DE<>0):
        Azimut.append(math.degrees(math.atan(DE/DN))+180)
    elif (DN>0) and (DE<0):
        Azimut.append(math.degrees(math.atan(DE/DN))+360)
    elif (DN>0) and (DE==0):
        Azimut.append(0)
    elif (DN==0) and (DE>0):
        Azimut.append(90)
    elif (DN<0) and (DE==0):
        Azimut.append(180)
```

```

else:
    Azimut.append(360)
AreaTerreno = abs((SumaNE-SumaEN)/2)

```

Frente

El frente del terreno se calcula a partir de la intersección de la capa vectorial SectorSanPablo con respecto a la capa vectorial Tipo_Vía. Cuando el predio a valorar tiene más de un frente, el frente se calcula a partir de la vía más importante, como primer criterio. En el caso de que un terreno colinda con varios frentes de un mismo tipo de vía, el frente se calcula a partir del frente mayor, como segundo criterio. Por lo que, en PyQgis se desarrolló un algoritmo que permitiera realizar lo anterior.

A continuación, se muestra parte del algoritmo que permite calcular el frente del predio a valorar:

Código 2. Cálculo del Frente

```

for line_feature in Line_layer_Vias.getFeatures():
    if feature.geometry().intersects(line_feature.geometry()):
        Valor = QgsFeature()
        Valor.setGeometry(QgsGeometry.fromWkt(wkt))
        Valor.setAttributes([1])
        mem_layer.addFeature(Valor, True)
        mem_layer.commitChanges()
        ValorGeomFrente.append(Valor)
        Frente.append(Valor.geometry().length())

```

Forma

La forma o regularidad del terreno a valorar se calcula a partir de los vértices del predio de la capa vectorial SectorSanPablo. Por lo que, se diseñó un algoritmo que calcula la regularidad de cualquier terreno sin importar su forma; ya sea, rectangular, trapezoidad, triangular, etc.

El valor del factor forma calculado es mayor a cero y menor o igual a uno. En el código de Python se consideró el lado mayor del polígono con fin de calcular el área de menor rectángulo circunscrito.

A continuación, se muestra parte del algoritmo que permite calcular la regularidad de un predio o polígono:

Código 3. Cálculo de la Regularidad

```
Nor.append(Norte[0])
Est.append(Este[0])
for I in range(N-1):
    Nortes.append(Nortes[I] + math.cos((Azimut[I] - K)*math.pi/180) * Distancia[I])
    Estes.append(Estes[I] + math.sin((Azimut[I] - K)*math.pi/180) * Distancia[I])
    Nor.append(Nortes[I + 1])
    Est.append(Estes[I + 1])
for I in range(N - 1):
    J = I + 1
    for J in range(N-1):
        if Nor[I] < Nor[J]:
            AuxN = Nor[I]
            Nor[I] = Nor[J]
            Nor[J] = AuxN
NorteMaximo = Nor[0]
NorteMinimo = Nor[N-2]
for I in range(N - 1):
    J = I + 1
    for J in range(N-1):
        if Est[I] < Est[J]:
            AuxE = Est[I]
            Est[I] = Est[J]
            Est[J] = AuxE
EsteMaximo = Est[0]
EsteMinimo = Est[N-2]
DeltaN = NorteMaximo - NorteMinimo
DeltaE = EsteMaximo - EsteMinimo
AMRC = DeltaN * DeltaE
FactorForma = AreaTerreno / AMRC
```

Pendiente

Para calcular la pendiente en porcentaje que le corresponde a cada uno de los predios, se hizo un Clip entre la capa vectorial SectorSanPablo (seleccionando el predio a valorar) y la capa vectorial de polígonos de PendShpe (capa de pendientes) con el fin de obtener el polígono de pendientes del predio a valorar. Posteriormente, se aplicó el siguiente código para calcular la pendiente:

Código 4. Cálculo de la Pendiente

```
Pendiente = 0
for pend_feature in poli_pendiente.getFeatures():
    grid_pend = pend_feature['gridcode']
    geom = pend_feature.geometry()
    area_seccion= geom.area()
    Pendiente = Pendiente+((area_seccion/AreaTerreno)*grid_pend)
```

Tipo de Vía

Para la obtención del tipo de vía que le corresponde a un predio se hizo una intersección entre la capa vectorial SectorSanPablo con respecto a la capa vectorial Tipo_Via. Cuando el predio a valorar tiene más de un frente, el tipo de vía se obtiene a partir de la vía más importante, como primer criterio. En el caso de que un terreno colinda con varios frentes de un mismo tipo de vía, el tipo de vía se obtiene a partir de cualquiera de los frentes, como segundo criterio. Por lo que, en PyQgis se desarrolló un algoritmo que permitiera realizar lo anterior.

A continuación, se presenta el código para realizar la intersección requerida:

Código 5. Cálculo de la Intersección del Predio con el Tipo de Vía

```
for line_feature in Line_layer_Vias.getFeatures():
    if feature.geometry().intersects(line_feature.geometry()):
        Tipo_Via.append(line_feature['TipoVia'])
```

Ubicación

Para determinar el parámetro ubicación del terreno a valorar se hizo una intersección entre la capa vectorial SectorSanPablo y la capa vectorial Tipo_Vía. Por ejemplo, si el predio colinda con un solo tipo de vía que no sea servidumbre, su ubicación será de 5 (medianero de un frente). Si el terreno colinda con dos tipos de vía en forma consecutiva, su ubicación será 3 (esquinero). Si un terreno colinda con un tipo de vía de servidumbre, su ubicación será de 8 (servidumbre de paso). Si un terreno colinda varios tipos de vía en forma consecutiva, a partir de un punto y llegando a ese mismo punto, su ubicación será de 1 (manzanero). Si un terreno no colinda con ningún tipo de vía, nos encontramos con un predio enclavado, por lo que, su ubicación será de 8.

Nivel

Para el cálculo del nivel que le corresponde al predio a valorar se hizo una intersección entre la capa vectorial SectorSanPablo con respecto a la capa vectorial Nivel. Cuando el predio a valorar tiene más de un frente, el nivel se obtiene a partir de la vía más importante, como primer criterio. En el caso de que un terreno colinda con varios frentes de un mismo tipo de vía, el nivel se calcula a partir del frente mayor, como segundo criterio. Por lo que, en PyQgis se desarrolló un algoritmo que permitiera realizar lo anterior.

A continuación, se presenta el código para realizar la intersección entre las capas vectoriales SectorSanPablo y Nivel:

Código 6. Cálculo de la Intersección del Predio con el Nivel

