

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Implementación de herramientas BIM para el análisis de prefactibilidad de costos de
urbanización de proyectos inmobiliarios**

Doménica Mishell Andrade Sánchez

Ingeniería Civil

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito

para la obtención del título de

INGENIERA CIVIL

Quito, 07 de diciembre de 2021

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Implementación de herramientas BIM para el análisis de prefactibilidad de costos
urbanización de proyectos inmobiliarios**

Doménica Mishell Andrade Sánchez

Nombre del profesor, Título académico

Juan José Recalde Rosero, Ph. D.

Quito, 07 de diciembre de 2021

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Doménica Mishell Andrade Sánchez

Código: 00202048

Cédula de identidad: 1723266944

Lugar y fecha: Quito, 07 de diciembre de 2021

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se emplean herramientas BIM para el desarrollo de una metodología que permita tomar decisiones con respecto a la ejecución de un proyecto de urbanización en un tiempo muy reducido. Con cantidades de obra muy cercanas a la realidad se puede obtener un presupuesto con menor margen de error. En el presente trabajo se indagó el uso de diferentes programas BIM, para lo cual se identificó a Autodesk Civil 3D como el más idóneo. Para la definición de una metodología, se exploró el uso de la herramienta en un predio de 15 000 m² aproximadamente del cual se contaba con un levantamiento topográfico. El pre-diseño resultó en una vía de 253.56 m de longitud, 14 lotes de 600 m², y 1584.62 m² de área verde. La metodología propuesta consiste en realizar el un pre-diseño de la obra mediante el uso del software Autodesk Civil 3D, que permite diseñar la vía y parcelar el lote, obteniendo cantidades de obra referenciales. Además, una vez obtenido el pre-diseño, se busca obtener una visualización completa del mismo con herramientas de modelado como son Sketchup y Lumion. Se implementó la metodología en un lote de terreno de aproximadamente 10 000 m², el cual resultó en una vía de 242.24 m de longitud, 14 lotes de 600 m² aproximadamente y áreas verdes de 1620.88 m². Para la estimación de los costos de construcción, se obtuvieron valores referenciales a niveles de precios del 2021 para obras de urbanización en el cantón Quito, tomando en consideración los sistemas de alcantarillado, electricidad, agua potable, y vías. En base a esta información se estimaron costos medios de obra de urbanización, logrando una metodología completa de análisis para la etapa de prefactibilidad de urbanización de proyectos inmobiliarios que permita a los promotores tomar decisiones en base a datos más precisos de la alternativa estudiada.

Palabras clave: BIM, prefactibilidad, metodología, tiempo, costos, urbanización, proyectos inmobiliarios.

ABSTRACT

In this thesis project, BIM tools are used for the development of a methodology that allows making decisions regarding the execution of an urbanization project in a very short time. With quantities of work very close to reality, it is possible to calculate a budget with a smaller margin of error. In the present work, the use of different BIM programs was investigated, for which Autodesk Civil 3D was identified as the most suitable. For the definition of a methodology, the use of the tool was explored on a plot of approximately 15,000 m² of which there was a topographic survey. The pre-design resulted in a 242.24 m long road, 14 lots of 600 m², and 1584.62 m² of green area. The proposed methodology consists of carrying out a pre-design of the work using Autodesk Civil 3D software, which allows designing the road and dividing the lot, obtaining reference quantities of work. In addition, once the pre-design is obtained, it is sought to obtain a complete visualization of it with modeling tools such as Sketchup and Lumion. The methodology was implemented in a plot of land of approximately 10,000 m², which resulted in a 242.24 m long road, 14 lots of approximately 600 m² and green areas of 1,620.88 m². For the estimation of construction costs, reference values were obtained at 2021 price levels for urbanization works in the Quito canton, taking into consideration the sewerage systems, electricity, drinking water, and roads. Based on this information, average costs of urbanization work were estimated, achieving a complete analysis methodology for the pre-feasibility stage of urbanization of real estate projects that allows developers to make decisions based on more precise data of the alternative studied.

Key words: BIM, pre-feasibility, methodology, time, costs, urbanization, real estate projects.

TABLA DE CONTENIDO

1.INTRODUCCIÓN	
1.1	Antecedentes 11
1.2	Justificación..... 13
1.3	Objetivos 14
1.4	Actividades por realizarse 14
1.5	Resultados esperados..... 14
1.6	Definiciones 14
2. MARCO TEÓRICO	
2.1	Marco legal..... 16
2.1.1	Legislación Vigente..... 16
2.1.2	Especificaciones técnicas y funcionales. 17
2.1.2.1	Diseño vial. 18
2.1.2.2	Loteamiento. 20
2.2	Descripción del lote..... 21
2.3	Fase exploratoria 23
2.3.1	Superficie del terreno..... 24
2.3.2	Diseño vial..... 26
2.3.3	Urbanización del lote..... 34
2.3.4	Resultados y análisis..... 34
2.4	Metodología de análisis aplicando tecnología BIM para la etapa de prefactibilidad de proyectos inmobiliarios 36
2.4.1	Selección del terreno. 36
2.4.2	Desarrollo de la guía..... 38
2.5	Estimacion de costos 67
2.6	Resultados de la aplicación de la metodología a un lote de prueba 75
2.6.1	Cantidades de obra..... 75
2.6.2	Área verde..... 76
2.6.3	Urbanización del lote..... 76
2.6.4	Análisis de precios unitarios..... 77
3. CONCLUSIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 81	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Volumen de cantidad de material de la estructura del pavimento	35
Tabla 2. Volumen de corte y relleno.....	35
Tabla 3. Número, área y perímetro de parcelas	36
Tabla 4. Rubros por analizar.....	67
Tabla 5. Rubros Subdivisión Jardines de San Enrique	67
Tabla 6. Rubros Subdivisión Orizzonte departamentos.....	68
Tabla 7. Rubros Subdivisión Lote 2	68
Tabla 8. Aproximación de costos EPMMOP.....	68
Tabla 9. Análisis de precios unitarios (alcantarillado).....	69
Tabla 10. Análisis de precios unitarios (agua potable).....	70
Tabla 11. Análisis de precios unitarios (energía eléctrica)	70
Tabla 12. Análisis de precios unitarios (telefonía)	70
Tabla 13. Volumen de corte y relleno-calzadas y aceras.....	71
Tabla 14. Análisis de precios unitarios (calzada)	71
Tabla 15. Análisis de precios unitarios (aceras)	71
Tabla 16. Aproximación de costos CAMICON.....	72
Tabla 17. Análisis de precios unitarios (agua potable).....	72
Tabla 18. Análisis de precios unitarios (energía eléctrica)	73
Tabla 19. Análisis de precios unitarios (telefonía)	73
Tabla 20. Análisis de precios unitarios (calzada)	74
Tabla 21. Análisis de precios unitarios (aceras)	74
Tabla 22. Media de precios unitarios de cada rubro	75
Tabla 23. Volumen de cantidad de material de la estructura del pavimento	75
Tabla 24. Volumen de corte y relleno.....	75
Tabla 25. Número, área y perímetro de parcelas	76
Tabla 26. Cálculo del costo total de rubros de urbanización	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variación del precio de venta de m ² en la ciudad de Quito	12
Figura 2. Dimensiones Mínimas para Vías Urbanas	19
Figura 3. Valores de diseño para cul de sac	20
Figura 4. Informe de Regulación Municipal	22
Figura 5. Informe de Regulación Metropolitana.....	22
Figura 6. Informe de Regulación Metropolitana.....	23
Figura 7. Plano topográfico del terreno	25
Figura 8. Modelado de la superficie del terreno	26
Figura 9. Diseño vial y urbanización del lote	27
Figura 10. Perfil longitudinal de la vía principal	27
Figura 11. Perfil longitudinal del cul de sac	28
Figura 12. Sección transversal de la vía aplicada	28
Figura 13. Ensamblaje calle principal.....	29
Figura 14. Ensamblaje medio izquierdo	29
Figura 15. Ensamblaje medio derecho.....	30
Figura 16. Ensamblaje para empalme de giro.....	30
Figura 17. Alineación cul de sac	31
Figura 18. Vista modo realista corredor completo.....	32
Figura 19. Líneas de muestreo para alineación.....	32
Figura 20. Secciones transversales (calle principal).....	33
Figura 21. Secciones transversales (cul de sac).....	33
Figura 22. Diseño final del lote (área verde)	34
Figura 23. Informe de Regulación Metropolitana.....	37
Figura 24. Ubicación geográfica del terreno.....	38
Figura 25. Polígono importado a Global Mapper	39
Figura 26. Conexión georreferenciada del terreno	39
Figura 27. Generación de contornos	40
Figura 28. Exportación del terreno	40
Figura 29. Importación del terreno a Civil 3D.....	41
Figura 30. Creación de la superficie	41
Figura 31. Superficie generada en Civil 3D.....	42
Figura 32. Edición estilo de superficie	42
Figura 33. Edición estilo de superficie	43
Figura 34. Creación de alineación	43
Figura 35. Alineación y desface.....	44
Figura 36. Corrección radios de giro	44
Figura 37. Desface de alineación	45
Figura 38. Creación del perfil del terreno	45
Figura 39. Pasos creación del perfil del terreno.....	46
Figura 40 Pasos creación del perfil del terreno.....	46
Figura 41. Pasos creación del perfil del terreno.....	46
Figura 42. Pasos creación del perfil del terreno.....	47
Figura 43. Pasos creación del perfil del terreno.....	47
Figura 44. Pasos creación del perfil del terreno.....	48
Figura 45. Diseño de la rasante.....	48
Figura 46. Edición geométrica del perfil	49
Figura 47. Perfil y rasante.....	49

Figura 48. Ensamblaje	50
Figura 49. Edición de la geometría del ensamblaje	50
Figura 50. Creación del corredor	51
Figura 51. Superficie del corredor-Código Datum	51
Figura 52. Contornos de la superficie del corredor.....	52
Figura 53. Creación de las líneas de muestreo.....	52
Figura 54. Herramientas de líneas de muestreo	53
Figura 55. Especificación de estaciones (líneas de muestreo).....	53
Figura 56. Creación se vistas de sección	54
Figura 57. Sección transversal	54
Figura 58. Pasos análisis de corte y relleno	55
Figura 59. Superficies de análisis	55
Figura 60. Tablas de volumen de cantidades de material	56
Figura 61. Herramienta parcela.....	56
Figura 62. Herramientas de creación de parcelas	57
Figura 63. Asignación del frente a cada parcela	57
Figura 64.Importación al programa Sketchup Fuente: Sketchup.....	58
Figura 65. Creación de la topografía.....	58
Figura 66. Vías y parcelamiento como líneas	59
Figura 67. Generación de la vía	59
Figura 68. Modelado de la vía-elevación cada 5m.	60
Figura 69. Creación de bloques para vía.....	60
Figura 70. Modelo de la vía	61
Figura 71. Implantación de la vía en el terreno	61
Figura 72. Dibujo del perímetro de las parcelas	62
Figura 73. Implantación de plataformas	62
Figura 74. Dibujo del área verde.....	63
Figura 75. Implantación área verde	63
Figura 76. Creación volúmenes-viviendas.....	64
Figura 77. Modelado de medidas de vivienda	64
Figura 78. Base del terreno	65
Figura 79. Modelo en Sketchup	65
Figura 80. Herramientas en Lumion	66
Figura 81. Modelado en Lumion	66

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El sector inmobiliario es un área que se encuentra en constante cambio. Esta industria es considerada como uno de los indicadores y uno de los mayores motores de crecimiento económico del país. Se caracteriza también como un gran generador de empleo, con la particularidad de ser el mayor empleador de mano de obra no especializada (Superintendencia de Control del Poder del Mercado, 2016).

Lamentablemente en el año 2019, principalmente sus últimos tres meses existió un decrecimiento debido a manifestaciones sociales y políticas, con crisis económicas que desmotivaron de cierta manera el acceso a viviendas en el país. En el año 2020, en sus dos primeros meses se refleja un decrecimiento de 19,9% con respecto al mismo periodo de tiempo del año 2019 y en los cuatro primeros meses un decremento de 45,5%, atribuido al confinamiento por COVID-19 (APIVE, 2020). Sin embargo, el Banco Central estimó en mayo del 2021 que el sector de la construcción representara el 7.22% del PIB a finales del 2021, a pesar de que su crecimiento es menor comparado con años anteriores. (Primicias, 2020).

Es importante considerar que el crecimiento poblacional y por ende la demanda de vivienda no se suspende mientras la económica se detiene. Por lo cual es importante implementar medidas económicas para acelerar su recuperación. Como se había mencionado con anterioridad, el sector de la construcción es una de las principales fuentes de trabajo en el Ecuador. La inversión en el mercado inmobiliario y de la construcción en general, se convierte en una serie de pagos que activa y fortalece de manera directa e indirecta diferentes actividades económicas.

Con respecto al mercado inmobiliario, según Properati (Portal de compra y arriendo de inmueble en Latinoamérica) el precio de venta del m² en la ciudad de Quito para el mes de

octubre del presente año cerró con un porcentaje positivo, con una variación mensual de $\pm 2,11\%$. Este portal también calcula un precio promedio referencial de 1352 USD/m² y específicamente en el sector del valle de Tumbaco es de 1486.51 USD/m² lo que representa una variación interanual de un $\pm 6,10\%$. En la Figura 1 se puede observar la evolución del precio del m² en venta en la ciudad de Quito, desde enero del año 2017 a octubre del 2021; donde se puede denotar la caída del mercado en el año 2020 y su crecimiento continuo en el año 2021.

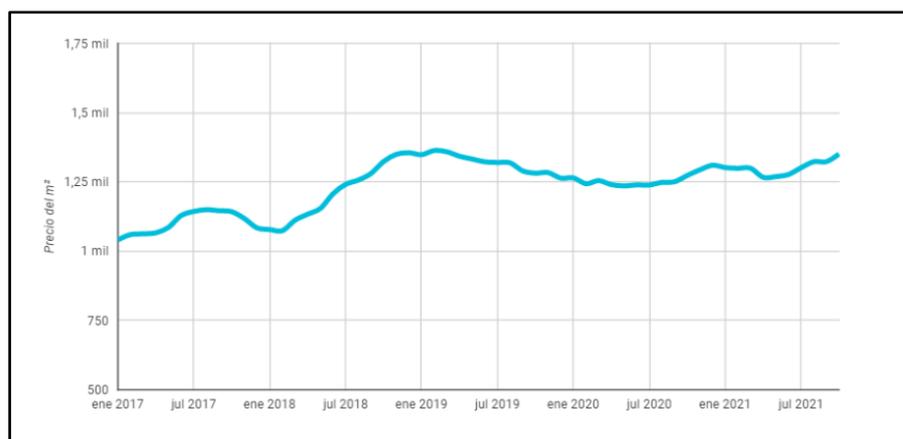


Figura 1. Variación del precio de venta de m² en la ciudad de Quito

Fuente: Properati

El término BIM (Building Information Model) fue introducido por Autodesk en 2002. Es un sistema que tiene como objetivo la gestión y planificación en diferentes etapas de un proyecto de construcción. Su característica principal es que concibe al proyecto como un todo único, en donde, el cambio en cualquiera de sus parámetros conlleva el cambio automático del resto (Gamayunova & Vatin, 2014). Este método gestiona la información proporcionada por diferentes softwares como Revit, Civil 3D, Infracore, Recap Pro, Autodesk Docs, entre otros. La aplicación de sistemas de software BIM en la industria de la construcción permiten mejorar la calidad y velocidad de desarrollo de la documentación del proyecto, aumentar la rentabilidad de la obra, minimizar los riesgos constructivos y operativos asociados a errores

de diseño (Gamayunova & Vatin, 2014). La tecnología BIM ayuda a arquitectos, ingenieros, contratistas y clientes a la visualización y simulación, a realizar cálculos del costo estimado y a tomar decisiones en general con respecto a la infraestructura (Gamayunova & Vatin, 2014).

1.2 Justificación

Según proyecciones realizadas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos, INEC, la población de la ciudad de Quito al año 2021 es de aproximadamente 2'900.000 habitantes, cifra que corresponde al Distrito Metropolitano de Quito es decir se incluye a las parroquias urbanas y rurales (Población de Quito 2021, 2021).

El crecimiento poblacional es un factor importante por considerar dentro del sector inmobiliario. De acuerdo con las Naciones Unidas, para el año 2050 la población mundial será de casi 9 700 millones de habitantes (Naciones Unidas, 2020). Por lo cual el ámbito inmobiliario, arquitectónico y de ingeniería serán los encargados de ofrecer infraestructura y proyectos que brinden una mejor calidad de vida.

Es aquí donde radica la importancia de la implementación de tecnología BIM para el análisis de terrenos o alternativas de proyectos inmobiliarios ya que permite explorar diferentes opciones a las tradicionales como son las que ofrecen las herramientas CAD, o análisis financieros simples en hojas de cálculo, reduciendo así recursos importantes, como es el tiempo de planificación de un proyecto.

Dentro de la gerencia de la construcción se busca implementar e innovar la manera de diseñar y planificar proyectos futuros, con el fin de acortar tiempos de diseño, planificación y costos (Sabol, 2013). Es por lo tanto necesario buscar métodos de análisis rápidos y precisos para estimar los costos de urbanización de un proyecto y poder así analizar una alternativa de inversión para una adecuada toma de decisiones por parte del promotor inmobiliario.

1.3 Objetivos

Para el presente trabajo se enlistan los siguientes objetivos:

- a) Implementar el uso de tecnología BIM para la planificación de proyectos inmobiliarios
- b) Proponer una metodología para el análisis de prefactibilidad de un proyecto.
- c) Obtener datos paramétricos para realizar una estimación de costos a nivel de prefactibilidad

1.4 Actividades por realizarse

A continuación, se presentan las actividades que son necesarias para la ejecución del proyecto:

- a) Identificar y aprender el uso de una herramienta BIM para desarrollo de urbanizaciones.
- b) Obtener datos topográficos de un lote a estudiar
- c) Implementar la herramienta BIM para diseño de plan masa de urbanización: lotes, vías, aceras, áreas verdes, paisajismo, tipología urbana.
- d) Proponer una metodología de análisis.
- e) Obtener una base de datos paramétricos de costos de urbanizar.

1.5 Resultados esperados

A continuación, se enlistan los resultados que se desea alcanzar:

- a) Diseño a nivel de factibilidad de una urbanización aplicando BIM.
- b) Metodología de análisis de prefactibilidad que permita la toma de decisión de la inversión en un terreno.
- c) Base de datos paramétricos de costos de urbanizar en el cantón Quito.

1.6 Definiciones

BIM: Building Information Modeling

COS: Coeficiente de Ocupación del Suelo

COSPB: Coeficiente de Ocupación del Suelo Planta Baja

IRM: Informe de Regulación Metropolitana

COOTAD: Código Orgánico de Organización Territorial

EPMMOP: Empresa Publica Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas

CAMICON: Cámara de Construcción de Pichincha

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Marco legal

2.1.1 Legislación Vigente.

Existen diferentes legislaciones, códigos y ordenanzas que rigen la realización de proyectos urbanísticos dentro del Distrito Metropolitano de Quito. Dicha normativa es aplicada para la división de lotes, diseño vial y construcción de infraestructura para el proyecto en cuestión.

Para el desarrollo del presente trabajo se hace uso del Código Orgánico de Organización Territorial. Dicho documento fue publicado oficialmente el 19 de octubre del 2010 y su última modificación fue realizada el 31 de diciembre del 2019. Establece la organización político-administrativa del Estado ecuatoriano en el territorio. Encargado de establecer funciones para los gobiernos autónomos descentralizados.