```
for line_feature in Line_layer_Nivel.getFeatures():
    if feature.geometry().intersects(line_feature.geometry()):
        Nivel.append(line_feature['Nivel'])
```

Servicios 1 y Servicios 2

Para el cálculo de cada uno de los servicios (agua, electricidad, teléfono, alumbrado público, acera y cordón y caño) se hizo una intersección entre la capa vectorial SectorSanPablo y la capa de cada uno de los servicios mencionados. Cuando el predio a valorar tiene más de un frente, los servicios 1 y servicios 2 se obtienen a partir de la vía más importante, como primer criterio. En el caso de que un terreno colinda con varios frentes de un mismo tipo de vía, los servicios 1 y servicios 2 se calculan a partir del frente mayor, como segundo criterio. Por lo que, en PyQgis se desarrolló un algoritmo que permitiera realizar lo anterior.

Por ejemplo, para el cálculo del servicio público agua tenemos el siguiente algoritmo:

Código 7. Cálculo del Servicio Público de Agua

```
for line_feature in Line_layer_Agua.getFeatures():
    if feature.geometry().intersects(line_feature.geometry()):
        Agua = 1
        break
    else:
        Agua = 0
```

Por ejemplo, si la intersección entre la capa SectorSanPablo y la capa de agua Line_layer_Agua es true (verdadero) el predio tiene servicio de agua, Agua = 1; de lo contrario, no tiene servicio de agua, Agua = 0.

Zona Homogénea

Para determinar la zona homogénea que le corresponde al predio a valorar, se hizo un Clip (extracción de un polígono) entre la capa vectorial SectorSanPablo y la capa vectorial ZonasHomoCenSanPablo. Una vez obtenido el polígono, se procede a extraer de la tabla de atributos el código de la zona homogénea que le corresponde al terreno y los datos del lote tipo: Área, Frente, Forma (regularidad), Topografía (pendiente), Nivel, Vía, Ubicación,

Servicios1, Servicios2, Valor Unitario por metro Cuadrado y el Tipo de Zona (residencial o comercial).

Es importante mencionar, que para cada predio a valorar le corresponde una zona homogénea con los datos del lote tipo concernientes.

Factores comparativos

Para el cálculo de cada uno de los factores comparativos se diseñaron una serie de funciones (def) que recibieran los datos del terreno y los datos del lote tipo. Las funciones diseñadas están completamente apegadas al modelo de valoración de terrenos publicado por el ONT.

Es importante indicar, que toda función en Python recibe una serie de argumentos o datos y devuelve un único resultado.

Por ejemplo, la siguiente función FactorArea, recibe como argumentos el área del lote a valorar (Alv) y el área del lote tipo (Alt), y devuelve como resultado el factor área comparativo (Valor):

Código 8. Cálculo del Factor Área Comparativo

```
def FactorAreaC(Alv, Alt):
    if Alv < 30000:
        Beta = 0.33
    elif Alv <= 100000:
        Beta = 0.364 - (0.00000113 * Alv)
    else:
        Beta = 0.275 - (0.00000025 * Alv)
    if Alt < 30000:
        Alfa = 0.33
    elif Alv <= 100000:
        Alfa = 0.364 - (0.00000113 * Alt)
    else:
        Alfa = 0.275 - (0.00000025 * Alt)
```

```

Valor = Alt ** Beta / Alv ** Alfa
return Valor

```

Factor Ajuste

Para el cálculo del factor ajuste o de modificación se diseñó una función que permitiera recibir nueve parámetros comparativos.

A continuación, se presenta la función del factor ajuste:

Código 9. Cálculo del Factor Ajuste

```

def FactorAjuste(Fac,Ffc,Frc,Fpc, Fnc,Fuc,Fvc,Fs1c,Fs2c):
    FactorAjusteTerreno = Fac * Ffc * Frc * Fpc * Fnc * Fuc * Fvc * Fs1c * Fs2c
    return FactorAjusteTerreno

```

Valor Unitario del terreno a valorar

Para el cálculo del valor unitario por metro cuadrado del terreno a valorar se diseñó una función que recibiera como argumentos el valor unitario del lote tipo (Vlt) y el factor de ajuste (FactAjuste).

A continuación, se presenta la función del ValorUnitario:

Código 10. Cálculo del Valor Unitario del Terreno a Valorar

```

def ValorUnitario(Vlt,FactAjuste):
    Valor = Vlt * FactAjuste
    return Valor

```

Valor del terreno a valorar

Para el cálculo del valor del terreno a valorar se diseñó un función que recibiera como argumentos el valor unitario del terreno a valorar (Vlv) y el área del terreno (Area).

A continuación, se presenta la función del ValorTerreno:

Código 11. Cálculo del Valor del Terreno

```
def ValorTerreno(Vlv,Area):
    Valor = Vlv * Area
    return Valor
```

Añadir plano catastrado en el Panel de Capas

La aplicación creada es capaz de cargar en el panel de capas de QGis el plano catastrado de la finca a valorar. Esta imagen es muy importante para el perito valuador, ya que le permite visualizar el área del terreno, el frente a calle pública y su regularidad. Los datos obtenidos del plano catastrado se compararán con los parámetros calculados en Python. Cuando existan diferencias entre estos, se deben editar los datos en la tabla de atributos de la capa SectorSanPablo, modificando los parámetros que sean necesarios, y se procederá a recalcular en Python el valor de terreno de la finca a valorar (previamente seleccionada de color amarillo).

A continuación, se presenta el código que permite cargar el plano catastrado en el Panel de Capas:

Código 12. Añadir Plano Catastrado al Panel de Capas

```
if len(feature["PATH_PLANO"]) > 2:
    Ruta_Plano = feature["PATH_PLANO"]
    Plano_Catastro = QgsRasterLayer(Ruta_Plano, 'Plano de la Finca'+ ' '+feature["FINCA"])
    QgsMapLayerRegistry.instance().addMapLayer(Plano_Catastro)
```

Añadir fotografía en el Panel de Capas

El algoritmo desarrollado en PyQGIS permite añadir en el panel de capas la fotografía del inmueble a valorar. Este insumo es de vital importancia, ya que el perito valuador o el

funcionario municipal podrá verificar algunos parámetros del terreno, por ejemplo: la acera, el cordón y caño, el nivel y la pendiente.

A continuación, se presenta el código que permite cargar la fotografía en el Panel de Capas:

Código 13. Añadir Fotografía al Panel de Capas

```
if len(feature["PATH_FOTO"]) > 2:
    Ruta_Plano = feature["PATH_FOTO"]
    Foto_Finca = QgsRasterLayer(Ruta_Plano, 'Foto de la Finca'+ ' '+feature["FINCA"])
    QgsMapLayerRegistry.instance().addMapLayer(Foto_Finca)
```

Almacenamiento de los cálculos

La aplicación diseñada en Python de QGis permite respaldar automáticamente los resultados obtenidos en la tabla de atributos de la capa SectorSanPablo. Se respaldan los nueve parámetros del terreno, los nueve factores comparativos, el código de la zona homogénea, el factor ajuste, el valor por metro cuadrado de terreno, el valor del terreno y la fecha correspondiente.

A continuación, se presenta el código que permite almacenar los cálculos en la tabla de atributos de la capa SectorSanPablo:

Código 14. Almacenar Cálculos a la Tabla de Atributos de la Capa de Predios

```
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 13, AreaTerreno)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 14, Fte)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 15, FactorForma)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 16, Pendiente)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 17, Ubicacion)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 18, Nivel)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 19, Via)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 20, Servicios1LoteValorar)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 21, Servicios2LoteValorar)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 22, Estado)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 23, ZonaHomogenea )
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 24, FAC)
```

```

layer.changeAttributeValue(feature.id(), 25, FFC)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 26, FRC)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 27, FPC)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 28, FUC)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 29, FNC)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 30, FVC)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 31, FS1C)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 32, FS2C)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 33, FM)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 34, ValorUnitarioLV)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 35, ValorTerrenoValorar)
layer.changeAttributeValue(feature.id(), 36, FechaActual)

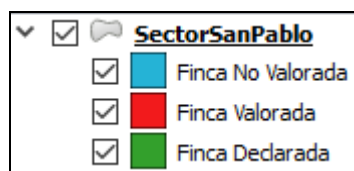
```

Edición de los parámetros del terreno a valorar

Cuando existan diferencias entre los datos del plano catastrado del terreno (área, frente y forma) y los parámetros del terreno calculados a partir de las capas diseñadas para tal fin; la aplicación permite recalcular el valor del terreno, a partir de la edición de los parámetros del terreno en la tabla de atributos de la capa SectorSanPablo. El usuario simplemente modifica cualquier variable del terreno y procede a ejecutar de nuevo la aplicación en Python. Los resultados del cálculo se reflejan directamente en Python y se almacenan automáticamente en la capa SectorSanPablo. Lo anterior se realiza cuando la finca fue valorada o declarada previamente.

Control gráfico de las fincas no valoradas, fincas valoradas y fincas declaradas.

Se diseñó un algoritmo que le permite al usuario municipal llevar un control gráfico de aquellas fincas que no han sido valoradas, fincas valoradas y fincas declaradas. Por ejemplo, si el estado es 0 la finca no ha sido valorada, si el estado es 1 la finca fue valorada y si el estado es 2 la finca fue declarada. Para cada una de las opciones se definió un color. Celeste para las fincas no valoradas, rojo para las fincas valoradas y verde para las fincas declaradas.



Esquema 3. Opciones de las fincas del Sector San Pablo

Estadística del proceso de valoración

La aplicación elaborada en Python permite llevar una estadística del cálculo del valor de los terrenos, ya sea para avalúo o para declaración de bienes inmuebles.

En la estadística se tiene lo siguiente:

Cantidad de fincas sin valorar

Cantidad de fincas valoradas

Base imponible en colones de las fincas valoradas

Cantidad de fincas declaradas

Base imponible en colones de las fincas declaradas

Base imponible total en colones (fincas valoradas + fincas declaradas)

Impuesto Bienes Inmuebles en colones (fincas valoradas + fincas declaradas)

A continuación, se presenta el código que permite llevar una estadística del proceso de valoración:

Código 15. Estadística del Proceso de Valoración

```
for Registro in layer.getFeatures():
    OP = Registro['ESTADO']
    if OP==0:
        ContFNV = ContFNV + 1
    if OP==1:
        ContFV = ContFV + 1
        SumaValorFV = SumaValorFV + Registro['VALOR_TOT']
    if OP==2:
        ContFD = ContFD + 1
        SumaValorFD = SumaValorFD + Registro['VALOR_TOT']
BaseImponible = SumaValorFV+SumaValorFD
```

```

IBI = BaseImponible * 0.25/100
print ""
print "ESTADISTICA"
print 'Fincas sin valorar          = ',ContFNV
print 'Fincas Valoradas           = ',ContFV
print "Base Imponible              = c",locale.format("%.2f", SumaValorFV, True)
print 'Fincas Declaradas          = ',ContFD
print "Base Imponible              = c", locale.format("%.2f", SumaValorFD, True)
print "Base Imponible Total        = c ", locale.format("%.2f", BaseImponible, True)
print "Impuesto Bienes Inmuebles  = c",locale.format("%.2f", IBI, True)

```

Ejecución del programa de valoración de terrenos urbanos

A continuación, se expone la valoración de algunas propiedades con el fin de comprobar o validar el modelo de valoración del ONT:

Ilustración 11. Valoración del terreno de la Finca 95636



Como se observa, esta finca colinda con dos calles públicas tipo 3 (al norte y al este) y su forma es un poco irregular.

La finca 95636 fue seleccionada con el icónico:



seleccionar objetos espaciales por

área o por un clic único.

Posteriormente, se selecciona el ícono de Python:



se abre el script con:



C:\VALORAUTOMATICO\ProgramaPYTHON\AvaluosTerrenos.py

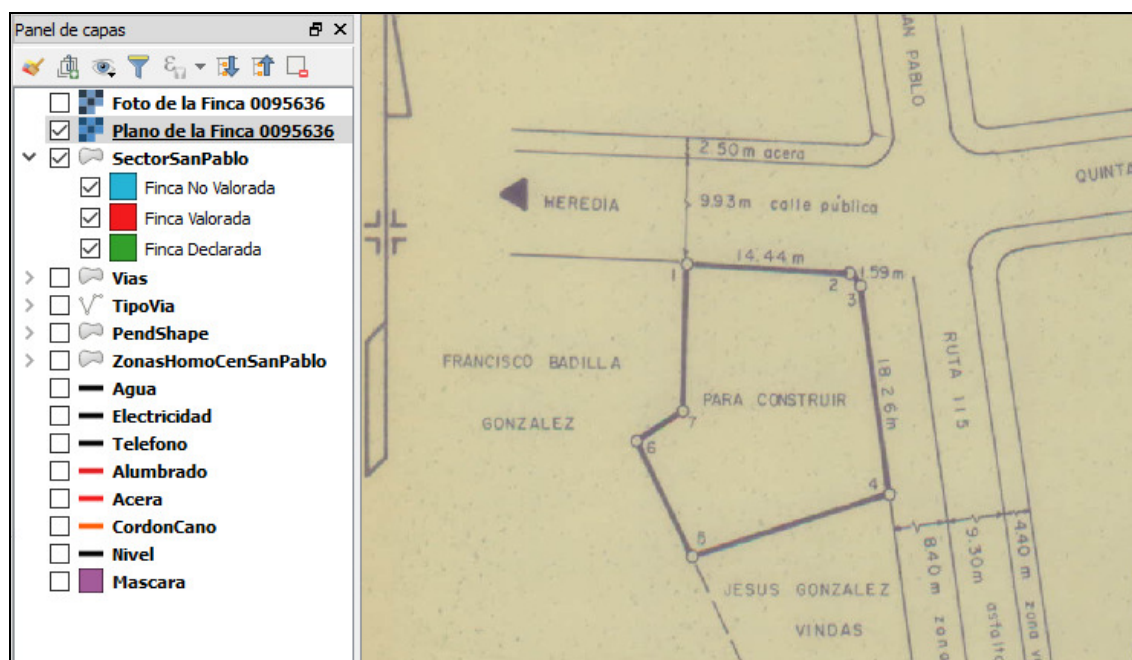
y se ejecuta el script con:



Una vez ejecutado el script, se realizan los cálculos necesarios para obtener el valor del terreno:

A continuación, se presenta el plano catastrado de la finca 95636 añadido por la aplicación al Panel de capas de QGis:

Ilustración 12. Plano catastrado de la Finca 95636



Observando la imagen, se comprueba que el plano catastrado es congruente con el predio seleccionado.

A continuación, se presenta la fotografía de la finca 95636 añadida por la aplicación al Panel de capas de QGis:

Ilustración 13. Fotografía de la Finca 95636



En la fotografía se observa que el predio a valorar corresponde a un lote vacante. La topografía no es plana, presenta una ligera inclinación hacia el sur (conforme al plano catastrado). Además, se observa que el predio tiene acera y cordón y caño en ambos frentes. Por último, se observa que hacia el norte, el terreno se encuentra a nivel de la calle pública, mientras que hacia el este el terreno se encuentra a 0.70 metros aproximadamente sobre el nivel de la calle pública.

A continuación, se presenta el cálculo del valor del terreno en Python de QGis:

Tabla 11. Cálculo del valor de terreno en Python de QGis