En el artículo 54. Se establece como función del gobierno descentralizado municipal con respecto a la división de suelo para fraccionamiento y urbanización entregar por una sola vez como mínimo el quince por ciento (15%) y máximo el veinticinco por ciento (25%) calculado del área útil del terreno en calidad de áreas verdes y comunales, de acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial, destinando exclusivamente para áreas verdes al menos el cincuenta por ciento de la superficie entregada (Codigo Orgánico de Organización Territorial, COOTAD, 2010).

Con respecto al fraccionamiento y urbanización de un terreno específico el COOTAD explica las principales diferencias en el artículo 470 bajo las siguientes condiciones. Se considera fraccionamiento o subdivisión urbana o rural a la división de un terreno de dos a diez lotes, con frente o acceso a alguna vía pública existente o en proyecto. La urbanización es la división de un terreno mayor a diez lotes o su equivalente en metros cuadrados en función de la multiplicación del área del lote mínimo por diez,

que deberá ser dotada de infraestructura básica y acceso, y que será entregada a la institución operadora del servicio para su gestión (COOTAD, 2010).

El objetivo principal del código es determinar el régimen de uso del suelo y urbanístico. Para lo cual se instituyen ciertas condiciones de urbanización, parcelación, lotización, división o cualquier otra forma de fraccionamiento de acuerdo con la planificación cantonal, garantizando porcentajes para zonas verdes y áreas comunales (COOTAD, 2010).

Además, se hace uso del Anexo Único de Reglas Técnicas de Arquitectura y Urbanismo (RT-AU), anexo del libro Innumerado “DEL RÉGIMEN ADMINISTRATIVO DEL SUELO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO” para analizar el terreno propuesto. Dicho documento brinda valores que definen el diseño urbanístico, considerando áreas verdes, áreas mínimas de lotes, y valores recomendados para el trazado de vías. El objetivo de aplicar la normativa es mejorar las condiciones del hábitat. Es necesario establecer normas mínimas de diseño y construcción que aseguren la funcionalidad, seguridad y estabilidad de los proyectos.

Para el presente trabajo, en base a la topografía dada se busca crear una superficie que represente el terreno a ser analizado. Se diseñarán las vías pertenecientes a la urbanización para proceder luego con la división del terreno en lotes utilizando la herramienta de parcelas en Civil 3D. Para ello es necesario cumplir con las medidas y especificaciones dadas por la norma anteriormente mencionada.

2.1.2 Especificaciones técnicas y funcionales.

El documento de las Reglas Técnicas de Arquitectura y Urbanismo, dictan las siguientes condiciones y valores para el diseño de vías y loteamiento que se describen a continuación.

2.1.2.1 Diseño vial.

A continuación, se describen las características técnicas y funcionales para el diseño de vías urbanas que servirán dentro del anteproyecto.

El tipo de vía considerada para la calzada del proyecto recibe el nombre de vía local.

Vía local: Estas conforman el sistema vial urbano menor y tiene conexión con las vías colectoras. Cumplen con las características funcionales:

- Permiten la movilidad al interior de sectores urbanos.
- Tienes prioridad la circulación peatonal.
- Permiten una velocidad de operación de hasta 30km/h.
- Admiten medidas de moderación de tráfico.
- Dan acceso a los predios frentistas.
- Todas las intersecciones son a nivel.

Sistema de vías peatonales: Estas vías son para uso exclusivo del tránsito peatonal, cumple con las siguientes características:

- Permiten la movilidad no motorizada al interior de sectores urbanos
- Excepcionalmente permiten el paso de vehículo de residentes para acceso a sus predios
- Dan acceso a los predios frentistas
- Todas las intersecciones son a nivel
- No permiten el estacionamiento de vehículos.

Aceras y veredas: El ancho mínimo de las aceras deberá estar en relación con la clasificación vial del Cuadro No. 1 de Especificaciones Mínimas de Vías, constantes en el Régimen del Suelo del Distrito Metropolitano de Quito del Código Municipal.

TIPO	DIMENSIONES MÍNIMAS DE VÍAS URBANAS											CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
	Nº de carriles por sentido	Ancho de carril m.	Parterre m.	Acera 8 m.	Espaldón Interno m.	Espaldón Externo m.	Nº Carriles estacionam.	Ancho carriles de estacionam. m.	Ancho total de Via m.	Distancia paralela entre ejes viales m.	Longitud de la Via m.	Velocidad de proyecto Km/h.	Velocidad Máxima de operación Km/h.
Expresa ¹	3	3.65	6		1.05	2.5			35	3001 ó >	Variable	90	80
Semi-Expresa	2	3.65	6		0.5	2			25.6	1501-3000	Variable	70	70
Arterial ¹	3	3.65	4	5					35.9	1501-3000	Variable	70	60
Colectoras ⁴													
A	2	3.65	4	3.5			2	2.2	30	501-500	1001 ó >	70	50
B	2	3.5		2					18	400-500	501-1000	50	40
Locales ⁴	Nº total carriles												
C	2	3		3			2	2	16		401-500		
D	2	3		3			1	2	14		301-400		
E	2	3		3					12		201-300		
F	2	3		2					10		101-200		
G	2	2.8		1.2					8		Hasta 100		
Escalinatas ³		3				1.5			6				

Figura 2. Dimensiones Mínimas para Vías Urbanas

Fuente: Documento Anexo Único de Reglas Técnicas de Arquitectura (2019)

Como se puede observar en el gráfico las vías locales se subdividen en 5 tipos, clasificación que depende de su longitud. Para cada uno se tiene el ancho mínimo de acera y carril. Para el proyecto en cuestión, debido a sus medidas se aplicará la vía local tipo F, para la calle principal ya que su longitud ronda entre 101-200m.

Radios de giro: El radio de giro mínimo debe corresponder a la mínima trayectoria que requiere un vehículo para girar, así como del ángulo de deflexión. El diseño deberá realizarse adoptando normas internacionalmente reconocidas.

Para radios mínimos de curvatura en los bordillos de aceras y en intersecciones viales se considerarán las siguientes especificaciones técnicas:

- En vías arteriales: 10.00 metros
- Entre vías arteriales y colectoras: 10.00 metros

- En vías colectoras: 7.00 metros
- Entre vías colectoras y vías locales: 7.00 metros
- En vías locales: 5.00 metros

Para el caso, se escogerá un radio mínimo de giro de 5 metros al tratarse de vías locales las que componen el sistema vial de la urbanización.

Curvas o elementos que faciliten el retorno: Las vías que no presenten continuidad, deberán terminar en curva o espacios que faciliten el retorno asegurando la comodidad de las maniobras de los conductores. Estas soluciones generalmente pueden ser terminaciones cuadrada, rectangular, circular, circular lateral, tipo T, otras.

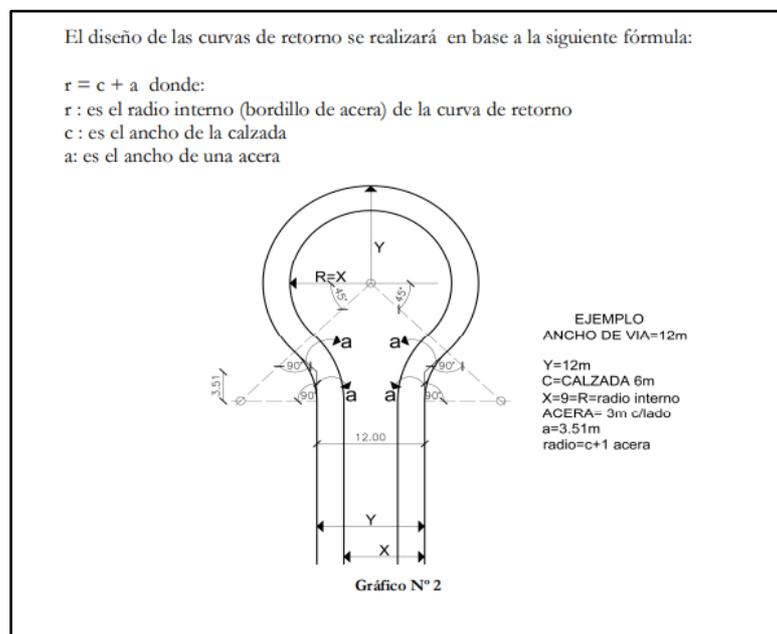


Figura 3. Valores de diseño para cul de sac

Fuente: Documento Anexo Único de Reglas Técnicas de Arquitectura (2019)

2.1.2.2 Loteamiento.

Los lotes tendrán un trazado preferentemente perpendicular a las vías, salvo que las características del terreno obliguen a otra solución técnica. Tendrán la superficie y el frente

mínimos establecidos en la zonificación respectiva. Para el proyecto en cuestión, es necesario analizar el IRM del terreno propuesto, el cual presta los valores mínimos de área de lote y frente mínimo. Esto se analizará más a profundidad en la siguiente sección.

- Para el loteamiento del terreno se deberá cumplir con las siguientes condiciones:
- Tendrán una relación máxima 1:5 (frente - fondo);
- El área útil de los lotes tendrá como mínimo la superficie de la zonificación respectiva y cumplirá con el frente mínimo correspondiente. En urbanizaciones se permitirá una tolerancia del 10% en la superficie y el frente de los lotes, en un máximo del 15% de la totalidad del número de lotes proyectados. En subdivisiones se permitirá la misma tolerancia hasta el 50% del número de lotes.
- Los lotes esquineros deberán planificarse con dimensiones y áreas que permitan aplicar el coeficiente de ocupación de suelo en planta baja asignado en la zonificación.

2.2 Descripción del lote

Para la lotización del presente proyecto es necesario el análisis del informe de regulación metropolitana (IRM) expedido por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. El terreno en cuestión se localiza en la parroquia de Tumbaco en el sector la Dolorosa, tiene como dependencia administrativa, la administración zonal de Tumbaco. Dicho informe presenta el área total gráfica del lote igual a 15173.52 m², con un frente total de 85,15 m.

*INFORMACIÓN PREDIAL EN UNIPROPIEDAD	
DATOS DEL TITULAR DE DOMINIO	
C. C./R. U. C.:	1714614003
Nombre o razón social:	RECALDE ROSERO MARIA PATRICIA Y OTROS
DATOS DEL PREDIO	
Número de predio:	281173
Geo clave:	170109840305027113
Clave catastral anterior:	20019 01 002 000 000 000
En derechos y acciones:	SI
ÁREAS DE CONSTRUCCIÓN	
Área de construcción cubierta:	1187.42 m2
Área de construcción abierta:	0.00 m2
Área bruta total de construcción:	1187.42 m2
DATOS DEL LOTE	
Área según escritura:	15173.53 m2
Área gráfica:	15173.52 m2
Frente total:	84.15 m
Máximo ETAM permitido:	10.00 % = 1517.35 m2 [SU]
Zona Metropolitana:	TUMBACO
Parroquia:	TUMBACO
Barrio/Sector:	LA DOLOROSA
Dependencia administrativa:	Administración Zonal Tumbaco
Aplica a incremento de pisos:	

Figura 4. Informe de Regulación Municipal

Fuente: Municipio de Distrito Metropolitano de Quito

Las regulaciones descritas en el informe acerca de la zonificación limitan el frente a 15m. y el área a 600m², lo que de manera preliminar se deduce que el lote podrá subdividirse en no más de 14 lotes. Además, también proporciona información relevante como son las afectaciones o protecciones del terreno, en este caso existe protección de accidente geográfico, el que consiste en una quebrada abierta que prohíbe la edificación en dicha área. Motivo por el cual se ha establecido un retiro de 10m para la planificación de construcción dentro del terreno.

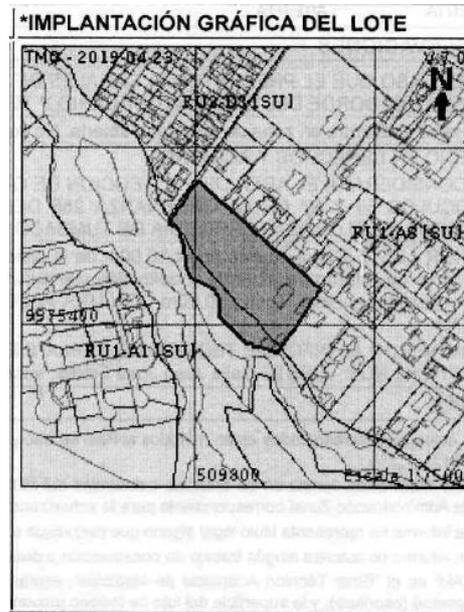
REGULACIONES		
ZONIFICACIÓN		
Zona: A8 (A603-35)		
Lote mínimo: 600 m ²		
Frente mínimo: 15 m		
COS total: 105 %		
COS en planta baja: 35 %		
	PISOS	RETIROS
	Altura: 12 m	Frontal: 5 m
	Número de pisos: 3	Lateral: 3 m
		Posterior: 3 m
		Entre bloques: 6 m

Descripción	Tipo	Derecho de vía	Retiro (m)	Observación
QUEBRADA ABIERTA	QUEBRADA ABIERTA			establece el Régimen Administrativo del Suelo en el DMQ, en base a los parámetros establecidos en el informe de definición del borde superior de accidente geográfico emitida por la DMC. No se permite edificar en el área de QUEBRADA ABIERTA.

Figura 5. Informe de Regulación Metropolitana

Fuente: Municipio de Distrito Metropolitano de Quito

El terreno consta de dos vías de acceso que son: la calle Juan de Ascaray y la Ruta Viva. Información que se tomara en cuenta para el diseño vial dentro del terreno del futuro proyecto inmobiliario a desarrollarse.



CALLES				
Fuente	Calle	Ancho (m)	Referencia	Nomenclatura
SIREC-Q	JACINTO JIJON Y CAAMAÑO	10	5 m a 5m del eje vial	OE2A
SIREC-Q	JUAN JOSE FLORES	10	5 m a 5m del eje vial	OE2C
SIREC-Q	JUAN DE ASCARAY	10	5 m a 5m del eje vial	S6

Figura 6. Informe de Regulación Metropolitana

Fuente: Municipio de Distrito Metropolitano de Quito

2.3 Fase exploratoria

Se exploran las diferentes herramientas BIM que servirían para realizar alternativas de prefactibilidad utilizando datos de un terreno que cuenta con información topográfica.

Existen diferentes softwares que trabajan bajo la metodología BIM, a continuación, se detallan algunos de ellos:

Infraworks: Perteneciente a Autodesk, es un software que permite visualizar, evaluar e iterar diferentes alternativas para un proyecto de manera más rápida y directa, sin embargo, no permite el diseño bajo ciertas normas específicas y tampoco el cálculo de cantidades de obra cercanas a la realidad (Rincón Pache, J.,2020).

Navisworks: Es una herramienta que pertenece a Autodesk, permite una exploración completa de proyectos. Ofrece una revisión holística de modelos y datos ingresados que involucra a diferentes partes interesadas. Su manejo es mucho más completo, permite el uso de herramientas como comentarios, *redlining*, punto de vista, entre otros. También permite detectar interferencias y una simulación de tiempo 4D (Area-BIM Engineering, s.f.).

Civil 3D: Herramienta de Autodesk, que permite el flujo de trabajo para modelado de superficies, obras lineales, diseño de emplazamientos y parcelas, alcantarillas y producción y documentación de planos, permite evaluar escenarios hipotéticos y optimizar el rendimiento del proyecto (Autodesk, 2021).

Sketchup: Pertenece a Trimble, es una herramienta que permite conceptualizar de una manera rápida volúmenes, topografía, entornos arquitectónicos e de ingeniería civil. Ideal para visualización de proyectos diseñados en diferentes softwares (Editeca, s.f.).

Después de analizar las diferentes herramientas disponibles en el mercado, se toma la decisión de utilizar el software Civil 3D, ya que permite la modelación topográfica, con o sin datos previos. Además, sus funciones principales se aplican para el desarrollo del proyecto en cuestión, como el diseño de vías bajo cierta normativa, el emplazamiento y diseño de parcelas y el cálculo de cantidades de obra. Para complementar el análisis de prefactibilidad, se decide usar el software Sketchup, el cual permite la importación del documento generado por Civil 3D para modelar y lograr una visualización completa del plan masa del proyecto.

2.3.1 Superficie del terreno

Para realizar el análisis de prefactibilidad de un proyecto inmobiliario se hizo uso del software Civil 3D. El objetivo principal es analizar de una manera superficial que tan viable es la adquisición de un terreno localizado dentro del Distrito Metropolitano de Quito, analizando ciertos factores como son: el volumen de corte y relleno, el loteamiento

preliminar posible dentro del terreno y alternativas de vías que sirvan de acceso a los usuarios o dueños de los lotes.

Es importante mencionar que dicho análisis debe ser realizado en un tiempo reducido debido a la implementación de las herramientas BIM con el objetivo de que la toma de decisiones sea oportuna y dentro del plazo establecido. Para el proyecto en cuestión, se analizó un terreno del cual se poseía información topográfica. Dicha información proviene de un documento AutoCAD, en donde se proporciona curvas de nivel georreferenciadas a manera de polilíneas.



Figura 7. Plano topográfico del terreno

Fuente: AutoCAD

En base a esto se pudo crear el terreno en el software Civil 3D y mediante triangulaciones se modela el terreno de tal manera que se asemeje al terreno dibujado en AutoCAD.

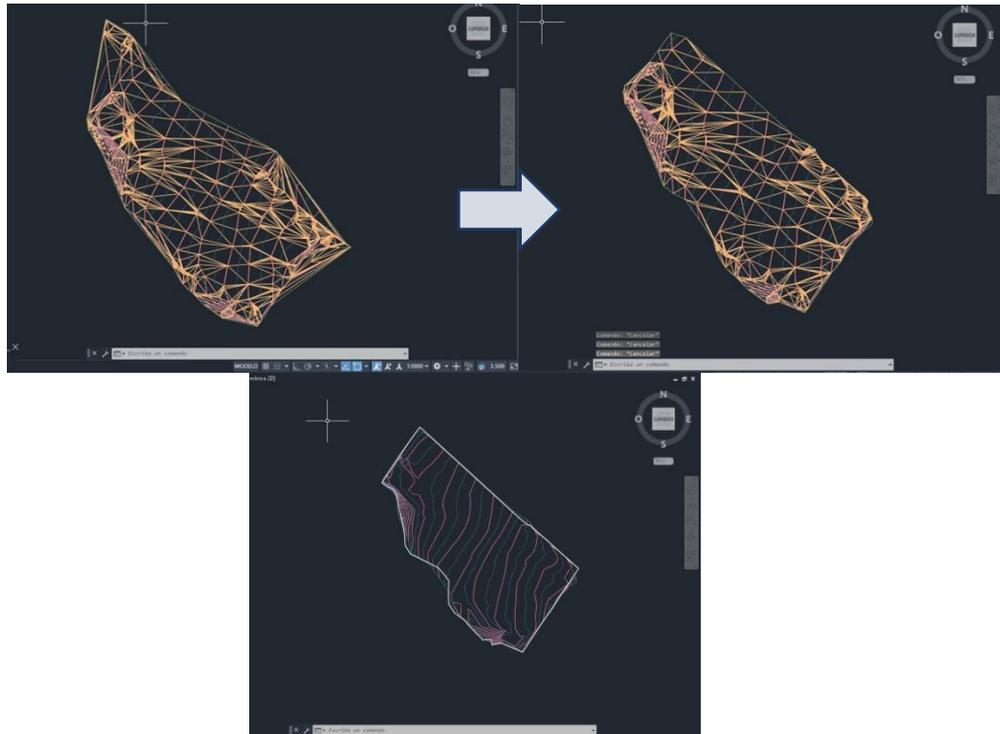


Figura 8. Modelado de la superficie del terreno

Fuente: Autodesk Civil 3D

Es necesario acotar que, a partir de la información proporcionada por el IRM, se deja el retiro de 10 m, este localizado en la parte izquierda del terreno.