```

5 LOTE TIPO
6 Zona Homogenea = 409-01-U13
7 Valor Unitario = c 130,000.0
8
9 TERRENO A VALORAR, FINCA : 0095636
10 Area      = 403.68 metros cuadrados
11 Frente    = 19.85 metros
12 Forma     = 0.7139165800
13 Pendiente = 4.000000 por ciento
14 Ubicacion = 3
15 Nivel     = 0.70 metros
16 Via       = 3
17 Servicios 1 = 4
18 Servicios 2 = 16
19
20 FACTORES COMPARATIVOS
21 Factor Area Comp      = 0.7660333
22 Factor Frente Comp    = 1.2550691
23 Factor Forma Comp     = 0.8449358
24 Factor Pendiente Comp = 0.9500107
25 Factor Ubicacion Comp = 1.0233307
26 Factor Nivel Comp     = 0.9792190
27 Factor Via Comp       = 1.0667322
28 Servicios 1 Comp      = 1.0000000
29 Servicios 2 Comp      = 1.0000000
30
31 Factor Ajuste         = 0.8249331
32 Valor Unitario Terreno = c 107,241.30
33 Valor Terreno         = c 43,291,168.07

```

En los resultados se visualizan los datos de la zona homogénea, los cálculos de los parámetros del terreno a valorar, los cálculos de los factores comparativos, y los cálculos del factor de ajuste, el valor unitario de terreno y el valor del terreno.

Los cálculos obtenidos por la aplicación se almacenan o respaldan en la tabla de atributos de la capa SectorSanPablo:

Tabla 12. Almacenamiento de los cálculos en la capa Sector San Pablo

SectorSanPablo - Atributos del objeto espacial	
AREA	403.68
FRENTE	19.85
FORMA	0.71391658
PENDIENTE	4
UBICACION	3
NIVEL	0.7
TIPO_VIA	3
SERVICIOS1	4
SERVICIOS2	16
ESTADO	2
ZONA_HOM	409-01-U13
F_AREA_C	0.76603328
F_FRENTE_C	1.25506908
F_FORMA_C	0.84493584
F_TOPO_C	0.95001068
F_UBICAC_C	1.02333066
F_NIVEL_C	0.97921896
F_VIA_C	1.06673225
F_SERV1_C	1
F_SERV2_C	1
F_AJUSTE	0.82493308
VALOR_UNIT	107241.3
VALOR_TOT	43291168.07

A continuación, se presenta el cálculo del valor de terreno en Excel aplicando las fórmulas del modelo de valoración del ONT, con el fin de compararlos con los cálculos realizados en PyQGIS.

Tabla 13. Cálculo del valor de terreno en EXCEL

Parámetros	Lote Tipo	Lote Valorar					Factor
Área	180	403.68	Alfa	0.33	Beta	0.33	0.766033283439
Frente	8	19.85	Fte Mayor	19.85	^y	0.25	1.255069081845
Forma	1	0.7139165800	ρ	0.5	η	0.5	0.844935843718
Topografía	0	4					0.950010681010
Nivel	0	0.7	K1	-0.03	K2	-0.05	0.979218964569
Vía	4	3					1.066732246136
Ubicación	5	3	K	-0.026	Fu	1.05232289	1.023330659906
Servicios 1	4	4					1.000000000000
Servicios 2	16	16					1.000000000000
Valor Unitario	₡130,000.00	₡107,241.30				Factor ajuste	0.824933078603
Zona	1	Zona Residencial					
Valor del Terreno	₡43,291,168.07						

Los cálculos realizados en Python de QGIS son prácticamente iguales a los cálculos realizados en la hoja electrónica de Excel, según el modelo de valoración del ONT.

La finca 95636 colinda con dos calles públicas de igual importancia, tipo de vía 3, de color anaranjado. El algoritmo desarrollado calcula el frente mayor de 19.85 metros (18.26 metros+1.59 metros) entre los dos frentes. A su vez, la ubicación del terreno a valorar es esquinero, con un valor ordinal de 3 (intersección de dos frentes en forma consecutiva). La finca 95636 tiene todos los servicios 1 y todos los servicios 2, con valores ordinales de 4 y 16, respectivamente. La pendiente del terreno es de 4 por ciento, lo cual demuestra que el terreno tiene una ligera inclinación. Por último, el factor forma del lote a valorar calculado es de 0.71391658, el cual indica que al terreno valorado le hace falta un 28.6% para que sea totalmente rectangular.

Ahora bien, si comparamos los datos del plano catastrado y los parámetros del terreno calculados en PyQGIS, se observa que existe una pequeña diferencia en el área del terreno; en el plano catastrado dicho valor es de 403.21 m² y el área calculada es de 403.68m², con una diferencia de +0.47 m². Por lo que, se procede a modificar el área en la tabla de atributos de la capa SectorSanPablo.

A continuación, se muestra la tabla de atributos de la capa SectoSanPablo:

Tabla 14. Atributos de la capa Sector San Pablo

SectorSanPablo :: Objetos totales: 1044, filtrados: 1044, seleccionados: 1									
	PATH_FOTO	AREA	FRENTE	FORMA	PENDIENTE	UBICACION	NIVEL	TIPO_VIA	SERVIC
1	C:\VALORAUTOMATICO\FOTOS\110026.JPG	607.66	24.88	0.85497094	1.48	3	2.20	3	
2	C:\VALORAUTOMATICO\FOTOS\P000120.JPG	5342.07	81.06	0.78519076	2.95	1	1.00	3	
3	NO	403.68	19.85	0.71391658	4.00	3	0.70	3	
4	C:\VALORAUTOMATICO\FOTOS\29036.JPG	6017.17	84.00	0.95214114	1.41	2	0.00	3	

Para modificar los campos de esta tabla, se selecciona el ícono  para editar. Y una vez modificado el campo de área se respalda los cambios con el ícono .

A continuación, se presenta la modificación del área de terreno:

Tabla 15. Modificación del área de terreno

SectorSanPablo :: Objetos totales: 1044, filtrados: 1044, seleccionados: 1									
abc DISTRITO									
	PATH_FOTO	AREA	FRENTE	FORMA	PENDIENTE	UBICACION	NIVEL	TIPO_VIA	SERVIC
1	C:\VALORAUTOMATICO\FOTOS\110026.JPG	607.66	24.88	0.85497094	1.48	3	2.20	3	
2	C:\VALORAUTOMATICO\FOTOS\P000120.JPG	5342.07	81.06	0.78519076	2.95	1	1.00	3	
3	NO	403.21	19.85	0.71391658	4.00	3	0.70	3	
4	C:\VALORAUTOMATICO\FOTOS\29036.JPG	6017.17	84.00	0.95214114	1.41	2	0.00	3	

Una vez editado el área del terreno se ejecuta de nuevo la aplicación para que recalculé el valor de terreno. La aplicación diseñada calcula el valor del terreno a partir de los datos modificados de la tabla de atributos, sin considerar las capas cargadas en el panel de capas. En la tabla de atributos cualquier variable del terreno está propensa a ser editada. Si se realiza cualquier modificación, siempre se debe volver a ejecutar la aplicación diseñada en Python.

Tabla 16. Recálculo del valor de terreno en Python de QGis

5	LOTE TIPO	
6	Zona Homogenea =	409-01-U13
7	Valor Unitario = c	130,000.0
8		
9	TERRENO A VALORAR, FINCA :	0095636
10	Area	= 403.21 metros cuadrados
11	Frente	= 19.85 metros
12	Forma	= 0.7139165800
13	Pendiente	= 4.000000 por ciento
14	Ubicacion	= 3
15	Nivel	= 0.70 metros
16	Via	= 3
17	Servicios 1	= 4
18	Servicios 2	= 16
19		
20	FACTORES COMPARATIVOS	
21	Factor Area Comp	= 0.7663278
22	Factor Frente Comp	= 1.2550691
23	Factor Forma Comp	= 0.8449358
24	Factor Pendiente Comp	= 0.9500107
25	Factor Ubicacion Comp	= 1.0233579
26	Factor Nivel Comp	= 0.9792190
27	Factor Via Comp	= 1.0667322
28	Servicios 1 Comp	= 1.0000000
29	Servicios 2 Comp	= 1.0000000
30		
31	Factor Ajuste	= 0.8252722
32	Valor Unitario Terreno	= c 107,285.39
33	Valor Terreno	= c 43,258,540.87

Al modificarse el área de terreno, la aplicación recalcula; el factor área comparativo con un valor de 0.7663278, el factor ajuste con un valor de 0.8252722, el valor unitario de terreno con un monto de ¢107,285.39; y por último, el valor del terreno con ¢43, 258,540.87. De esta forma se valida el valor del terreno a partir de los cálculos de los 9 factores de terrenos hechos en la aplicación, y de la modificación hecha del área realizada a partir del plano de catastrado.

Por último, la aplicación respalda automáticamente los cálculos en la tabla de atributos de la capa SectorSanPablo:

Tabla 17. Almacenamiento de los cálculos depurados en la capa Sector San Pablo

SectorSanPablo - Atributos del objeto espacial	
AREA	403.21
FRENTE	19.85
FORMA	0.71391658
PENDIENTE	4
UBICACION	3
NIVEL	0.7
TIPO_VIA	3
SERVICIOS1	4
SERVICIOS2	16
ESTADO	2
ZONA_HOM	409-01-U13
F_AREA_C	0.76632783
F_FRENTE_C	1.25506908
F_FORMA_C	0.84493584
F_TOPO_C	0.95001068
F_UBICAC_C	1.02335786
F_NIVEL_C	0.97921896
F_VIA_C	1.06673225
F_SERV1_C	1
F_SERV2_C	1
F_AJUSTE	0.82527221
VALOR_UNIT	107285.39
VALOR_TOT	43258540.87

Los campos resaltados con color amarillo reflejan la modificación de los cálculos.

Ahora, se procede a valorar otro terreno con características diferentes a la finca valorada anteriormente:

Ilustración 14. Valoración del terreno de la Finca 107473



Como se observa, esta finca colinda con dos calles públicas de diferente tipo, una vía 4 (verde) y una vía 5 (rosado).

La forma del terreno es completamente rectangular.

La finca está localizada en el Residencial Las Brisas.

El residencial fue construido en el año de 1984.

Panel de capas

- ☒ ☒ **Plano de la Finca 0107473**
- ☒ ☒ **SectorSanPablo**