2.3.2 Diseño vial.

Una vez dibujada la superficie se procede al análisis de las posibles alternativas para el diseño vial, verificando que se cumpla con la normativa anteriormente mencionada. Luego de seleccionar la mejor opción, se procede a realizar el análisis de corte y relleno de estas. Para ello es necesario crear una alineación para cada segmento de la vía (en este caso una) y otra alineación para el *cul de sac* localizado en el extremo de la vía.

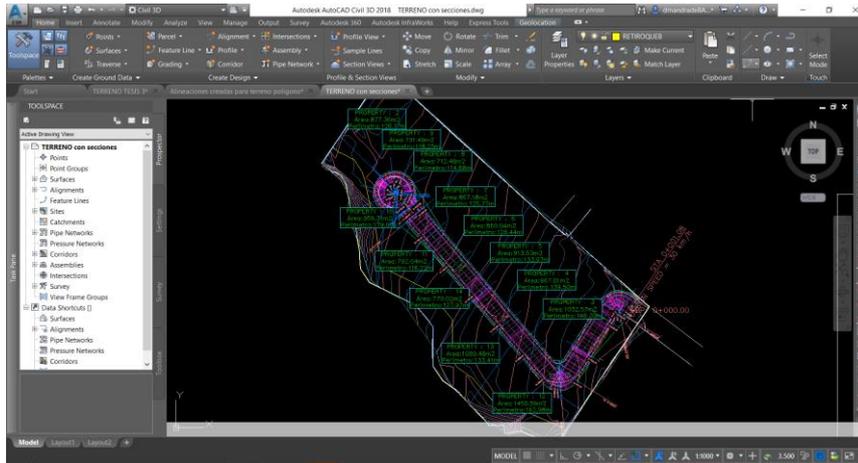


Figura 9. Diseño vial y urbanización del lote

Fuente: Autodesk Civil 3D

Con ello se puede crear los perfiles longitudinales para cada alineación establecida. Se modela la rasante de tal manera que exista mayor volumen de corte que de relleno. De esta manera queda establecido el perfil longitudinal de la vía principal, con una pendiente de 1.73% y 4.57% en sus ground tramos, cumpliendo con la normativa. Es necesario acotar que la elevación del último tramo de la vía se encuentra en la cota 2328.69m, valor con el que deberá iniciar la rasante del *cul de sac* para darle continuación a la vía. Así mismo la pendiente de este es de 0.52% cumpliendo de igual manera con la norma.

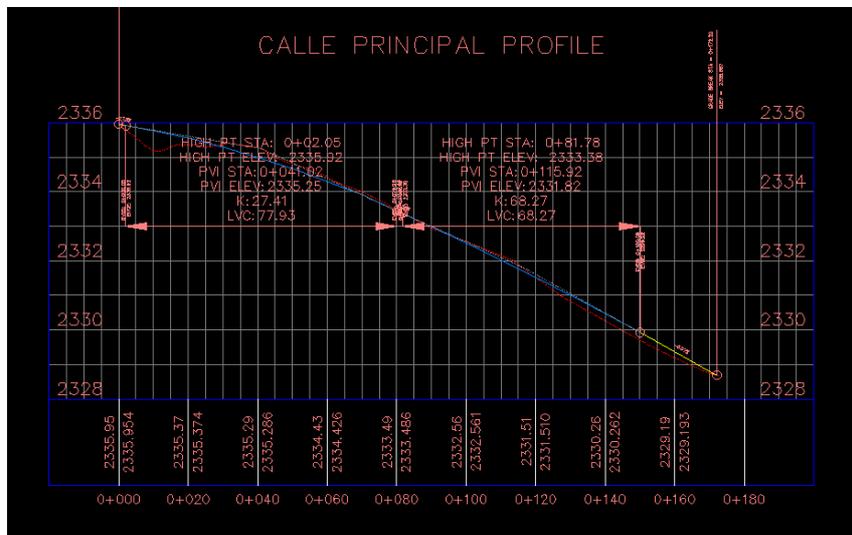


Figura 10. Perfil longitudinal de la vía principal

Fuente: Autodesk Civil 3D

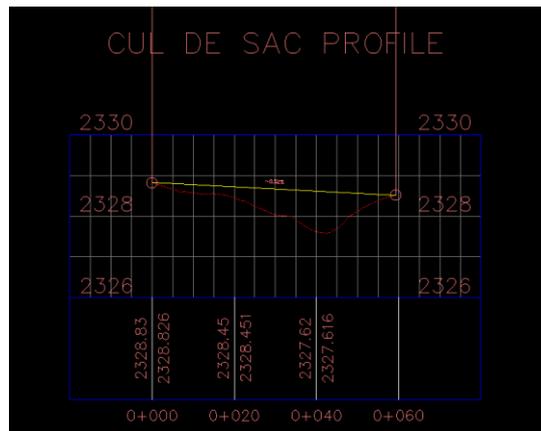


Figura 11. Perfil longitudinal del cul de sac

Fuente: Autodesk Civil 3D

Luego de ello, se establecen los diferentes ensamblajes para el diseño de las vías. En este caso se implementó un ensamblaje que consta de una capa de rodadura o pavimento, base y subbase. Se modela también las aceras, bordillos y calzadas. Cada una de estas secciones debe tener las medidas establecidas por la normativa Anexo Único Reglas Técnicas de Arquitectura y Urbanismo.

Es necesario mencionar que el terreno analizado tiene como disposición seguir la geometría de las calles ya existentes que dan acceso al mismo. En este caso se seleccionó como acceso principal la Ruta Viva. Para darle continuación a la misma se escogió un tipo de vía local F, que consta de las siguientes medidas.

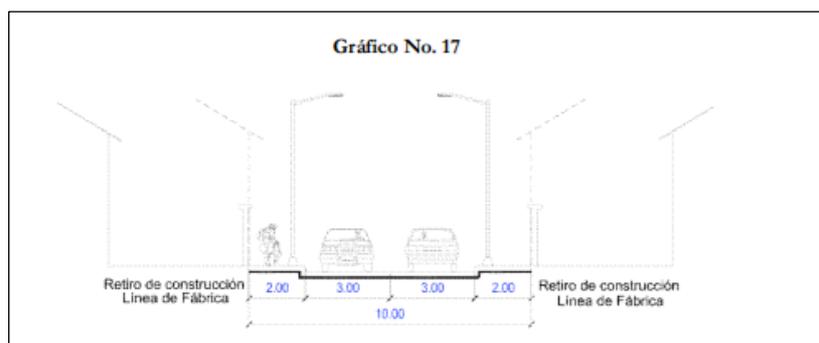


Figura 12. Sección transversal de la vía aplicada

Fuente: Documento Anexo Único de Reglas Técnicas de Arquitectura

La vía local F tiene una longitud total de 10m. Su calzada consta de dos carriles, cada uno de 3m de longitud y dos aceras de 2m cada una. Además, el diseño de la vía deberá cumplir, con el radio de giro mínimo establecido de 5m para vías locales como es en este caso. Para el diseño de las intersecciones y el *cul de sac* es necesario la creación de 4 diferentes tipos de ensamblajes.

Ensamblaje calle principal (*Primary Road*): Consta de los elementos que constituyen a la vía en su totalidad, en este caso: dos aceras, dos calzadas, dos bordillos.

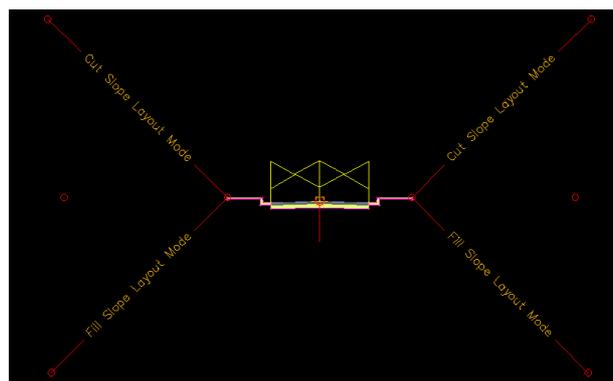


Figura 13. Ensamblaje calle principal

Fuente: Autodesk Civil 3D

Ensamblaje Medio Izquierdo (*Primary Road Half Section-Daylight Left*): Consta únicamente de la parte izquierda del ensamblaje de la calle principal.

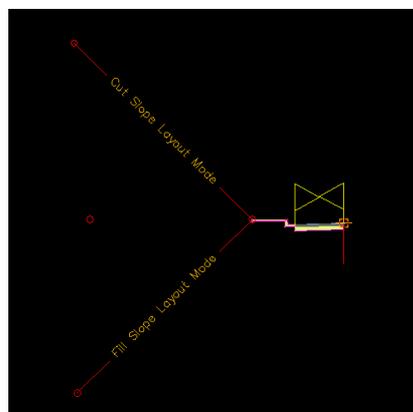


Figura 14. Ensamblaje medio izquierdo

Fuente: Autodesk Civil 3D

Ensamblaje Medio derecho (*Primary Road Half Section-Daylight Righth*): Consta únicamente de la parte derecha del ensamblaje de la calle principal.

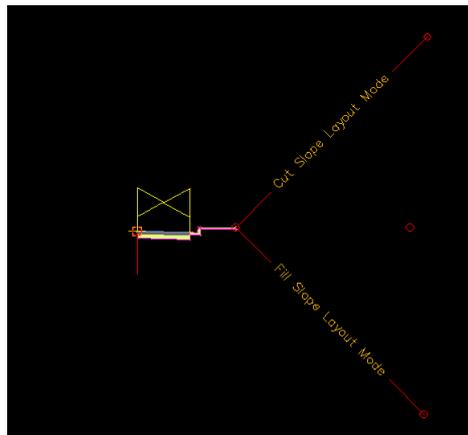


Figura 15. Ensamblaje medio derecho

Fuente: Autodesk Civil 3D

Ensamblaje para empalme de giro (*Curb return fillets*): Este ensamblaje consta del bordillo y la calzada del lado izquierdo y el carril del lado izquierdo. Este ensamblaje está preestablecido en el software.

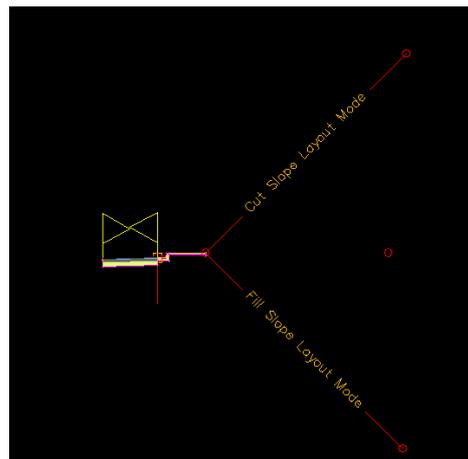


Figura 16. Ensamblaje para empalme de giro

Fuente: Autodesk Civil 3D

Para la creación del *cul de sac* es necesario usar el cuarto ensamblaje que define la curva para la alineación.

De acuerdo con el Anexo Único Reglas Técnicas de Arquitectura y Urbanismo, la geometría del *cul de sac* o curvas de retorno se basa en la siguiente fórmula:

$$r = c + a$$

Donde:

r: Es el radio interno o bordillo de la cera

c: el ancho de una calzada

a: ancho de una acera

Es decir, r en este caso va a ser igual a 5m. En base a ello y relaciones geométricas se diseña el *cul de sac* correspondiente al proyecto.

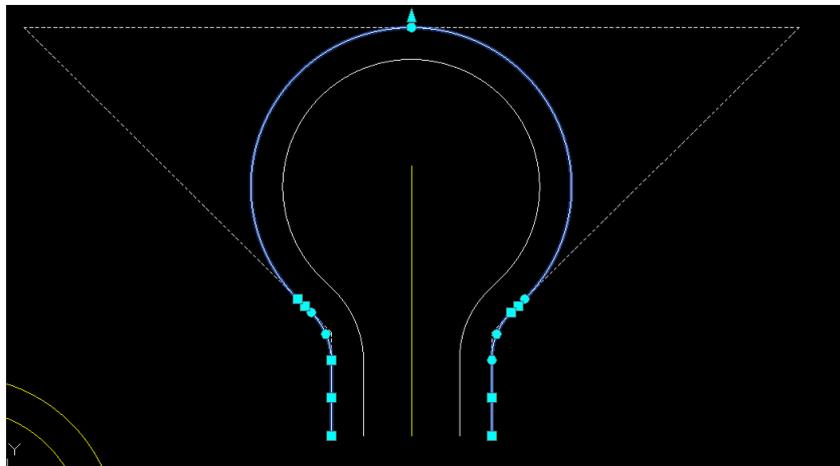


Figura 17. Alineación cul de sac

Fuente: Autodesk Civil 3D

Una vez creados los diferentes tipos de ensamblaje se procede a la creación del corredor. Para ello, se selecciona la alineación de la calle denominada como “calle principal” y se añade una línea base perteneciente al *cul de sac*, de esta manera se integran las alineaciones en un solo corredor que simula la vía de la urbanización.

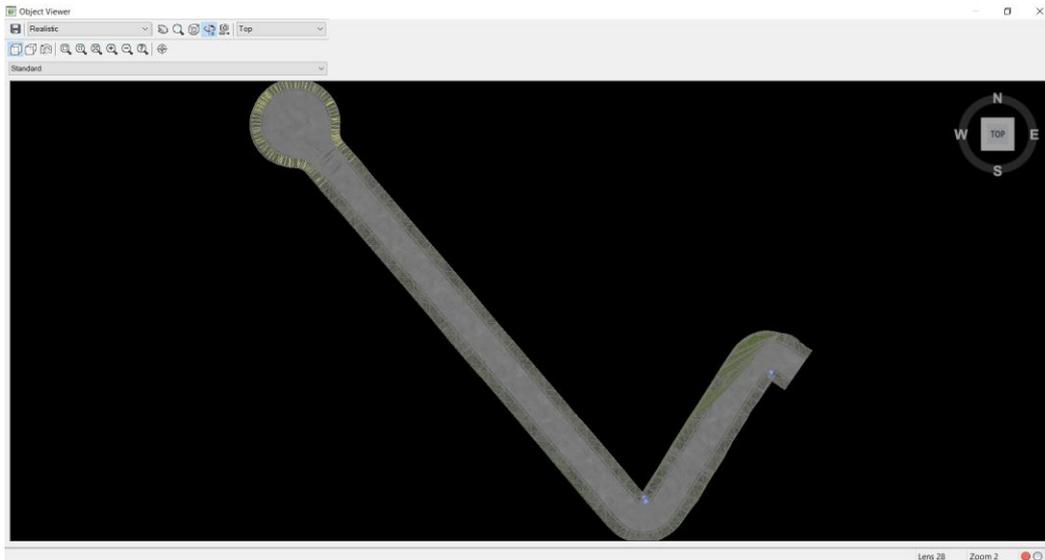


Figura 18. Vista modo realista corredor completo

Fuente: Autodesk Civil 3D

Para obtener el volumen de corte y relleno, así como también cantidad de material para cada elemento modelado en el ensamblaje, es decir, capa de rodadura o adoquín, base y subbase es necesario crear líneas de muestreo o *sample lines* para cada alineación.

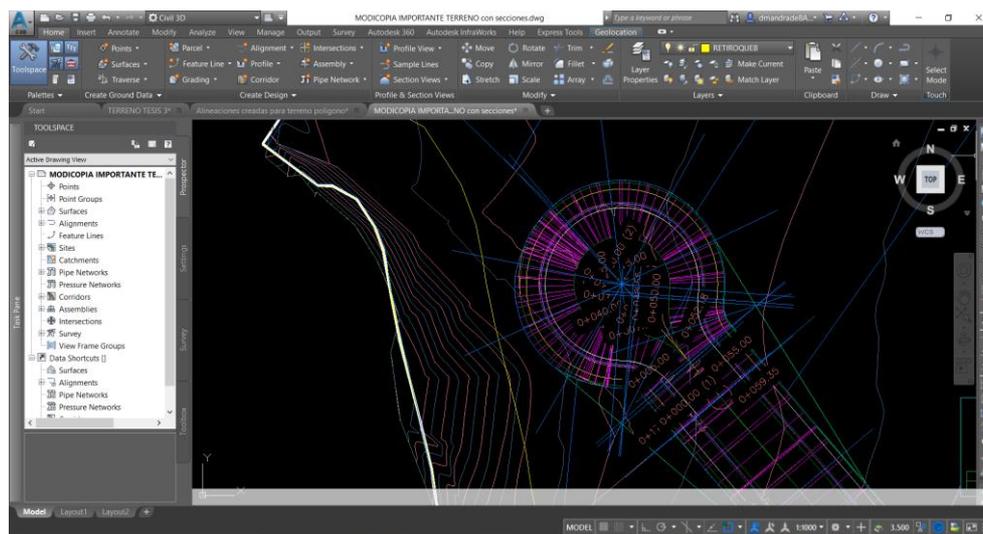


Figura 19. Líneas de muestreo para alineación

Fuente: Autodesk Civil 3D

Las líneas azules, son líneas de muestreo. Estas se ubican a lo largo de la alineación, en diferentes intervalos, como el usuario lo defina. En donde se localicen, se hará un corte de

la sección transversal de la vía para definir el volumen de corte y relleno y la cantidad de material.

A continuación, se presentan dos de las secciones de vista que genera el programa por cada *sample line* establecida.

- Para la alineación de la calle principal:

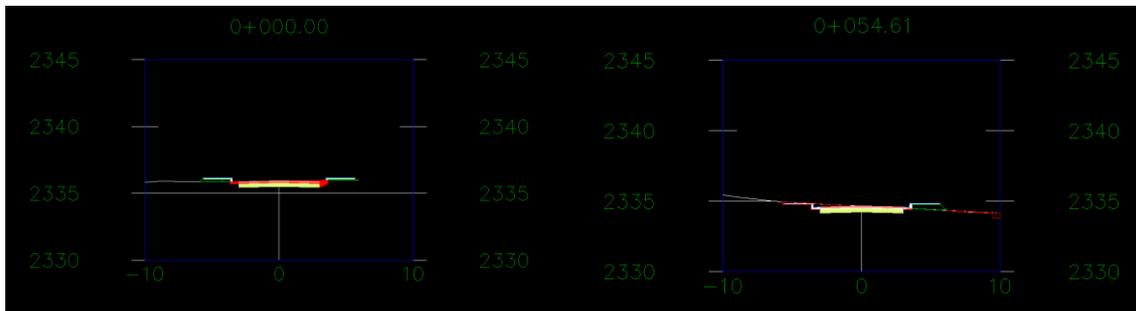


Figura 20. Secciones transversales (calle principal)

Fuente: Autodesk Civil 3D

- Para la alineación del *cul de sac*:

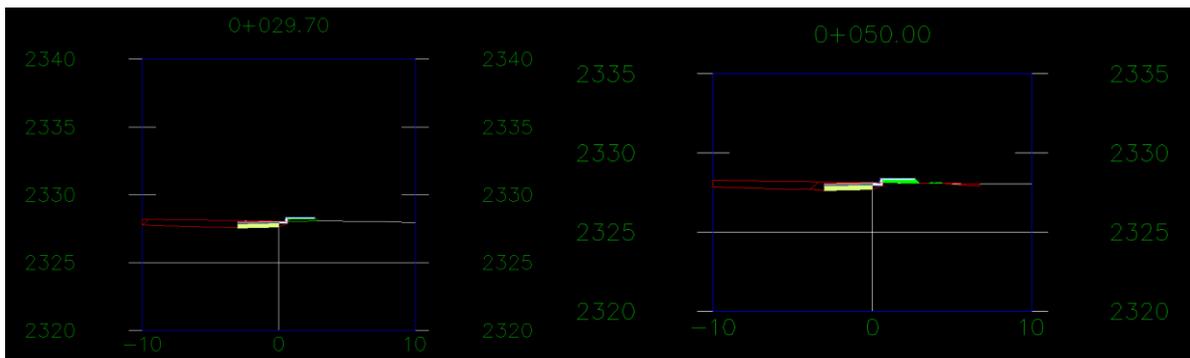


Figura 21. Secciones transversales (cul de sac)

Fuente: Autodesk Civil 3D

Como se puede apreciar, las secciones de vista son un corte transversal de la vía, en las que se proyecta el ensamblaje sobre la superficie del terreno generando un volumen de corte y relleno, en color rojo y verde respectivamente.