 - ☒ ☒ Finca No Valorada
 - ☒ ☒ Finca Valorada
 - ☒ ☒ Finca Declarada
- ☒ ☒ **Vias**
- ☒ ☒ **TipoVia**
- ☒ ☒ **PendShape**
- ☒ ☒ **ZonasHomoCenSanPablo**
- ☐ ☐ **Agua**
- ☐ ☐ **Electricidad**
- ☐ ☐ **Telefono**
- ☐ ☐ **Alumbrado**
- ☐ ☐ **Acera**
- ☐ ☐ **CordonCano**
- ☐ ☐ **Nivel**
- ☐ ☐ **Mascara**

Panel de capas

Nota: 105 lotes 35-45-47-49-51-53-55-57-59-61-63-65-67-69-71-73-75-77-79-81-83-85-87-89-91-93-95-97-99-101-103-105-107-109-111-113-115-117-119-121-123-125-127-129-131-133-135-137-139-141-143-145-147-149-151-153-155-157-159-161-163-165-167-169-171-173-175-177-179-181-183-185-187-189-191-193-195-197-199-201-203-205-207-209-211-213-215-217-219-221-223-225-227-229-231-233-235-237-239-241-243-245-247-249-251-253-255-257-259-261-263-265-267-269-271-273-275-277-279-281-283-285-287-289-291-293-295-297-299-301-303-305-307-309-311-313-315-317-319-321-323-325-327-329-331-333-335-337-339-341-343-345-347-349-351-353-355-357-359-361-363-365-367-369-371-373-375-377-379-381-383-385-387-389-391-393-395-397-399-401-403-405-407-409-411-413-415-417-419-421-423-425-427-429-431-433-435-437-439-441-443-445-447-449-451-453-455-457-459-461-463-465-467-469-471-473-475-477-479-481-483-485-487-489-491-493-495-497-499-501-503-505-507-509-511-513-515-517-519-521-523-525-527-529-531-533-535-537-539-541-543-545-547-549-551-553-555-557-559-561-563-565-567-569-571-573-575-577-579-581-583-585-587-589-591-593-595-597-599-601-603-605-607-609-611-613-615-617-619-621-623-625-627-629-631-633-635-637-639-641-643-645-647-649-651-653-655-657-659-661-663-665-667-669-671-673-675-677-679-681-683-685-687-689-691-693-695-697-699-701-703-705-707-709-711-713-715-717-719-721-723-725-727-729-731-733-735-737-739-741-743-745-747-749-751-753-755-757-759-761-763-765-767-769-771-773-775-777-779-781-783-785-787-789-791-793-795-797-799-801-803-805-807-809-811-813-815-817-819-821-823-825-827-829-831-833-835-837-839-841-843-845-847-849-851-853-855-857-859-861-863-865-867-869-871-873-875-877-879-881-883-885-887-889-891-893-895-897-899-901-903-905-907-909-911-913-915-917-919-921-923-925-927-929-931-933-935-937-939-941-943-945-947-949-951-953-955-957-959-961-963-965-967-969-971-973-975-977-979-981-983-985-987-989-991-993-995-997-999-1001-1003-1005-1007-1009-1011-1013-1015-1017-1019-1021-1023-1025-1027-1029-1031-1033-1035-1037-1039-1041-1043-1045-1047-1049-1051-1053-1055-1057-1059-1061-1063-1065-1067-1069-1071-1073-1075-1077-1079-1081-1083-1085-1087-1089-1091-1093-1095-1097-1099-1101-1103-1105-1107-1109-1111-1113-1115-1117-1119-1121-1123-1125-1127-1129-1131-1133-1135-1137-1139-1141-1143-1145-1147-1149-1151-1153-1155-1157-1159-1161-1163-1165-1167-1169-1171-1173-1175-1177-1179-1181-1183-1185-1187-1189-1191-1193-1195-1197-1199-1201-1203-1205-1207-1209-1211-1213-1215-1217-1219-1221-1223-1225-1227-1229-1231-1233-1235-1237-1239-1241-1243-1245-1247-1249-1251-1253-1255-1257-1259-1261-1263-1265-1267-1269-1271-1273-1275-1277-1279-1281-1283-1285-1287-1289-1291-1293-1295-1297-1299-1301-1303-1305-1307-1309-1311-1313-1315-1317-1319-1321-1323-1325-1327-1329-1331-1333-1335-1337-1339-1341-1343-1345-1347-1349-1351-1353-1355-1357-1359-1361-1363-1365-1367-1369-1371-1373-1375-1377-1379-1381-1383-1385-1387-1389-1391-1393-1395-1397-1399-1401-1403-1405-1407-1409-1411-1413-1415-1417-1419-1421-1423-1425-1427-1429-1431-1433-1435-1437-1439-1441-1443-1445-1447-1449-1451-1453-1455-1457-1459-1461-1463-1465-1467-1469-1471-1473-1475-1477-1479-1481-1483-1485-1487-1489-1491-1493-1495-1497-1499-1501-1503-1505-1507-1509-1511-1513-1515-1517-1519-1521-1523-1525-1527-1529-1531-1533-1535-1537-1539-1541-1543-1545-1547-1549-1551-1553-1555-1557-1559-1561-1563-1565-1567-1569-1571-1573-1575-1577-1579-1581-1583-1585-1587-1589-1591-1

El terreno es esquinero, colinda al noroeste con una alameda (acceso público), con un frente de 8.00 metros, y colinda al suroeste con una calle pública, con un frente de 18.50 metros. Su forma es rectangular.

A continuación, se presenta el cálculo del valor del terreno en Python de QGis:

Tabla 18. Cálculo del valor de terreno en Python de QGis