2.3.3 Urbanización del lote.

Se procede a crear polilíneas, de acuerdo con el diseño vial del terreno. Con estas se dibuja el área que se desea subdividir. En este caso se dibujaron dos polilíneas y a partir de ellas se crean parcelas para luego subdividirlas.

Para ello se utiliza la herramienta “parcelas”. Una vez definida la parcela por cada polilínea de la subdivide utilizando “herramientas de creación de parcelas” aquí se ingresa el valor del área mínima para cada lote, el frente mínimo, ancho mínimo y profundidad, de tal manera que se cumpla con los valores mínimos establecidos por el IRM del terreno. De esta manera se obtuvo 14 lotes, con diferentes áreas y perímetros.



Figura 22. Diseño final del lote (área verde)

Fuente: Autodesk Civil 3D

2.3.4 Resultados y análisis.

Para el presente terreno se ha implantado la vía de tal manera que de acceso a todos los lotes frentistas y ocupe la menor área posible. También se consideró para su diseño, la continuidad que debe dar a las calles existentes y la necesidad de aplicar elementos para calles sin retorno como son los *cul de sac*. Con respecto al corte y relleno de la vía, al tratarse

de una urbanización se busca siempre que exista mayor volumen de corte que de relleno. A continuación, se presentan los resultados obtenidos por el software:

Tabla 1. Volumen de cantidad de material de la estructura del pavimento

Estructura Pavimento	Calle Principal [m³]	Cul de Sac [m³]	Total [m³]
Capa de Rodadura	96,26	17,03	113,29
Base	143,56	21,27	164,83
Subbase	300,81	53,41	354,22

Elaboración: Propia

Tabla 2. Volumen de corte y relleno

Volumen	Calle Principal [m³]	Cul de Sac [m³]	Total [m³]
Corte	550,87	174,16	725,03
Relleno	156,85	39,61	196,46

Elaboración: Propia

Para el análisis del área verde, es necesario considerar como mínimo un 15% del terreno a urbanizar. Cabe recalcar que el 15% será con respecto al área total del terreno, menos el área de la vía, y el área de los retiros, en caso de que existan. Es decir, en este caso será igual a:

$$\text{Área Verde} = \text{Área Terreno Total} - \text{Retiros} - \text{Vía}$$

$$\text{Área Verde} = 15173.53 - 2116.72 - 2492.64 = 10564.17\text{m}^2$$

Ahora se calcula el 15% de 10564.17

$$10593.75\text{m}^2 * 0.15 = 1584.62\text{m}^2$$

Es decir, el área verde mínima debe ser de 1589.06m², con lo cual se verifica que cumple con la normativa, con un valor de 1669.63m².

En cuanto a la urbanización del lote, se obtuvo como resultado 14 lotes. A continuación, se presenta una tabla con el número de parcela, el área y perímetro respectivo.

Tabla 3. Número, área y perímetro de parcelas

URBANIZACIÓN DEL LOTE		
No. Parcela	Área [m²]	Perímetro [m]
1	600,00	101,15
2	600,00	105,52
3	637,54	110,3
4	600,00	108,02
5	600,00	103,83
6	1025,95	181,66
7	837,28	121,79
8	625,61	114,95
9	600,00	111,35
10	600,00	109,03
11	980,27	127,76
12	1002,07	145,4
13	962,42	138,12
14	1177,28	143,49

Elaboración: Propia

Es necesario mencionar que la mayoría de los lotes generados tienen un área mayor a 600m², lo que puede generar mayor dificultad de venta, debido a su precio. Sin embargo, estos factores dependerán del desarrollador del proyecto y sus objetivos con respecto a este. En caso de requerir lotes más pequeños, se debería cambiar el diseño de la urbanización, empezando por las vías.

2.4 Metodología de análisis aplicando tecnología BIM para la etapa de prefactibilidad de proyectos inmobiliarios

2.4.1 Selección del terreno.

Para verificar la aplicabilidad de esta metodología de análisis, se seleccionó un terreno localizado en la parroquia Tumbaco, en el sector La Dolorosa, dentro del Distrito Metropolitano de Quito, por lo cual se aplica la normativa anteriormente mencionada. Para obtener un mejor análisis, se han utilizado dos aplicaciones en línea que son: Plan de Uso y

Gestión del Suelo, en esta página web, hacemos clic en Uso y Edificabilidad (PUGS) y a través de ArcGIS, se localiza el terreno para obtener el número de predio de este. Con esto, nos dirigimos al Portal de Servicios Municipales en donde se podrá obtener el IRM del terreno ingresando únicamente el número de predio.

Con ello se ha obtenido la siguiente información:

* INFORMACIÓN PREDIAL	
DATOS DEL TITULAR DE DOMINIO	
C.C./R.U.C.:	1705353256
Nombre o razón social:	RECALDE MALDONADO EULALIA XIMENA DEL PILAR
DATOS DEL PREDIO	
Número de predio:	280379
Geo clave:	170109840305005112
Clave catastral anterior:	10019 05 003 000 000 000
En derechos y acciones:	NO
ÁREAS DE CONSTRUCCIÓN	
Área de construcción cubierta:	919.58 m ²
Área de construcción abierta:	0.00 m ²
Área bruta total de construcción:	919.58 m ²
DATOS DEL LOTE	
Área según escritura:	12475.00 m ²
Área gráfica:	12799.03 m ²
Frente total:	211.40 m
Máximo ETAM permitido:	10.00 % = 1247.50 m ² [SU]
Zona Metropolitana:	TUMBACO
Parroquia:	TUMBACO
Barrio/Sector:	LA DOLOROSA
Dependencia administrativa:	Administración Zonal Tumbaco

REGULACIONES		
ZONIFICACIÓN		
Zona: A8 (A603-35)		
Lote mínimo: 600 m ²		
Frente mínimo: 15 m		
COS total: 105 %		
COS en planta baja: 35 %		
Forma de ocupación del suelo: (A) Aislada		
Uso de suelo: (RU1) Residencial Urbano 1		
PISOS		
Altura: 12 m		
Número de pisos: 3		
RETIROS		
Frontal: 5 m		
Lateral: 3 m		
Posterior: 3 m		
Entre bloques: 6 m		
Clasificación del suelo: (SU) Suelo Urbano		
Factibilidad de servicios básicos: SI		



Figura 23. Informe de Regulación Metropolitana

Fuente: Portal de Servicios Municipales

Para el análisis de prefactibilidad es necesario considerar principalmente los siguientes datos:

- Área gráfica: 12799.03m²
- Lote mínimo: 600m²
- Frente mínimo: 15m
- Retiro frontal: 5m
- Retiro lateral: 3m
- Retiro posterior: 3m

2.4.2 Desarrollo de la guía.

Esta es una guía que servirá de base para el análisis de prefactibilidad de diferentes terrenos de los cuales no se tiene ninguna información topográfica previa. Este tipo de análisis nos ayudará a tener una idea más clara sobre el volumen de corte y relleno del terreno, el diseño vial con cantidades aproximadas de materiales que constituyen la vía, y la subdivisión de lotes posible, todo esto usando tres diferentes softwares que son:

- Google Earth
- Global Mapper
- Civil 3D

Una vez realizado el diseño en Civil 3D se podrá importar dicha información al software Infracore, el cual nos permitirá visualizar de una mejor manera el futuro del proyecto emplazado en el terreno seleccionado.

A continuación, se enlistarán los pasos a seguir para cumplir con este análisis:

1. Una vez escogido el terreno que se desea analizar, se deberá utilizar Google Earth Pro, para geolocalizar la ubicación exacta del mismo. Con la herramienta polígono se dibujará el perímetro del terreno para guardarlo como un lugar geolocalizado dentro de este software.



Figura 24. Ubicación geográfica del terreno

Fuente: Google Earth Pro

- Se va a abrir el programa Global Mapper el cual es una aplicación de sistema de información geográfica (SIG), capaz de procesar datos espaciales, además de permitir acceso a diferentes formatos entre estos Civil 3D.
- Una vez iniciado el programa, se deberá abrir el archivo guardado en Google Earth Pro en formato KMZ.

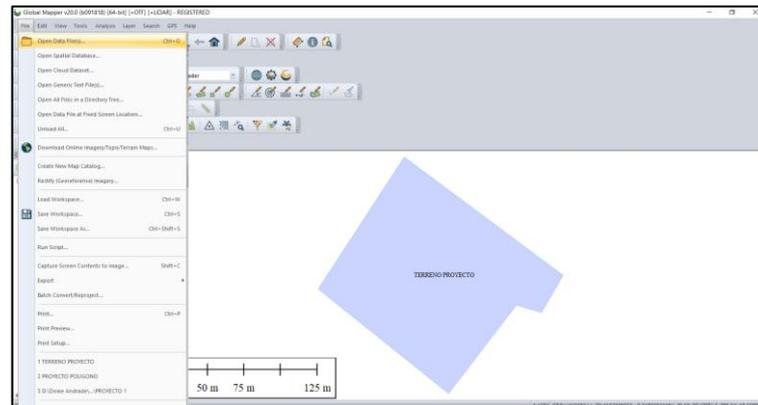


Figura 25. Polígono importado a Global Mapper

Fuente: Global Mapper

- Se hará clic en el icono en forma de mundo para conectar a la red y procesar los datos espaciales. Una vez conectado, aparecerán las curvas de nivel para la sección de terreno seleccionado.

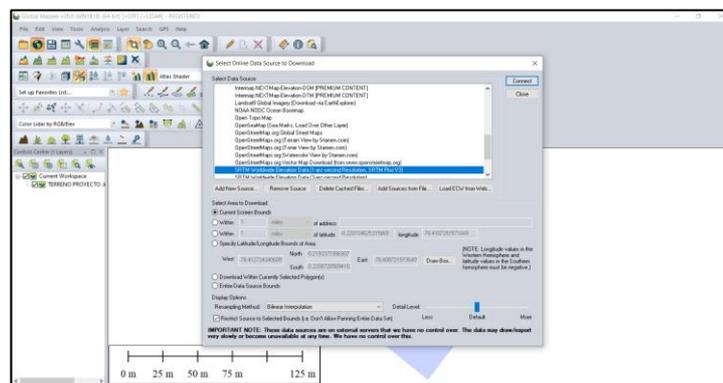


Figura 26. Conexión georreferenciada del terreno

Fuente: Global Mapper

5. Clic en análisis, generar contornos (*from Terrain Grid*) y aceptar.

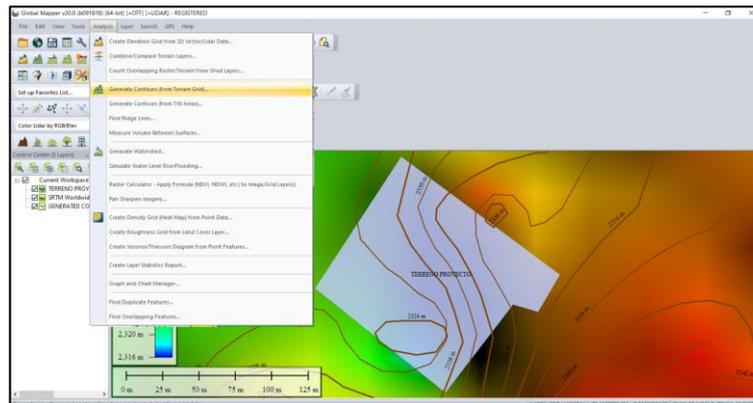


Figura 27. Generación de contornos

Fuente: Global Mapper

6. Se deberá exportar el archivo en formato DWG, para ello iremos a inicio o *file*, clic en exportar y clic en *Export Vector/Lidar Format*.

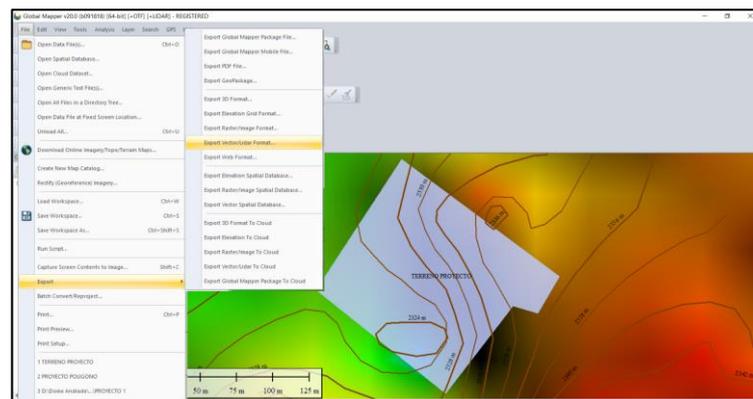


Figura 28. Exportación del terreno

Fuente: Global Mapper

7. Ahora se debe abrir el programa Civil 3D, haremos clic en inicio, nuevo, y escogemos el documento que acabamos de exportar.
8. Copiamos las curvas de nivel a un nuevo documento, haciendo clic en portapapeles, copiar y en el nuevo archivo clic derecho, pegar con coordenadas originales.

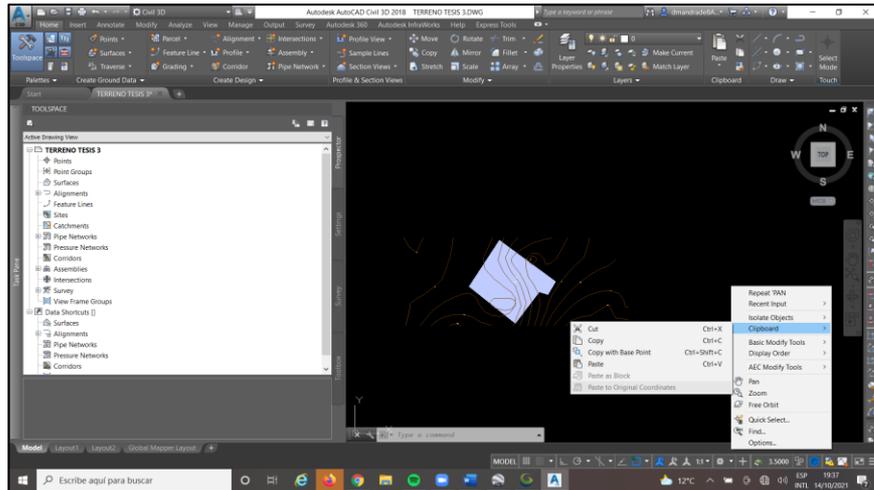


Figura 29. Importación del terreno a Civil 3D

Fuente: Autodesk Civil 3D

9. Ahora se creará la superficie en base a las curvas de nivel dibujadas a manera de polilíneas, para ello iremos a prospecto, superficie, clic derecho, crear superficie, escribimos el nombre y aceptar.

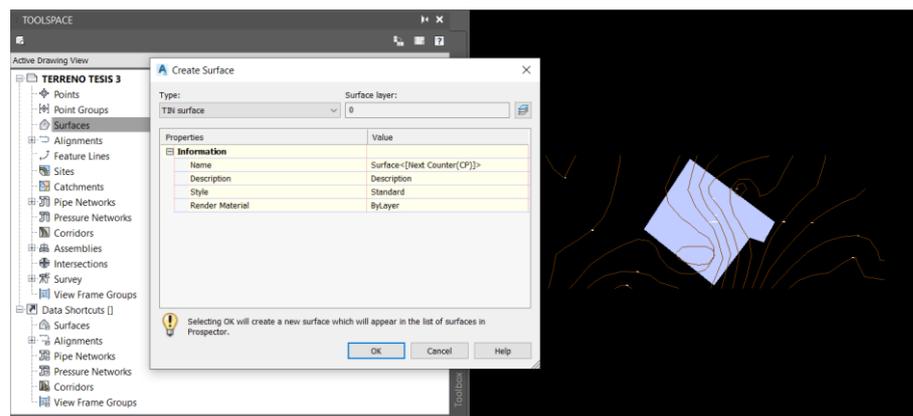


Figura 30. Creación de la superficie

Fuente: Autodesk Civil 3D

10. Una vez creada la superficie, se hará clic en el icono más, localizado a lado del nombre que se le ha puesto a la superficie, definición, curvas de nivel, se seleccionarán las curvas de nivel dibujadas, aceptar.

11. Es necesario mencionar que la superficie se ha creado de todo el recuadro que apareció en Global Mapper, para limitarla al polígono que representa el perímetro de nuestro terreno, debemos dibujar una polilínea sobre el polígono en Civil 3D. Luego haremos clic en definición, contornos, clic derecho, añadir, escribimos un nombre y seleccionamos la polilínea ya dibujada. De esta manera la superficie que no pertenece al polígono de nuestro terreno quedara eliminada.

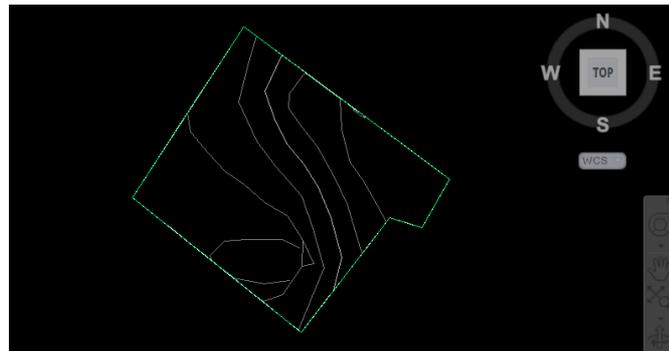


Figura 31. Superficie generada en Civil 3D

Fuente: Autodesk Civil 3D

12. Ahora se podrá definir el estilo de la superficie, para ello deberemos seleccionar la superficie, clic derecho, editar estilo de superficie. Se abrirá una nueva ventana en donde se podrá modificar los intervalos de las curvas de nivel principales y secundarias y suavizar sus ángulos.

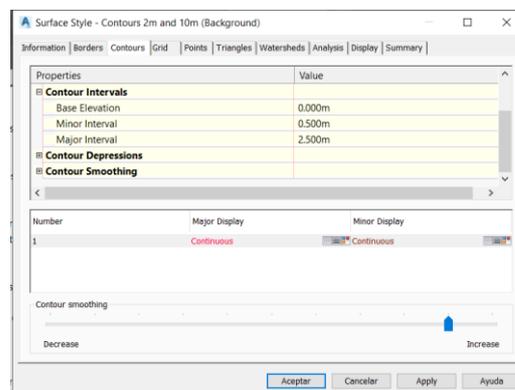


Figura 32. Edición estilo de superficie

Fuente: Autodesk Civil 3D

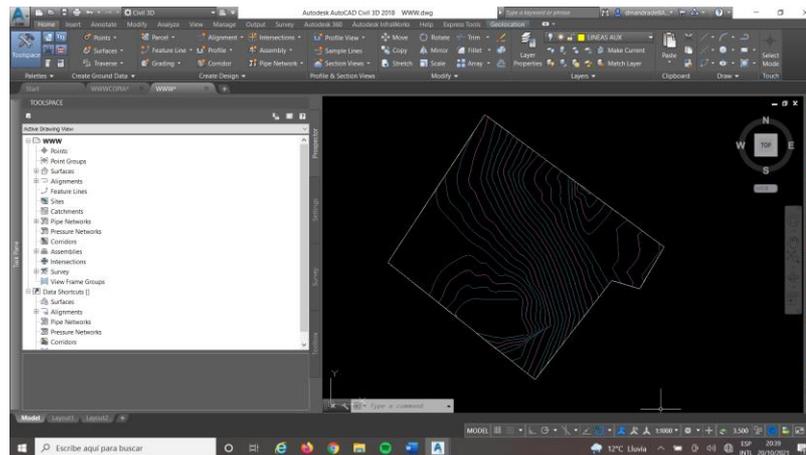


Figura 33. Edición estilo de superficie

Fuente: Autodesk Civil 3D

13. Se procede al dibujo de las alineaciones para el diseño de la vía. Para ello, se deberá ir a Inicio, Alineación, Herramientas de creación de alineaciones. Aparecerá una nueva ventana en donde se podrá definir el nombre de la alineación, el tipo y la norma de diseño que se aplicará incluida la velocidad de circulación. En este caso 30km/h.

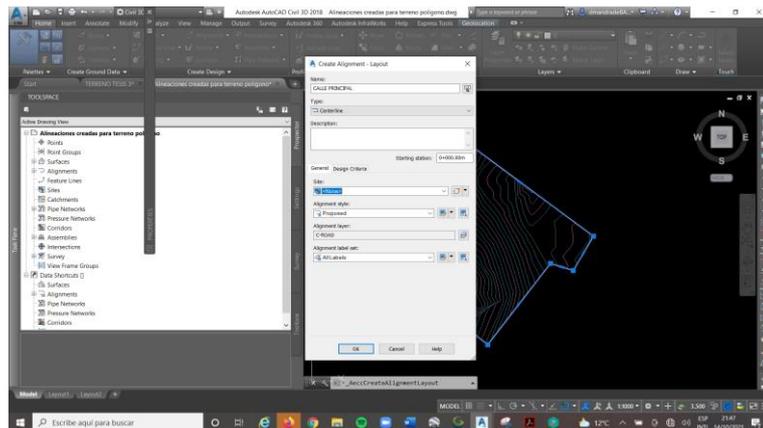


Figura 34. Creación de alineación

Fuente: Autodesk Civil 3D

14. Se dibujará la alineación que se desee para el proyecto, considerando la normativa aplicada. Para ello será necesario probar diferentes opciones, de tal manera que se pueda obtener un mejor resultado analizando diferentes factores, como por ejemplo el

área que ocupa la vía, la subdivisión posible del lote después de implantar la vía, aspectos importantes para el desarrollador como considerar la privacidad de la urbanización.

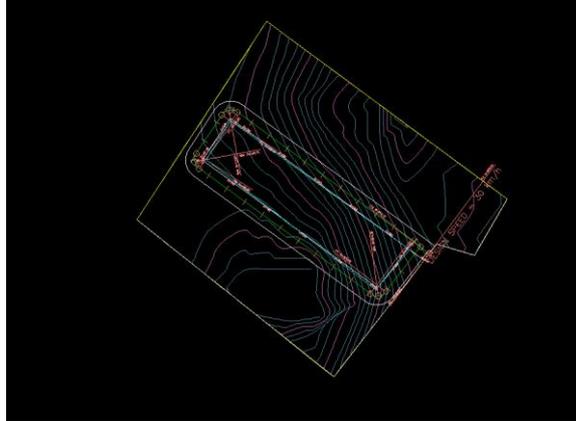


Figura 35. Alineación y desface

Fuente: Autodesk Civil 3D

15. Si la alineación tiene curvas o intersecciones es necesario verificar que cumplan con el radio mínimo permitido por la norma. Para ello haremos clic derecho sobre la alineación, editar geometría de alineación, y se abrirá el recuadro que se observa en la siguiente imagen. Aquí se podrá editar el radio mínimo para cada una.

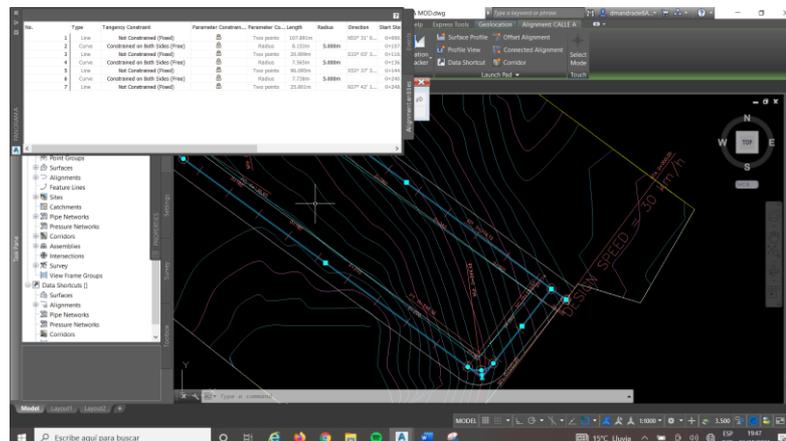


Figura 36. Corrección radios de giro

Fuente: Autodesk Civil 3D

16. Para crear un desfase de la alineación se deberá en inicio, hacer clic en alineación, crear desfase de alineación. Se abrirá una nueva pestaña en donde se podrá colocar la distancia requerida y el número de desfases requeridos.

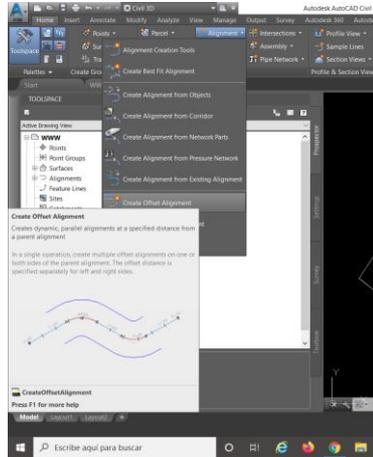


Figura 37. Desfase de alineación

Fuente: Autodesk Civil 3D

17. Para la creación del perfil, iremos a inicio, perfil, crear superficie de perfil y se abrirá una nueva pestaña. En donde se escoge la alineación creada y la superficie sobre la cual se implanta, finalmente se hará clic en dibujar vista de perfil.

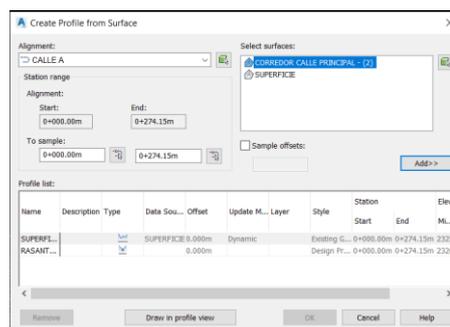


Figura 38. Creación del perfil del terreno

Fuente: Autodesk Civil 3D

Luego de ello aparecerán una serie de pestañas con más información. Estas se presentan a continuación:

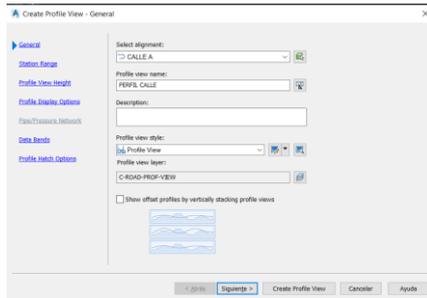


Figura 39. Pasos creación del perfil del terreno

Fuente: Autodesk Civil 3D

Se escribe el nombre del perfil y se añade alguna descripción en caso de que se requiera.

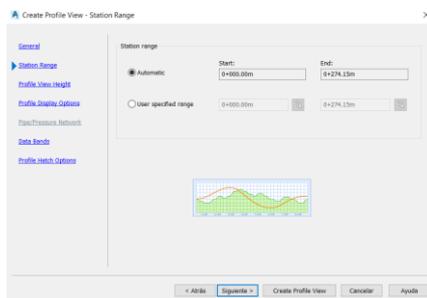


Figura 40 Pasos creación del perfil del terreno

Fuente: Autodesk Civil 3D

En esta pestaña se puede seleccionar la estación de inicio y fin del perfil, en caso de que no se desee realizarlo automáticamente.

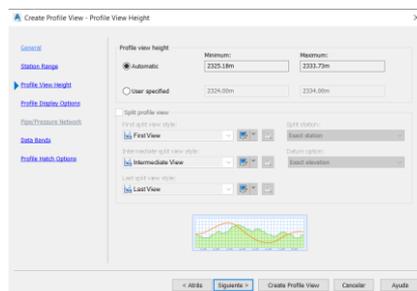


Figura 41. Pasos creación del perfil del terreno

Fuente: Autodesk Civil 3D

Aquí se determina la elevación del perfil. Puede ser de manera automática o si se desea cierta elevación se la puede especificar.

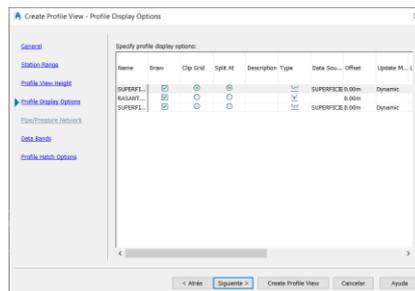


Figura 42. Pasos creación del perfil del terreno

Fuente: Autodesk Civil 3D

Se determina la superficie sobre la cual se va a realizar el perfil, en caso de que exista más de una.

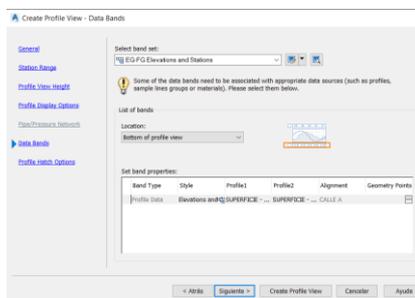


Figura 43. Pasos creación del perfil del terreno

Fuente: Autodesk Civil 3D

Se determina las bandas o guitarras, que son información adicional del perfil, como abscisas, elevación, corte, relleno, entre otras. Se podrá seleccionar la información deseada y editar su estilo.

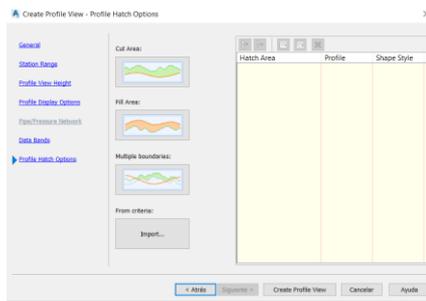


Figura 44. Pasos creación del perfil del terreno

Fuente: Autodesk Civil 3D

Finalmente se determina el estilo del área de relleno o corte. En caso de que se desee mostrar en el perfil.

18. Para modelar la rasante de la vía sobre el perfil, iremos a inicio, perfil, herramientas de creación de perfil. Se abrirá una nueva pestaña, en donde se colocará el nombre del perfil y se podrá chequear el criterio de diseño utilizado. En este caso se utilizó la norma AASHTO.

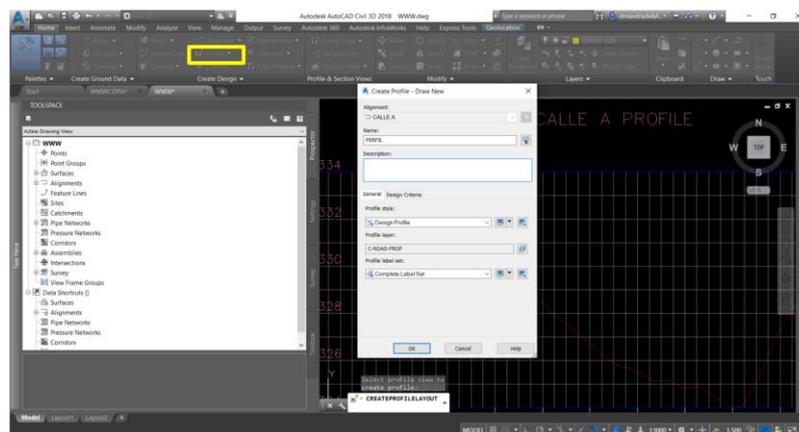


Figura 45. Diseño de la rasante

Fuente: Autodesk Civil 3D

19. Aparecerá una nueva pestaña que servirá para editar la geometría del perfil. En la siguiente imagen se puede observar que, para la creación del perfil (rasante), se hace clic en el primer icono y se escoge la opción de dibujar tangentes con curvas.

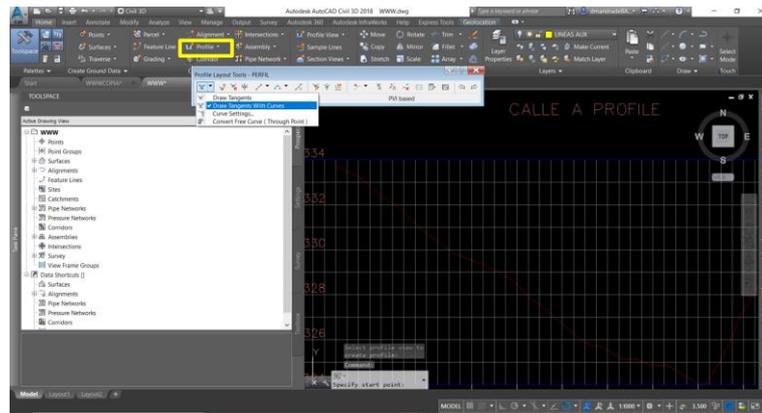


Figura 46. Edición geométrica del perfil

Fuente: Autodesk Civil 3D

20. Con ello se podrá modelar la pendiente, curvas y demás para la rasante del proyecto.

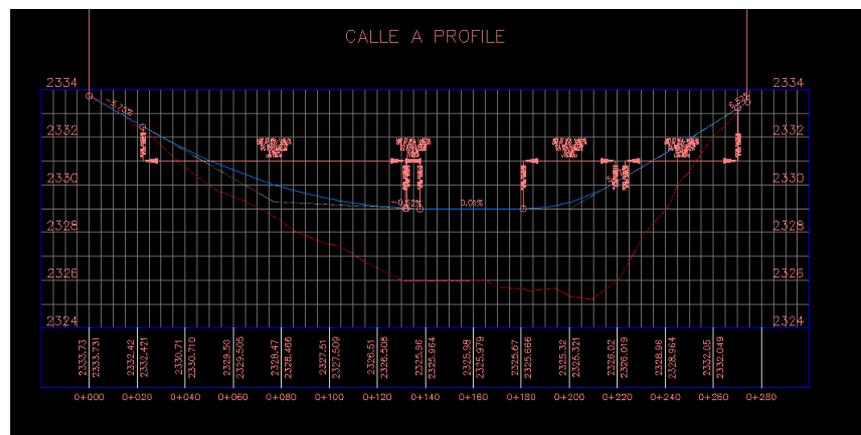


Figura 47. Perfil y rasante

Fuente: Autodesk Civil 3D

21. Para la creación del ensamblaje se deberá ir a inicio, ensamblaje, crear ensamblaje.

Además, se deberá activar la paleta de herramientas para ensamblajes y la de propiedades para editar. El ensamblaje utilizado, dependerá del tipo de vía que se requiera modelar en el proyecto. En este caso se seleccionó un ensamblaje que consta de dos carriles, bordillos y aceras. Además, presenta una estructura básica, es decir la capa de rodadura o adoquín, base y subbase, con el objetivo de encontrar cantidad de

materiales. Las medidas se podrán establecer para cada elemento, según lo que se requiera.

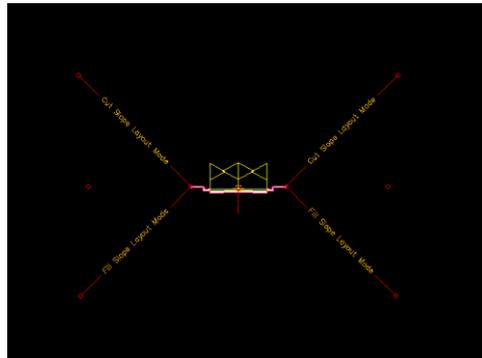


Figura 48. Ensamblaje

Fuente: Autodesk Civil 3D

Si se requiere modificar la geometría de los diferentes elementos que componen el ensamblaje, se deberá seleccionar el mismo, clic derecho, propiedades de ensamblaje y se desplegará una nueva pestaña.

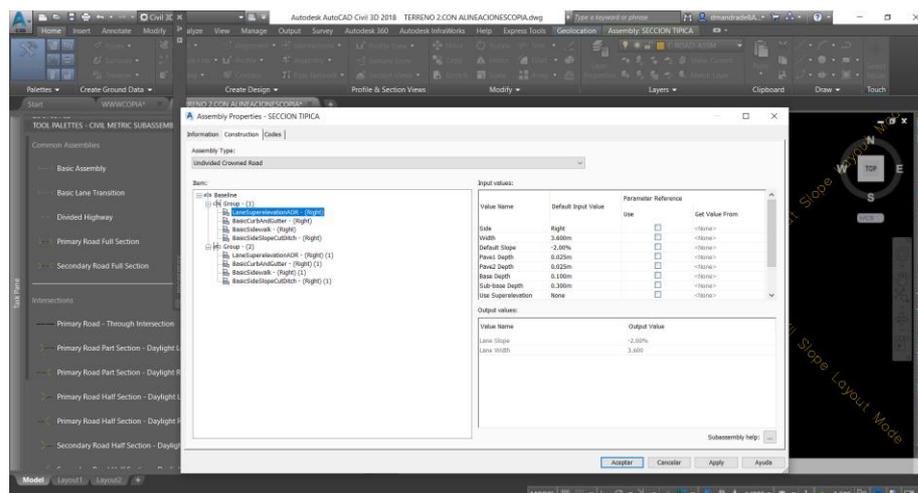


Figura 49. Edición de la geometría del ensamblaje

Fuente: Autodesk Civil 3D

22. Finalmente, se podrá crear el corredor para la vía. Para ello iremos a inicio, corredor, crear corredor. Se desplegará una pestaña en donde se podrá colocar el nombre. Se

selecciona la alineación, el perfil, en ensamblaje y la superficie sobre la cual se implantará. *Aparecerá una alerta que menciona si se desea reconstruir el corredor, a lo que se deberá poner aceptar.

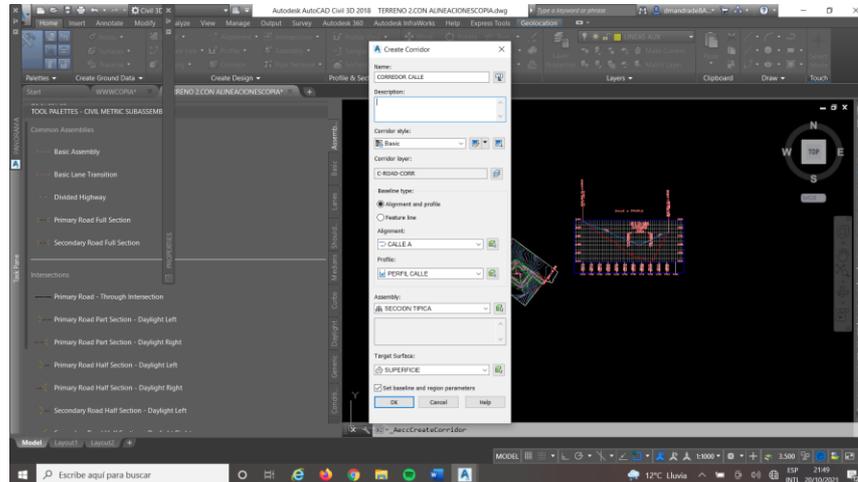


Figura 50. Creación del corredor

Fuente: Autodesk Civil 3D

23. Se deberá crear la superficie del corredor. Para ello se selecciona el mismo, clic derecho, propiedades de corredor. Se despliega una pestaña nueva, en superficie se deberá hacer clic en el icono señalado en la imagen, se escoge en código específico, datum y se lo agrega con el icono más.