```

5 LOTE TIPO
6 Zona Homogenea = 409-01-U11
7 Valor Unitario = c 110,000.0
8
9 TERRENO A VALORAR, FINCA : 0107473
10 Area      = 148.03 metros cuadrados
11 Frente    = 18.50 metros
12 Forma     = 0.9997977800
13 Pendiente = 1.60000000 por ciento
14 Ubicacion = 3
15 Nivel     = 1.20 metros
16 Via       = 4
17 Servicios 1 = 4
18 Servicios 2 = 16
19
20 FACTORES COMPARATIVOS
21 Factor Area Comp      = 1.0259925
22 Factor Frente Comp    = 1.2331629
23 Factor Forma Comp     = 0.9998989
24 Factor Pendiente Comp = 0.9796961
25 Factor Ubicacion Comp = 1.0523229
26 Factor Nivel Comp     = 0.9646403
27 Factor Via Comp       = 1.0000000
28 Servicios 1 Comp      = 1.0000000
29 Servicios 2 Comp      = 1.0000000
30
31 Factor Ajuste         = 1.2581329
32 Valor Unitario Terreno = c 138,394.62
33 Valor Terreno         = c 20,486,555.12

```

En los resultados se visualizan los datos de la zona homogénea, los cálculos de los parámetros del terreno a valorar, los cálculos de los factores comparativos, y los cálculos del factor de ajuste, el valor unitario de terreno y el valor del terreno.

Los cálculos obtenidos por la aplicación se almacenan o respaldan en la tabla de atributos de la capa SectorSanPablo:

Tabla 19. Almacenamiento de los cálculos en la capa Sector San Pablo

SectorSanPablo - Atributos del objeto espacial	
AREA	148.03
FRENTE	18.5
FORMA	0.99979778
PENDIENTE	1.6
UBICACION	3
NIVEL	1.2
TIPO_VIA	4
SERVICIOS1	4
SERVICIOS2	16
ESTADO	2
ZONA_HOM	409-01-U11
F_AREA_C	1.02599249
F_FRENTE_C	1.23316286
F_FORMA_C	0.99989888
F_TOPO_C	0.97969614
F_UBICAC_C	1.05232289
F_NIVEL_C	0.96464029
F_VIA_C	1
F_SERV1_C	1
F_SERV2_C	1
F_AJUSTE	1.25813288
VALOR_UNIT	138394.62
VALOR_TOT	20486555.12

A continuación, se presenta el cálculo del valor de terreno en Excel aplicando las fórmulas del modelo de valoración del ONT, con el fin de compararlos con los cálculos realizados en PyQGIS.

Tabla 20. Cálculo del valor de terreno en EXCEL

Parámetros	Lote Tipo	Lote Valorar					Factor
Área	160	148.03	Alfa	0.33	Beta	0.33	1.025992486448
Frente	8	18.5	Fte Mayor	18.5	Y	0.25	1.233162857280
Forma	1	0.9997977795	p	0.5	η	0.5	0.999898884638
Topografía	0	1.6					0.979696136187
Nivel	0	1.2	K1	-0.03	K2	-0.05	0.964640293483
Vía	4	4					1.000000000000
Ubicación	5	3	K	-0.026	Fu	1.05232289	1.052322893283
Servicios 1	4	4					1.000000000000
Servicios 2	16	16					1.000000000000
Valor Unitario	₡110,000.00	₡138,394.62				Factor ajuste	1.258132879377
Zona	1	Zona Residencial					
Valor del Terreno	₡20,486,555.11						

Los cálculos realizados en Python de QGIS son prácticamente iguales a los cálculos realizados en la hoja electrónica de Excel, según el modelo de valoración del ONT.

La finca 107473 colinda con dos calles públicas de diferente importancia, tipo de vía 4 y tipo de vía 5. El programa define automáticamente la vía más importante, en este caso, la vía 4. El algoritmo desarrollado calcula el frente de acuerdo a la vía más importante, con un valor de 18.50 metros. A su vez, la ubicación del terreno a valorar es esquinero, con un valor ordinal de 3 (intersección de dos frentes en forma consecutiva). La finca 107473 tiene todos los servicios 1 y todos los servicios 2, con valores ordinales de 4 y 16, respectivamente. La pendiente del terreno es de 1.6 por ciento, lo cual indica que el terreno es casi plano. Por último, el factor forma calculado del lote a valorar es de 0.9997977795, lo cual indica que al terreno valorado es completamente rectangular.

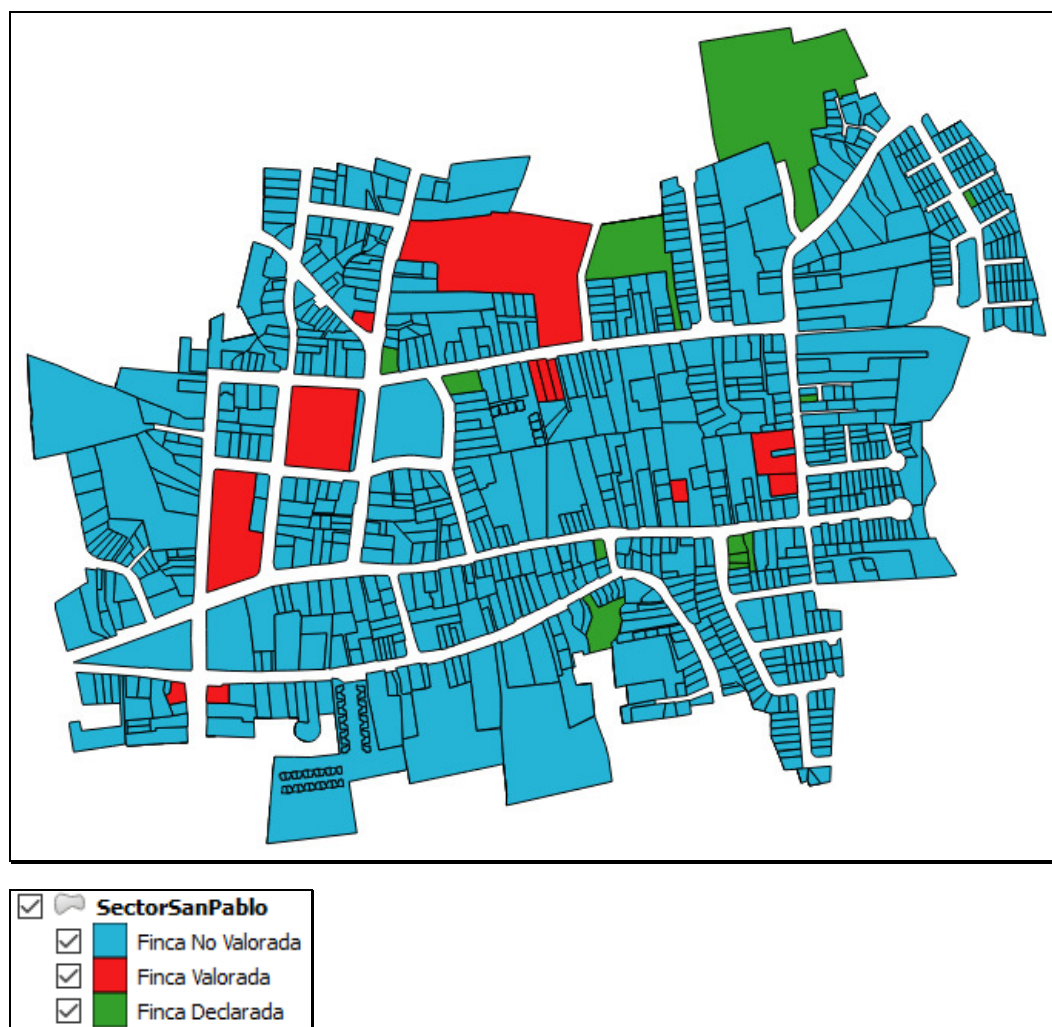
Ahora bien, si comparamos los datos del plano catastrado y los parámetros del terreno calculados en PyQGIS, se observa que prácticamente no existen diferencias. Por lo que, no hay necesidad de editar los campos de la tabla de atributos de la capa SectorSanPablo.

Estadística de las valoraciones realizadas por la aplicación en PyQGis

La aplicación diseñada en PyQGis permite llevar una estadística de las fincas que no han sido valoradas, fincas valoradas y fincas declaradas. También, se muestra la base imponible y el Impuesto sobre Bienes Inmuebles que se generaría para el próximo periodo fiscal.

En la siguiente imagen se visualizan las fincas no valoradas, las fincas valoradas y las fincas declaradas:

Ilustración 16. Capa vectorial del Sector San Pablo



Conforme se valoren o declaren los terrenos urbanos, el programa automáticamente actualiza la estadística.

Tabla 21. Estadística del proceso de valoración de bienes inmuebles

35 ESTADISTICA	
36 Fincas sin valorar	= 1020
37 Fincas Valoradas	= 12
38 Base Imponible	= c 1,947,688,525.82
39 Fincas Declaradas	= 12
40 Base Imponible	= c 1,157,186,084.76
41 Base Imponible Total	= c 3,104,874,610.58
42 Impuesto Bienes Inmuebles	= c 7,762,186.53

Por ejemplo, según los cálculos realizados, de las 1044 propiedades que conforman el sector del centro de San Pablo, 1020 no han sido valoradas o declaradas. Doce propiedades han sido valoradas y doce propiedades han sido declaradas.

De las 24 propiedades que se han valorado y declarado se ha generado un Impuesto de Bienes Inmuebles de ¢7,762,186.53. Cada vez que se valore un terreno urbano, la base imponible y el impuesto de bienes inmuebles aumenta en forma gradual, con el simple hecho de seleccionar un predio y ejecutar la aplicación diseñada para tal efecto.

Es importante destacar, que un perito valuador puede valorar en el campo un promedio de 20 propiedades por día (incluyendo las construcciones). En cambio, con esta aplicación el perito valuador podrá valorar 50 o más terrenos por día, directamente desde su oficina, sin la necesidad de salir al campo; ahorrando tiempo y dinero, simplemente aprovechando los recursos informáticos de hoy en día. Con la salvedad, de que la calidad de los avalúos de los terrenos, dependerá en gran medida de la precisión de los insumos de las capas vectoriales, principalmente de la capa predial. Además, el montaje de las capas no debe permitir ningún tipo de inconsistencia. Es decir las relaciones espaciales entre las capas deben ser totalmente congruentes, la integridad de los datos debe ser exacta.