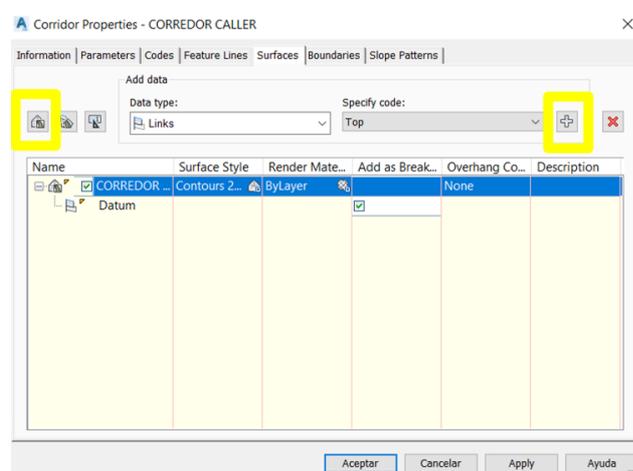


Figura 51. Superficie del corredor-Código Datum

Fuente: Autodesk Civil 3D

En contornos, aparece la siguiente pestaña, hacemos clic derecho, añadir automáticamente y se escoge según los requerimientos. En este caso se seleccionó la opción *daylight*.

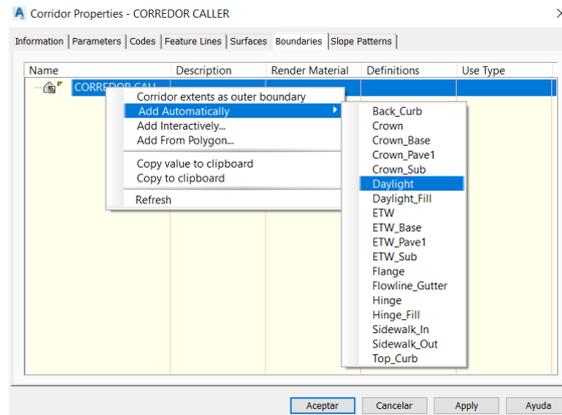


Figura 52. Contornos de la superficie del corredor

Fuente: Autodesk Civil 3D

24. Una vez modelado el corredor, se crean las líneas de muestreo requeridas. Para ello iremos a inicio, líneas de muestreo, crear líneas de muestreo (*sample lines*). Aparece una pestaña en donde se selecciona las superficies sobre las cuales se implantarán y se podrá colocar un nombre.

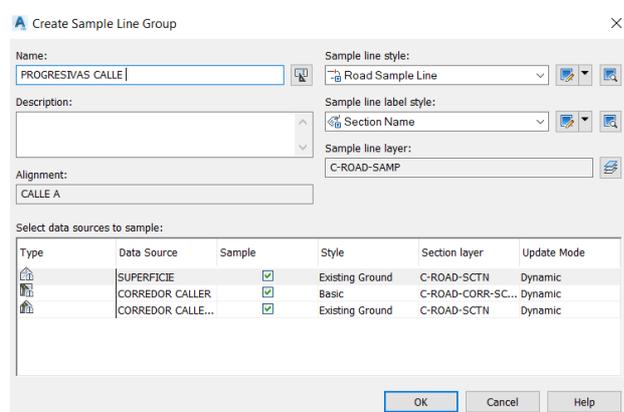


Figura 53. Creación de las líneas de muestreo

Fuente: Autodesk Civil 3D

25. Aparece la siguiente pestaña, y se deberá hacer clic en los sitios donde se señala.

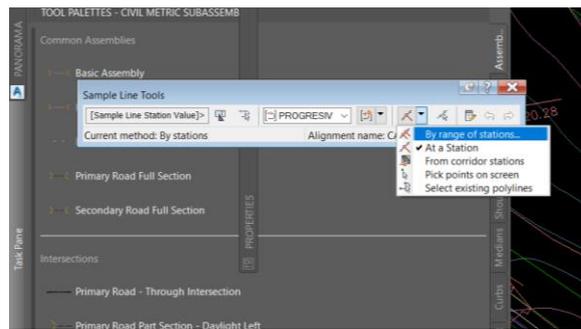


Figura 54. Herramientas de líneas de muestreo

Fuente: Autodesk Civil 3D

Al hacer clic en por un rango de estaciones, aparece la siguiente pestaña en donde se determina el ancho de las líneas de muestreo y los intervalos de distancia en los que se ubicaran a lo largo del corredor. Estas líneas de muestreo son un corte transversal de la vía para determinar el volumen de corte y relleno en las secciones de vista.

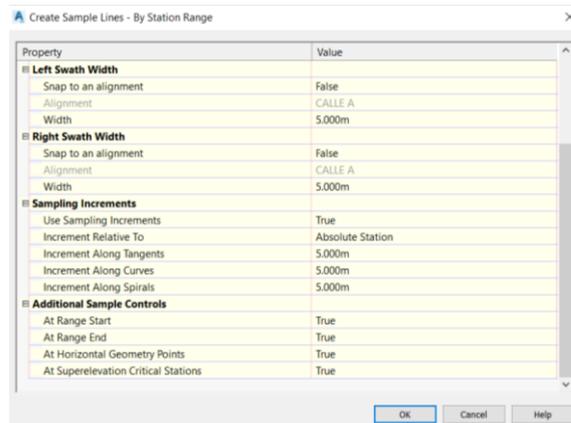


Figura 55. Especificación de estaciones (líneas de muestreo)

Fuente: Autodesk Civil 3D

26. Para la creación de las vistas de sección, se deberá ir a inicio, vistas de sección, crear múltiples vistas de sección.



Figura 56. Creación se vistas de sección

Fuente: Autodesk Civil 3D

De igual manera se desplazarán varias pestañas en las que se deberá seleccionar lo que se desee para el proyecto en particular. Finalmente se crean tantas vistas de sección como líneas de muestreo se hayan creado. A continuación, se presenta un modelo de estas.

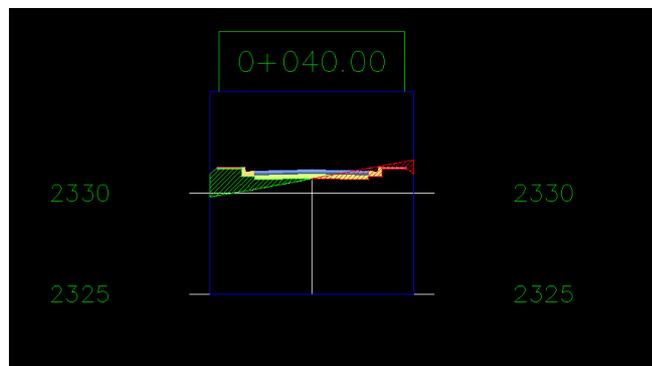
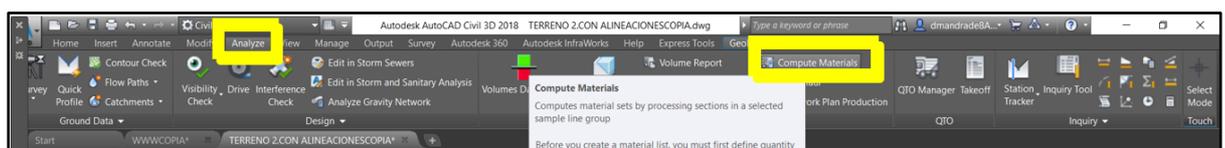


Figura 57. Sección transversal

Fuente: Autodesk Civil 3D

27. Para el análisis de corte y relleno, se deberá ir a análisis, computo de materiales y aparecerá una pestaña en donde se selecciona la alineación y las líneas de muestreo.



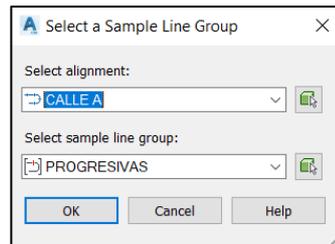


Figura 58. Pasos análisis de corte y relleno

Fuente: Autodesk Civil 3D

Luego de ello, aparece la siguiente pestaña en donde se selecciona la superficie datum, en este caso el corredor y la superficie EG, el terreno.

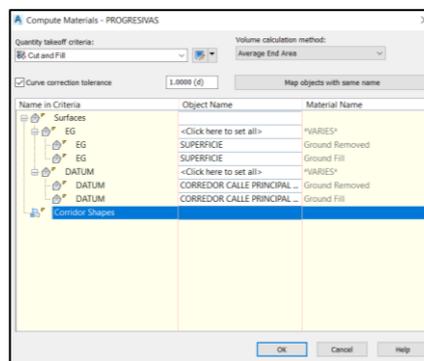
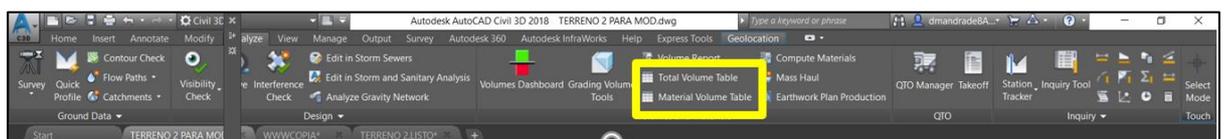


Figura 59. Superficies de análisis

Fuente: Autodesk Civil 3D

28. Finalmente, para las tablas de volumen de corte y relleno y materiales, se deberá seleccionar en la parte de análisis, tabla de volumen total y tabla de volumen de material.



Aparecerá la siguiente pestaña en donde se seleccionan las líneas progresivas y el tipo de tabla, corte y relleno o material.

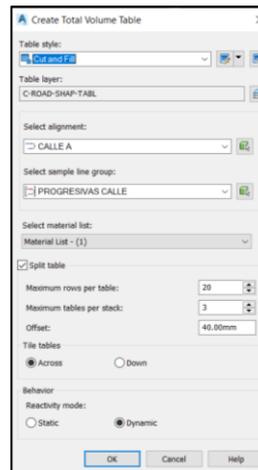


Figura 60. Tablas de volumen de cantidades de material

Fuente: Autodesk Civil 3D

29. Ahora para la subdivisión del lote, se utilizará la herramienta parcela localizada en el inicio del programa.



Figura 61. Herramienta parcela

Fuente: Autodesk Civil 3D

Para ello se crean polilíneas de los sitios que se requieren dividir. Hacemos clic en parcela, creación de parcela a partir de objetos y se selecciona la polilínea. Se esta manera se crea una parcela que ocupa toda el área. Ahora para la subdivisión, deberemos ir a parcela, herramientas de creación de parcelas y aparecerá la siguiente pestaña.

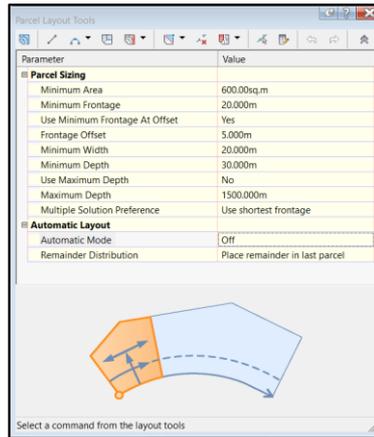


Figura 62. Herramientas de creación de parcelas

Fuente: Autodesk Civil 3D

Aquí se seleccionan los parámetros de subdivisión como el área, el frente mínimo, el desface para el frente mínimo, ancho y profundidad mínima.

30. Para seleccionar el frente del lote, se hace clic en el icono señalado en la imagen, se selecciona la primera opción y se dibuja el frente del lote y la dirección de división deseada.

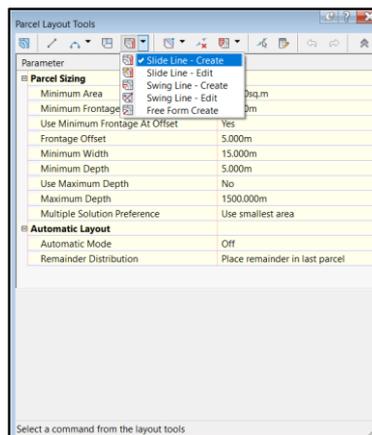
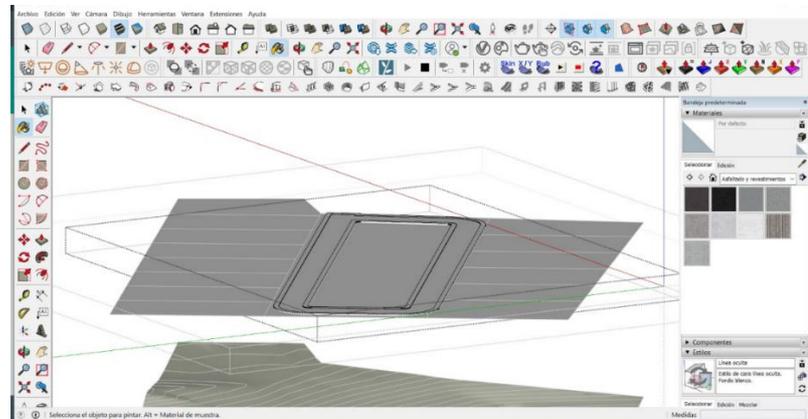


Figura 63. Asignación del frente a cada parcela

Fuente: Autodesk Civil 3D

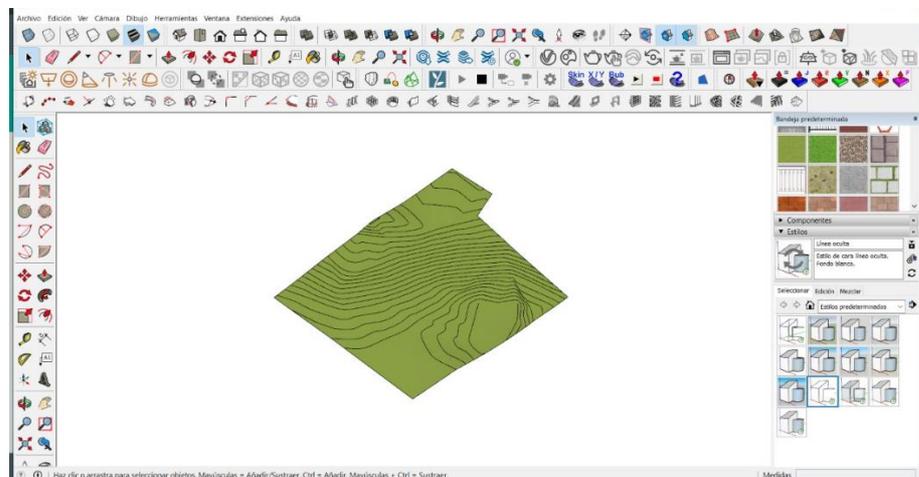
Proceso del modelado del plan masa de la urbanización:

31. Se importa el documento terminado en Civil 3D al programa Sketchup. Para ello se va a inicio, importar y se escoge el documento. De esta manera se obtiene el terreno, la vía y las parcelas para proceder al modelado.



*Figura 64. Importación al programa Sketchup
Fuente: Sketchup*

32. Con el grupo de herramientas “caja de arena”, haciendo clic en la herramienta “contornos” se procede a crear la topografía en base a las curvas de nivel importadas por el programa.



*Figura 65. Creación de la topografía
Fuente: Sketchup*

33. La vía y los lotes generados por el programa se importan como grupos de líneas, las cuales servirán de base para la creación de plataformas para los lotes y la ubicación de la vía.

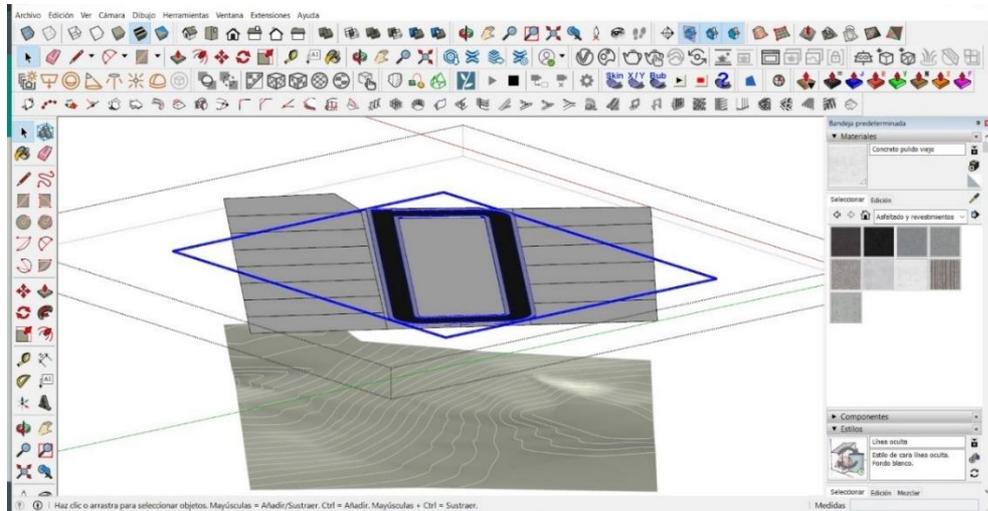


Figura 66. Vías y parcelamiento como líneas

Fuente: Sketchup

34. Para la generación de la vía se procede a bajar el grupo de líneas correspondiente al nivel del terreno, deslizando el ratón sobre el eje de color azul o en la dirección z. Esto servirá de base para la creación de la plataforma para el modelado de la vía.

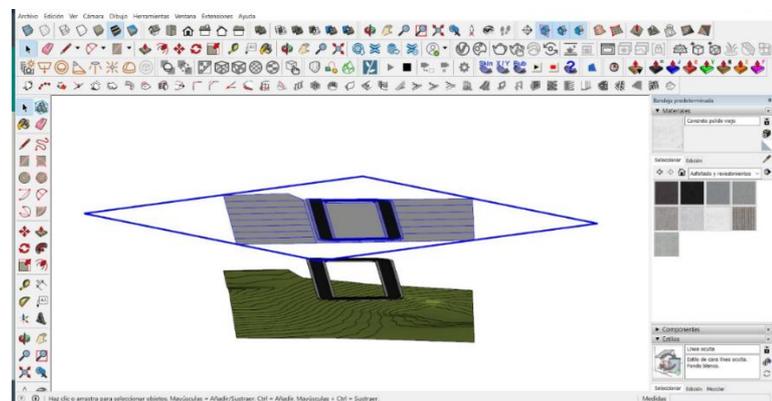


Figura 67. Generación de la vía

Fuente: Sketchup

35. En detalle, para la creación de la vía se generaron bloques de 5 metros de ancho y con una altura dependiente del tramo de la vía. Partiendo de la abscisa con menor elevación y porcentaje de pendiente 0%, con la herramienta “línea”, localizada en el panel de la izquierda, se dibujan líneas con la elevación correspondiente a la rasante diseñada en Civil 3D y se cierran formando cuadrados en la parte superior como se puede observar a continuación:

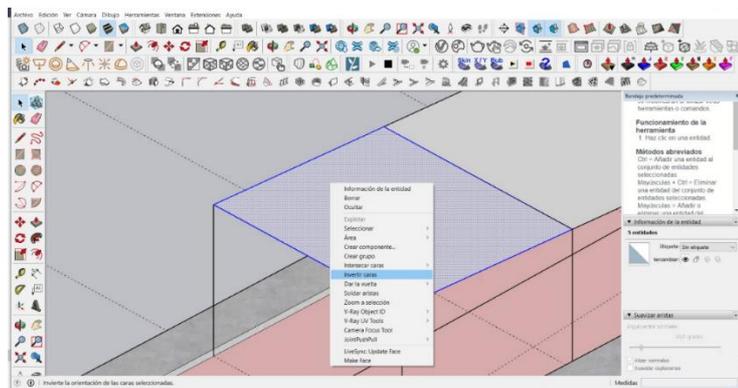


Figura 68. Modelado de la vía-elevación cada 5m.

Fuente: Sketchup

36. Una vez dibujado el perímetro del bloque en la parte superior, hacemos clic derecho, crear grupo. De esta manera se va generando sólidos que darán forma a la vía.

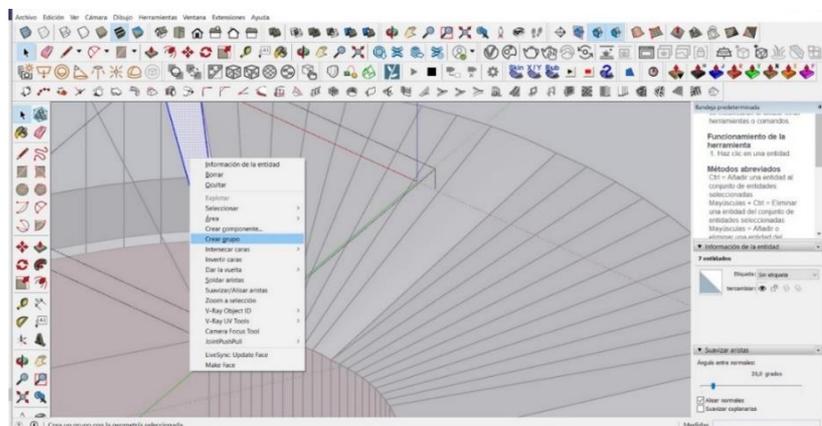


Figura 69. Creación de bloques para vía

Fuente: Sketchup

37. Una vez terminado el modelado de la vía se procede a implantarla en el terreno. Para ello, la sección con el nivel de elevación 0 se localiza en la abscisa del terreno correspondiente. Finalmente se hace clic en la herramienta imprimir localizada en el panel superior y se selecciona cualquier punto sobre el terreno.

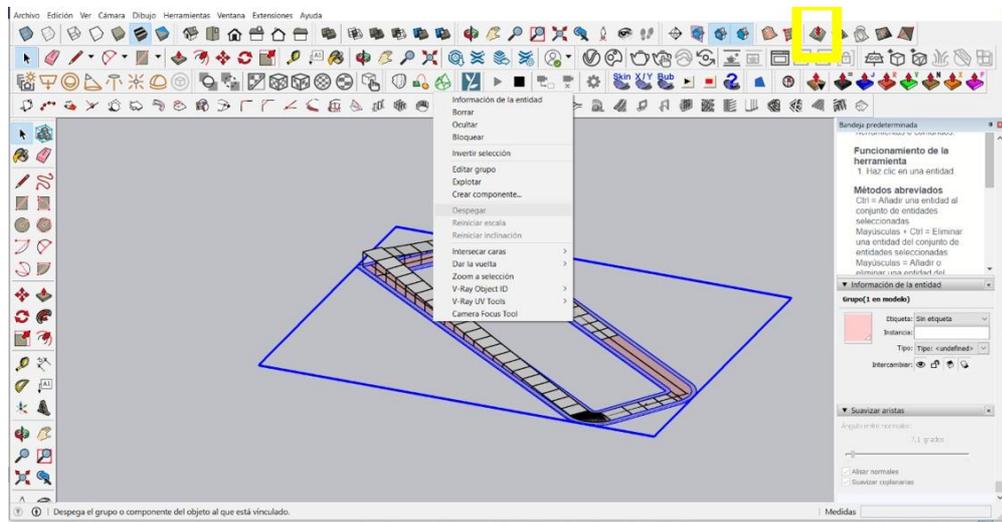


Figura 70. Modelo de la vía

Fuente: Sketchup

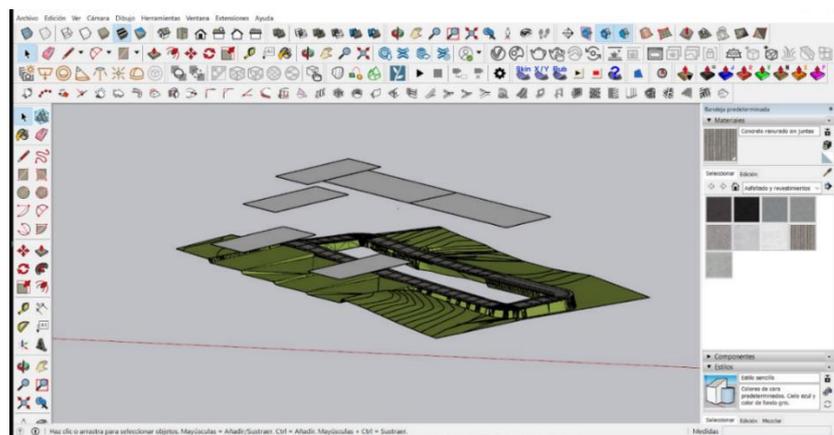


Figura 71. Implantación de la vía en el terreno

Fuente: Sketchup

38. Para la creación de las plataformas correspondientes a cada lote, se usa como base el parcelamiento generado por Civil 3D. Se dibuja con la herramienta línea, el perímetro

de cada uno de estos lotes. Se selecciona el objeto haciendo doble clic, y seleccionamos crear grupo. Luego se hará uso del comando Control C, Escape, Control V y de desplaza el objeto hasta el nivel del terreno, se hace clic en la herramienta “estampar” generando de esta manera las plataformas correspondientes a cada lote. Es necesario tomar en cuenta el nivel de la vía para permitir el ingreso a los usuarios.

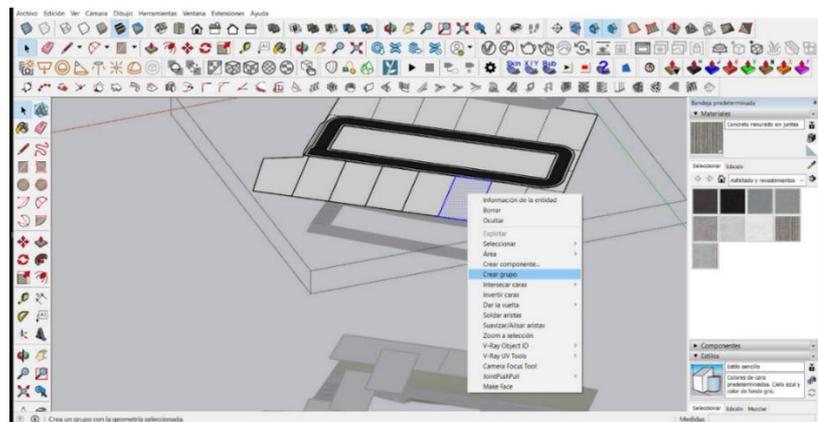


Figura 72. Dibujo del perímetro de las parcelas

Fuente: Sketchup

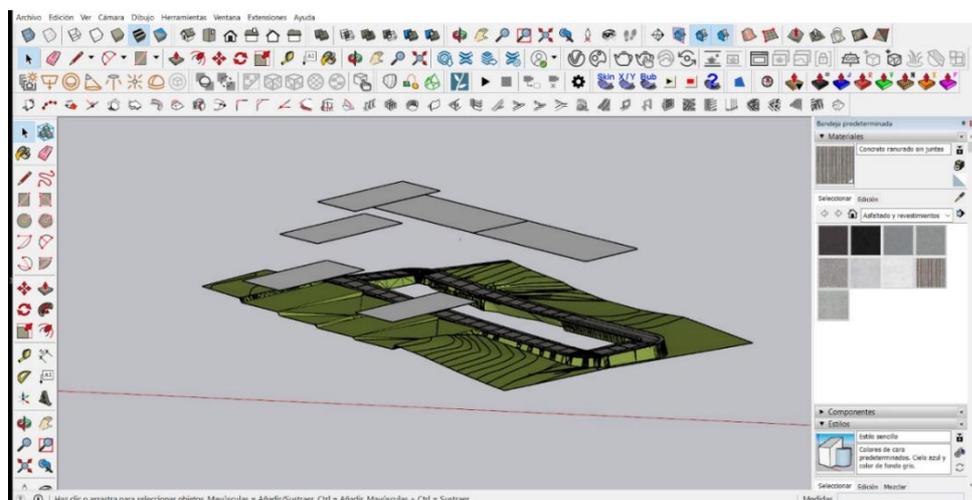


Figura 73. Implantación de plataformas

Fuente: Sketchup

39. Para la creación del área verde, de igual manera de toma como base la forma generada por Civil 3D, con la herramienta “medir” localizada en el panel izquierdo, se divide el rectángulo que representa el área en tramos de 5m. Esto debido al desnivel que se tiene en la vía.

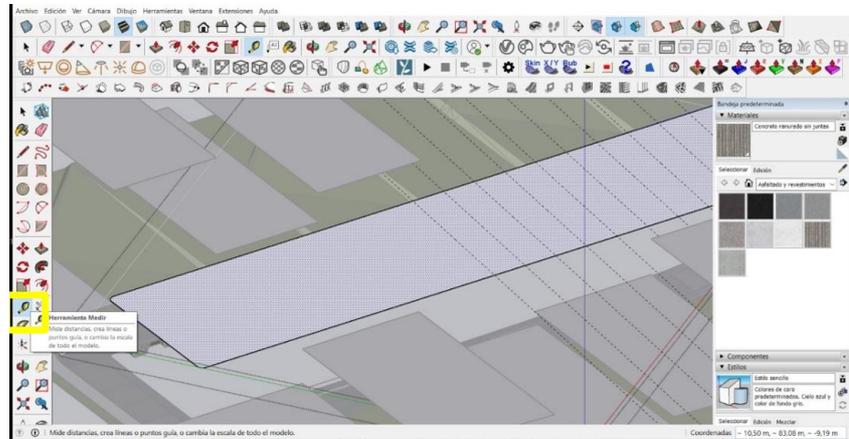


Figura 74. Dibujo del área verde

Fuente: Sketchup

40. Luego de medir, con la herramienta “línea” se dibujan los rectángulos, se selecciona uno por uno y de los desplaza hacia el nivel del terreno y hacemos clic en el icono estampar seleccionando cualquier punto del terreno, formando el área verde con sus respectivos niveles.

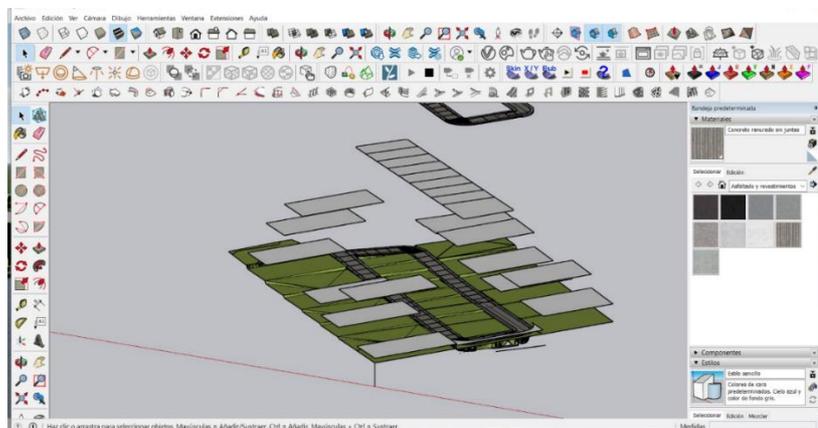


Figura 75. Implantación área verde

Fuente: Sketchup

41. Finalmente se dibujan volúmenes que representen las viviendas a implantarse en el terreno. Para ello se utiliza la herramienta “cuadrado” localizada en el panel de la izquierda y se dibuja la base en una superficie plana, una vez generados, se hace doble clic y crear grupo.

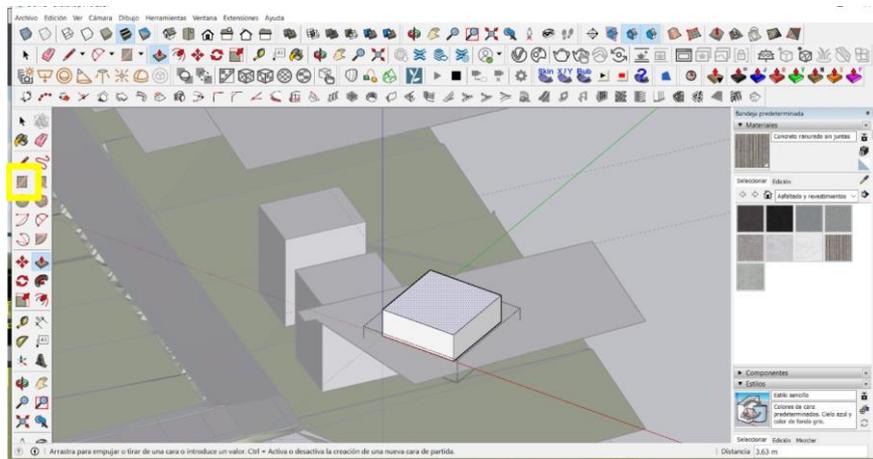


Figura 76. Creación volúmenes-viviendas

Fuente: Sketchup

42. Para darle una elevación a cada volumen se hace doble clic sobre el grupo y se selecciona la herramienta “elevación” en donde se especifica dicho valor. Se oprime el botón escape, se selecciona con un solo clic y se rota el volumen de tal manera que quede alineado con la vía.

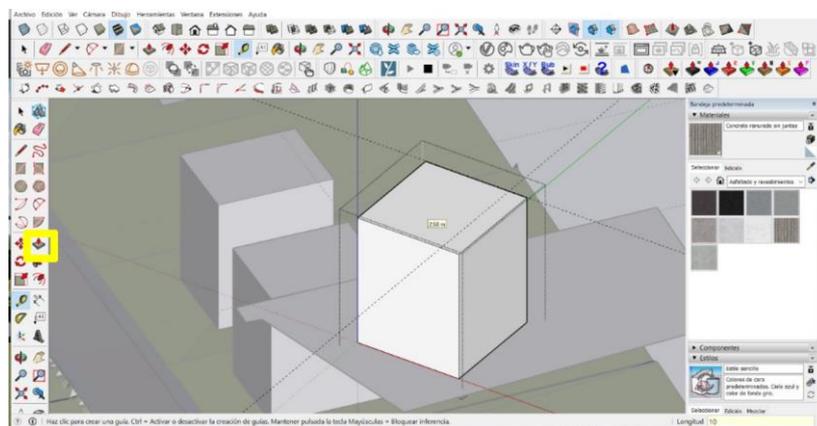


Figura 77. Modelado de medidas de vivienda

Fuente: Sketchup

43. Finalmente se dibuja una base para el terreno. Para ello se utiliza la herramienta “línea”. Se dibujan cuatro líneas perpendiculares a la base del terreno de cualquier dimensión en los cuatro extremos y se unen con líneas perpendiculares a las mismas, de esta manera:

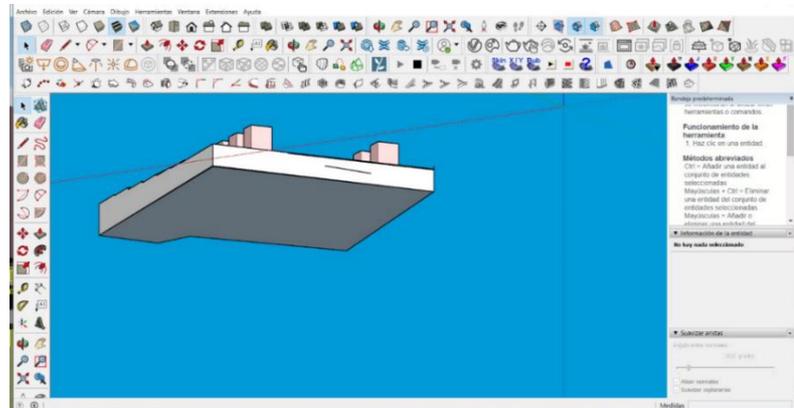


Figura 78. Base del terreno

Fuente: Sketchup

44. Una vez terminado el modelo, para generar una vista realista del mismo se hace uso del software Lumion. Para ello fue necesario la descarga de un plugin de Sketch up para Lumion, el cual sincroniza en tiempo real el trabajo realizado en estos dos softwares. Es decir, cualquier cambio que se realice en Sketch up, instantáneamente se generara en Lumion.

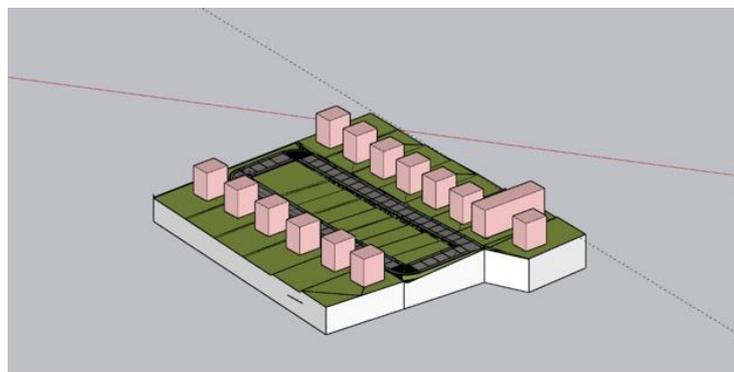


Figura 79. Modelo en Sketchup

Fuente: Sketchup

45. Lumion permite generar textura para cada elemento que compone el proyecto, es decir aceras, calzadas, área verde y vivienda. Además, posee herramientas que permite insertar elementos como árboles, iluminaria, personas, etc.

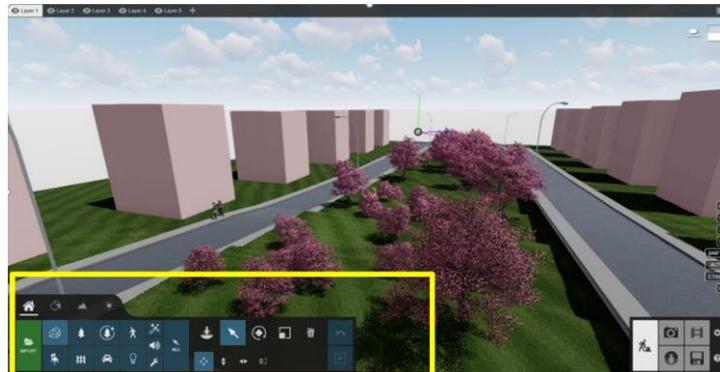


Figura 80. Herramientas en Lumion

Fuente: Lumion

De esta manera queda completo el plan masa de urbanización, con sus respectivos lotes, aceras, calzadas, áreas verdes y paisajismo en general.



Figura 81. Modelado en Lumion

Fuente: Sketchup

2.5 Estimación de costos

Para el análisis de costos, se toma como referencia los rubros considerados para la subdivisión de urbanizaciones de diferentes proyectos. Se seleccionaron tres proyectos y también se determinó un valor aproximado en base al listado de precios rubros-julio 2021 emitida por la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMMOP), así como también se ha tomado como base de datos el costo directo del metro cuadrado de construcción referencial hasta el mes de septiembre del 2021 dado por la Cámara de Construcción de Pichincha (CAMICON).

Los rubros por analizar son los que se presentan en la Tabla 4:

Tabla 4. Rubros por analizar

RUBRO	UNIDAD
Alcantarillado	m
Agua Potable Energía Eléctrica	m
Energía Eléctrica	m
Telefonía	m
Calzada	m ²
Bordillos	m
Aceras	m ²

Elaboración: Propia

A continuación, en las Tablas 5 al 8, se enlistan los presupuestos de los diferentes proyectos y el aproximado dado por la EPMMOP y la CAMICON

- **Proyecto 1.** Subdivisión Jardines de San Enrique

Tabla 5. Rubros Subdivisión Jardines de San Enrique

RUBRO	UNIDAD	P.U. [USD]
Alcantarillado	m	118,00
Agua Potable	m	54,00
Energía Eléctrica	m	156,00
Telefonía	m	25,00
Calzada	m ²	13,00
Bordillos	m	24,00
Aceras	m ²	12,00

Elaboración: Propia

- **Proyecto 2.** Subdivisión Orizzonte departamentos

Tabla 6. Rubros Subdivisión Orizzonte departamentos

RUBRO	UNIDAD	P.U. [USD]
Alcantarillado	m	133,21
Agua Potable	m	60,28
Energía Eléctrica	m	177,61
Telefonía	m	44,40
Calzada	m ²	13,93
Bordillos	m	33,79
Aceras	m ²	13,23

Elaboración: Propia

- **Proyecto 3.** Subdivisión Lote 2

Tabla 7. Rubros Subdivisión Lote 2

RUBRO	UNIDAD	P.U. [USD]
Alcantarillado	m	0,00
Agua Potable	m	39,00
Energía Eléctrica	m	120,00
Telefonía	m	0,00
Calzada	m ²	10,00
Bordillos	m	18,00
Aceras	m ²	0,00

Elaboración: Propia

- **Aproximado EPMMOP**

Tabla 8. Aproximación de costos EPMMOP

LISTADO DE PRECIO RUBROS - JULIO 2021 - EPMMOP		
RUBRO	UNIDAD	P.U. [USD]
Alcantarillado	m	130,99
Agua Potable	m	45,37
Energía Eléctrica	m	191,00
Telefonía	m	36,76
Calzada	m ²	23,27
Bordillos	m	18,94
Aceras	m ²	21,00

Elaboración: Propia

Para encontrar el valor aproximado de cada uno de los rubros presentados en la tabla No. 8, se realiza un análisis de precios unitarios para cada uno. Para todo rubro cuya unidad

sea diferente a la especificada, es necesario considerar la cantidad que se necesitaría por cada metro lineal o cuadrado dependiendo del rubro.