Inconsistencias del mosaico catastral de la capa de predios del Sector San Pablo

En la ejecución de la aplicación, se han detectado en un grupo de fincas, diferencias entre el área calculada por el programa y el área indicada en el plano catastrado. También, en el frente se han encontrado diferencias, pero en menor magnitud. Este problema se ha presentado principalmente en el centro y en los alrededores del sector central de San Pablo de Heredia. En los Residenciales Las Brisas y El Páramo localizados hacia el este de dicho sector las diferencias son mínimas o casi nulas. Los predios de estos residenciales tienen formas muy rectangulares.

Las inconsistencias pueden ser originadas por lo siguiente:

Una mala digitación de los polígonos o predios por parte del funcionario municipal.

Algunos datos del derrotero (azimut o distancia) están indicados erróneamente por parte del topógrafo que hizo el plano catastrado. Anteriormente, no existía por parte del Catastro Nacional un lineamiento que le permitiera al registrador verificar el área del plano; actualmente si se verifica el área del terreno indicado en el plano catastrado.

En el diseño del mapa predial el digitador municipal dibuja e integra cada uno de los predios, ensamblando o ajustando los predios, con el fin de que la topología sea la correcta. Esto hace que algunos linderos se modifiquen tanto en dirección como en magnitud, y por ende se modifica automáticamente el área de algunos predios.

CONCLUSIONES

La aplicación diseñada a partir de software libre (QGis y Python) permite valorar en forma automática el valor del terreno, a partir de información geoespacial, sin necesidad ingresar datos manualmente; simplemente haciendo un clic sobre el predio. Esta aplicación le permite al funcionario municipal realizar avalúos de terrenos urbanos en forma masiva, directamente desde la oficina, sin necesidad de realizar visitas al campo.

La precisión de los cálculos de los parámetros del terreno urbano dependerá de la calidad de los insumos, principalmente de la capa de predios del mosaico o mapa catastral. Además, si el montaje de esta capa de predios con respecto a las capas de zonas homogéneas, vías, nivel, servicios1 y servicios 2 se realiza con exactitud, los resultados obtenidos serán de calidad.

Los cálculos de cada uno de los parámetros del terreno urbano coinciden plenamente con los resultados del modelo de valoración del ONT; los cuales fueron plenamente comparados y validados.

La aplicación diseñada les permitirá a los funcionarios de la oficina de valoraciones de la municipalidad llevar un control de calidad de los avalúos, ya sea que realice un funcionario municipal o un profesional contratado.

Por último, el programa realizado le permite al funcionario municipal verificar los datos que indique el propietario en una declaración de bienes inmuebles. El titular del inmueble no podrá indicar en dicho documento, información que no concuerde con la realidad.

RECOMENDACIONES

Se debe mejorar la calidad del mapa catastral, de tal forma, que no permita ningún tipo de inconsistencia. Con los planos que se inscriben ante el Catastro Nacional a partir del 2008 se elimina el error del cálculo del área a partir del derrotero.

Para el cálculo de la pendiente, será necesario realizar un levantamiento en tercera dimensión del relieve del terreno, que le permita al municipio crear las curvas de nivel del cantón, y calcular con precisión la pendiente de cada uno de los predios a tasar.

Se recomienda incorporar las zonas rurales, las zonas homogéneas pareadas al modelo de valoración de terrenos urbanos; que le facilite al funcionario municipal valorar terrenos urbanos y rurales.

Los condominios son bienes que se deben incorporar al modelo de valoración de terrenos, que le permita al funcionario municipal valorar condominios verticales, horizontales, mixtos y condominios en condominios.

Por último, es importante considerar la parte constructiva, que involucre tanto el levantamiento en el campo o en la ortofoto, y el ploteo de cada una de las construcciones, instalaciones y obras complementarias. Además, es importante considerar los permisos de construcción con el fin de dibujar las construcciones directamente sobre el SIG, e incorporar al sistema los siguientes parámetros: tipo de construcción, vida útil, edad y estado de conservación.

LITERATURA

Laurini Robert, Thompson Derek. (1994). *Fundamentals of Spatial Information Systems*. San Diego, CA: Academic Press Limited.

Órgano de Normalización Técnica. (1999). *Método de valoración de bienes inmuebles para fincas urbanas* (Gaceta No. 232, 30 de noviembre de 1999). Ministerio de Hacienda, San José, Costa Rica.

Sevilla Hernández, Carlos. (2003). *Modelo para optimizar sostenidamente la base imponible del Impuesto sobre Bienes Inmuebles* (Proyecto Profesional). Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

Gutiérrez A., Leandro. (2008). *Sistemas de Información Geográfica como herramienta en el proceso de valuación de terrenos rurales* (Proyecto de Graduación). Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

Ley de Impuesto sobre Bienes Inmuebles y su Reglamento. (2009). San José, Costa Rica: Editorial Investigaciones Jurídicas S.A.

Órgano de Normalización Técnica, (2015). “Factores de Afectación usados por el VALORA”, Ministerio de Hacienda, San José, Costa Rica.

CEA, C. d. (2010). *Sistemas de Información Geográfica, tipos y aplicaciones*. Obtenido de Tipos de SIG: http://sig.cea.es/tipos_SIG

Quiroz, R. (30 de abril de 2015). *Gidahatari* . Obtenido de Algunos datos sobre PyQGIS : <http://gidahatari.com/ih-es/algunos-datos-sobre-pyqgis>