Por ejemplo, para el cálculo del metro lineal de la excavación, cuya unidad especificada en la lista de precios referenciales es m³, se multiplica el precio unitario por 0.72, valor que proviene de aproximar la excavación a 1.2m de ancho por 0.6m de profundidad. En las siguientes tablas, se detallan los rubros considerados para cálculo del precio final de alcantarillado, agua potable, energía eléctrica y telefonía

Tabla 9. Análisis de precios unitarios (alcantarillado)

ALCANTARILLADO				
RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. [USD]	PRECIO TOTAL [USD]
TUBERÍA PVC DE PRESIÓN ROSCABLE 1 1/4"	m	1	12,47	12,47
POZO DE REVISIÓN HS.210kg/cm ² D=1m E=0.20m	m	0,1	178,92	17,89
EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES altura máxima 1.8m	m ³	0,72	10,84	7,80
RELLENO COMPACTADO PARA ESTRUCTURAS MENORES	m ³	0,72	7,21	5,19
COLCHÓN ARENA FINA	m ³	0,36	23,22	8,36
CONSTRUCCIÓN SUMIDERO - REJILLA HIERRO	u	0,1	289,79	28,98
CERCO Y REJILLA DE HIERRO PARA SUMIDERO	u	0,1	127,04	12,70
ALZADA SIMIDERO HORM. SIMPLE 180 kg/cm ²	u	0,1	18,06	1,81
LIMPIEZA SUMIDERO Y TUBERÍA	u	0,1	11,78	1,18
CERCO Y TAPA DE HIERRO POZO DE REVISIÓN	u	0,1	151,43	15,14
CANAL RECOLECTOR 30X20 cm	m	1	19,46	19,46
				130,99

Elaboración: Propia

Tabla 10. Análisis de precios unitarios (agua potable)

AGUA POTABLE				
RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. [USD]	PRECIO TOTAL [USD]
TUBERÍA PVC DE PRESIÓN ROSCABLE 1 1/4"	m	1	12,47	12,47
EXCAVACION DE ESTRUCTURAS MENORES altura máxima 1.8m	m	0,72	10,84	7,80
RELLENO COMPACTADO PARA ESTRUCTURAS MENORES	m ³	0,72	7,21	5,19
COLCHÓN ARENA FINA	m ³	0,36	23,22	8,36
PUNTO AGUA POTABLE HG A-120 1/2"	u	0,3	38,47	11,54
				45,37

Elaboración: Propia

Tabla 11. Análisis de precios unitarios (energía eléctrica)

ENERGÍA ELÉCTRICA				
RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. [USD]	PRECIO TOTAL [USD]
CANALIZACIÓN PVC NORMAL 50mm	m	1	5,58	5,58
EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES altura máxima 1.8m	m ³	0,72	10,84	7,80
RELLENO COMPACTADO PARA ESTRUCTURAS MENORES	m ³	0,72	7,21	5,19
COLCHÓN ARENA FINA	m ³	0,36	23,22	8,36
CABLE ELÉCTRICO TW 2#10, TUBO PVC PESADO 1/2"	m	1	4,06	4,06
TRANSFORMADOR TIPO POSTE	u	0,005	8000	40,00
POSTE	u	0,1	1200	120,00
				191,00

Elaboración: Propia

Tabla 12. Análisis de precios unitarios (telefonía)

TELEFONÍA				
RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. [USD]	PRECIO TOTAL [USD]
CANALIZACIÓN PVC NORMAL 50mm	m	1	5,58	5,58
EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES altura máxima 1.8m	m ³	0,72	10,84	7,80
RELLENO COMPACTADO PARA ESTRUCTURAS MENORES	m ³	0,72	7,21	5,19
COLCHÓN ARENA FINA	m ³	0,36	23,22	8,36
CAJA DE REVISIÓN TELEFÓNICA	u	0,2	40	8,00
CABLE TELEFÓNICO 2#20, TUBO PVC PESADO 1/2"	m	1	1,82	1,82
				36,76

Elaboración: Propia

Para los precios unitarios de calzadas y aceras, se utiliza la cantidad de corte y relleno calculado por Civil 3D. De esta manera se procede a realizar el análisis para computar el precio unitario de cada uno.

En la siguiente tabla se muestran los valores de corte y relleno para el proyecto calculado por Civil 3D:

Tabla 13. Volumen de corte y relleno-calzadas y aceras

Volumen	Calzadas y Aceras [m3]	Calzada [m3]	Acera [m3]
Corte	273,4	196,88	76,52
Relleno	1040,9	749,55	291,35

Elaboración: Propia

Tabla 14. Análisis de precios unitarios (calzada)

CALZADA				
RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. [USD]	PRECIO TOTAL [USD]
SUB-BASE	m ³	378,218	29,22	11051,53
BASE	m ³	151,287	23,22	3512,89
CARPETA ASFÁLTICA	m ²	1 512,872	8,93	13509,95
CORTE O EXCAVACIÓN	m ³	196,88	10,84	2134,13
RELLENO COMPACTADO CON PLANCHA COMPACTADORA	m ³	749,55	6,67	4999,50
				35208,00
			Precio/m2	23,27

Elaboración: Propia

Tabla 15. Análisis de precios unitarios (aceras)

ACERAS				
RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. [USD]	PRECIO TOTAL [USD]
CORTE O EXCAVACIÓN	m ³	76,52416177	10,84	829,52
RELLENO COMPACTADO CON PLANCHA COMPACTADORA	m ³	291,3460131	6,67	1943,28
ADOQUINADO BLOQUES DE HORMIGÓN	m ²	588,042	16,28	9573,32
				12346,12
			Precio/m2	21,00

Elaboración: Propia

Para el precio unitario de bordillos no es necesario el análisis de precios unitarios ya que el valor se encuentra de manera directa en el listado de precios rubros dado por la entidad.

- **Aproximado CAMICON**

Tabla 16. Aproximación de costos CAMICON

RUBROS REFERENCIALES ABRIL-JUNIO-2021- CAMICON		
RUBRO	UNIDAD	P.U. [USD]
Alcantarillado	m	122,00
Agua Potable	m	43,33
Energía Eléctrica	m	143,65
Telefonía	m	24,94
Calzada	m ²	23,89
Bordillos	m	29,06
Aceras	m ²	17,56

Elaboración: Propia

De igual manera se detallan los rubros que se tomaron en cuenta para el cálculo de los precios unitarios correspondientes:

Tabla 17. Análisis de precios unitarios (agua potable)

AGUA POTABLE				
RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. [USD]	PRECIO TOTAL [USD]
TUBERÍA PVC U/E 90 MM 1.25 MPA	m	1	8,41	8,41
EXCAVACIÓN DE ZANJAS A MÁQUINA EN TIERRA H=0/2.75 M	m ³	0,6	3,8	2,28
RELLENO DE ZANJA COMPACTADO CON MATERIAL DE SITIO	m ³	0,3	7,37	2,21
VÁLVULA CHECK 1/2" TIPO RW	u	1	30,43	30,43
				43,33

Elaboración: Propia

Tabla 18. Análisis de precios unitarios (energía eléctrica)

ENERGÍA ELÉCTRICA				
RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. [USD]	PRECIO TOTAL [USD]
POZO REVISIÓN INS. ELÉCTRICA 0.70X0.70X1.00 M TAPA	u	0,016	88,81	1,42
EXCAVACIÓN DE ZANJAS A MÁQUINA EN TIERRA H=0/2.75 M	m ³	0,72	3,8	2,74
RELLENO DE ZANJA COMPACTADO CON MATERIAL DE SITIO	m ³	0,72	7,37	5,31
TUBERÍA PVC U/E 110 MM 1.25 MPA	m	1	12,54	12,54
TABLERO CONTROL DE GE 8-12 PTOS	u	0,016	103,12	1,65
POSTES	u	0,1	1200	120,00
				143,65

Elaboración: Propia

Tabla 19. Análisis de precios unitarios (telefonía)

TELEFONÍA				
RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. [USD]	PRECIO TOTAL [USD]
ACOMETIDA TELEFÓNICA 4P	m	1	2,29	2,29
PUNTO SALIDA PARA TELÉFONOS, ALAMBRE TELEFÓNICO, ALUG 2X20	pto	0,1	20,67	2,07
EXCAVACIÓN DE ZANJAS A MÁQUINA EN TIERRA H=0/2.75 M	m ³	0,72	3,8	2,74
RELLENO DE ZANJA COMPACTADO CON MATERIAL DE SITIO	m ³	0,72	7,37	5,31
TUBERÍA PVC U/E 110 MM 1.25 MPA	m	1	12,54	12,54
				24,94

Elaboración: Propia

De igual manera, se realiza el análisis de precios unitarios para calzadas y aceras empleando la cantidad de material de corte y relleno calculada por Civil 3D. A continuación, se muestra dicho análisis:

Tabla 20. Análisis de precios unitarios (calzada)

CALZADA				
RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. [USD]	PRECIO TOTAL [USD]
SUB-BASE	m ³	378,218	21,97	8309,45
BASE	m ³	151,287	19,37	2930,43
CARPETA ASFÁLTICA	m ²	1 512,872	12,25	18532,68
CORTE O EXCAVACIÓN	m ³	196,88	8,76	1724,63
RELLENO COMPACTADO CON PLANCHA COMPACTADORA	m ³	749,55	6,19	4639,71
				36136,91
			Precio/m ²	23,89

Elaboración: Propia

Tabla 21. Análisis de precios unitarios (aceras)

ACERAS				
RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. [USD]	PRECIO TOTAL [USD]
CORTE O EXCAVACIÓN	m ³	76,52416177	8,76	670,35
RELLENO COMPACTADO CON PLANCHA COMPACTADORA	m ³	291,3460131	6,19	1803,43
ADOQUINADO BLOQUES DE HORMIGÓN	m ²	588,042	13,35	7850,36
				10324,14
			Precio/m ²	17,56

Elaboración: Propia

Así mismo, no se realiza un análisis de precios unitarios para alcantarillado y bordillos ya que la CAMICON presenta un precio unitario directo para cada uno de éstos.

Finalmente, a partir de estos precios unitarios, se procede al cálculo de la media de cada rubro. Se obtiene los siguientes precios unitarios, con los cuales se realizarán los diferentes cálculos para el cálculo del precio final para el proyecto analizado.

Tabla 22. Media de precios unitarios de cada rubro

RUBRO	UNIDAD	P.U. [USD]
Alcantarillado	m	126,05
Agua Potable	m	48,40
Energía Eléctrica	m	157,65
Telefonía	m	32,77
Calzada	m ²	17,54
Bordillos	m	24,76
Aceras	m ²	15,95

Elaboración: Propia

2.6 Resultados de la aplicación de la metodología a un lote de prueba

En base a la aplicación de la metodología anteriormente detallada, se obtienen los siguientes resultados:

2.6.1 Cantidades de obra.

En las Tablas 23 y 24 se presentan las cantidades de obra del prediseño, obtenidas desde el programa Civil 3D.

Tabla 23. Volumen de cantidad de material de la estructura del pavimento

Estructura Pavimento	Volumen Total [m³]
Capa de Rodadura	124,48
Base	155,60
Subbase	389,00
Bordillos	103,45
Aceras	65,74

Elaboración: Propia

Tabla 24. Volumen de corte y relleno

Volumen	Vías [m³]
Corte	232,61
Relleno	1096,21

Elaboración: Propia

2.6.2 Área verde.

Para el análisis del área verde, es necesario considerar como mínimo un 15% del terreno por urbanizar. Cabe recalcar que el 15% será con respecto al área total del terreno, menos el área de la vía, y el área de los retiros, en caso de que existan. Es decir, en este caso será igual a:

$$\text{Área Verde} = \text{Área Terreno Total} - \text{Vía}$$

$$\text{Área Verde} = 12799.03 - 2100.92 = 10698.11\text{m}^2$$

Ahora se calcula el 15% de 10564.17

$$10698.11\text{m}^2 * 0.15 = 1604.72\text{m}^2$$

Es decir, el área verde mínima debe ser de 1604.72m^2 , con lo cual se verifica que cumple con la normativa, con un valor de 1620.88m^2

2.6.3 Urbanización del lote.

En la tabla 25 se presenta la información de las catorce parcelas de mas de 600m2 resultantes del pre-diseño:

Tabla 25. Número, área y perímetro de parcelas

URBANIZACIÓN DEL LOTE		
No. Parcela	Área [m ²]	Perímetro [m]
1	719,8	110,25
2	646,75	108,18
3	677,44	109,55
4	667,78	108,53
5	658,13	107,51
6	648,47	106,5
7	612,77	102,95
8	600,00	105,56
9	600,00	105,44
10	600,00	105,32
11	600,00	105,21
12	600,00	105,09
13	600,00	104,97
14	600,00	104,86

Elaboración: Propia

2.6.4 Análisis de precios unitarios.

En el software civil 3D, se calcula los metros lineales de alcantarillado, agua potable, energía eléctrica, telefonía y bordillos, y los metros cuadrados de calzada y aceras. Para ello fue necesario el uso de las herramientas polilíneas y área, para su aproximación se toma como referencia la longitud de la vía. Para calcular el costo total de cada uno de estos rubros se toma como costo unitario la media que fue calculada en el punto anterior. Se multiplica la cantidad por el costo unitario y se obtiene el costo total para el proyecto.

Tabla 26. Cálculo del costo total de rubros de urbanización

RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO [USD]	COSTO TOTAL [USD]
Alcantarillado	m	234,001	126,05	29 495,66
Agua Potable	m	258,715	48,40	12 520,63
Energía Eléctrica	m	258,715	157,65	40 786,86
Telefonía	m	258,715	32,77	8 479,03
Calzada	m ²	1 512,872	17,54	26 535,24
Bordillos	m	242,231	24,76	5 997,16
Aceras	m ²	588,042	15,95	9 376,64
				133 191,23

Elaboración: Propia

Como se puede apreciar, el costo total en dólares de los rubros necesarios para la subdivisión para urbanización del terreno analizado es de 133 191.23 [USD].

Es necesario mencionar que el precio calculado para aceras y calzadas resulta un poco mayor con respecto a los tres primeros proyectos presentados en la sección 2.5. Esto debido a

que el volumen de material de relleno para este proyecto en específico es elevado. A pesar de ello el precio calculado para el proyecto podría resultar factible para su ejecución.

3 CONCLUSIONES

Tras la realización del presente trabajo integrador, se concluye lo siguiente:

- a) Durante la fase de exploración en donde se pudo conocer más de cerca los diferentes softwares disponibles en el mercado, se concluye que cada uno de estos tienen un alcance muy amplio dentro del campo de la construcción, alineados a diferentes tipos de análisis y sectores.
- b) Para este tipo de análisis, en donde se tiene proyectos de menor escala y además se requiere cantidades de obra para realizar una estimación de presupuesto más cercano a la realidad, Civil 3D es el software idóneo para el diseño.
- c) Asimismo, si se desea conseguir un modelado realista, Sketchup permite obtenerlo en un tiempo muy reducido a comparación con otros softwares.
- d) Se propuso una metodología para el desarrollo de una alternativa de prefactibilidad, logrando que este tipo de análisis se pueda realizar en menos de 8 horas.
- e) Durante la fase exploratoria se desarrolló un terreno con información topográfica previa, en el cual se diseñó las vías de acceso para cada lote y se destinó el porcentaje de área verde cumpliendo con la normativa vigente, así también se urbanizó el terreno en lotes de aproximadamente 600m² utilizando parcelas, para en base a ello obtener cantidades de obra.
- f) En la fase de aplicación, se analizó un terreno del cual no se disponía de información topográfica, se hizo uso de Civil 3D, Sketchup y Lumion para lograr una visualización completa del proyecto.
- g) El prediseño en la fase de aplicación cumplió con la normativa dictada por el Código Orgánico de Organización Territorial y el Documento Anexo Único de Reglas Técnicas de Arquitectura.

- h) Se proveyó de una base de datos de costos aproximados con niveles de precios del 2021, basándose en precios referenciales dados por diferentes proyectos de urbanización y precios aproximados emitidos por la CAMICON y la EPMMOP para estimar los precios de obras de urbanización, logrando una metodología completa de análisis para la etapa de prefactibilidad de urbanización de proyectos inmobiliarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APIVE. (8 de Julio de 2020). *Sector inmobiliario: un análisis pre y post covid*. Obtenido de <https://apive.org/sector-inmobiliario-un-analisis-pre-y-post-covid/>
- Area-BIM Engineering*. (s.f.). Obtenido de <https://www.areabim.com/navisworks/>
- Autodesk. (2021). *Civil 3D-Funciones*. Obtenido de <https://www.autodesk.es/products/civil-3d/features>
- Código Orgánico de Organización Territorial, [COOTAD]. (2010). Ley 0 de 2010. Ecuador. Editeca. (s.f.). *Softwares BIM más utilizados en Ingeniería Civil*. Obtenido de <https://editeca.com/softwares-bim-mas-utilizados-en-ingenieria-civil/>
- Naciones Unidas. (2020). Obtenido de <https://www.un.org/es/un75/shifting-demographics>
- Plusvalia. (18 de Marzo de 2021). *PERSPECTIVAS DEL MERCADO INMOBILIARIO EN EL 2021*. Obtenido de <https://www.plusvalia.com/noticias/eventos/perspectivas-del-mercado-inmobiliario-en-el-2021/>
- Población de Quito 2021. (25 de Junio de 2021). *EcuadorNoticias*, págs. <https://ecuadornoticias.com/poblacion-de-quito-2021/>.
- Primicias. (2020). *Recuperación del sector constructor incentiva la inversión extranjera*. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/economia/recuperacion-sector-construccion-incentiva-inversion-extranjera-ecuador/>
- Properati. (Noviembre de 2021). *Reporte del Mercado Inmobiliario - Quito Noviembre 2021*. Obtenido de <https://blog.properati.com.ec/reporte-mercado-inmobiliario-uito-nov-2021/>
- Reglas Técnicas de Arquitectura y Urbanismo. (s.f.). DOCUMENTO:ANEXO DEL LIBRO INNUMERADO “DEL RÉGIMEN ADMINISTRATIVO DEL SUELO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. Ecuador .
- Rincón, J. (2020). *Diseño con Autodesk InfraWorks 360 y AutoCAD Civil 3D de un tramo de carretera con viaducto en EX – 117*. Sevilla: Trabajo Fin de Master Inédito, Universidad de Sevilla.
- Sabol, L. (2013). *BIM Technology for FM* .
- Superintendencia de Control del Poder del Mercado. (Mayo de 2016). *Estudio de Mercado “Sector Construcción”*. Obtenido de <https://www.scpm.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2019/02/Sector-Construccion-Versin-Pblica.pdf>