APLICACIONES DE LAS HERRAMIENTAS TRAVERSE, PARCEL, GRADING Y FEATURE LINE DE AUTOCAD® CIVIL 3D®

MICHAEL STIVEN ESCOBAR RODRIGUEZ

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA
BOGOTÁ D.C
2021

APLICACIONES DE LAS HERRAMIENTAS TRAVERSE, PARCEL, GRADING Y FEATURE LINE DE AUTOCAD® CIVIL 3D®

MICHAEL STIVEN ESCOBAR RODRIGUEZ

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Topográfico

DIRECTOR:
MARIO ARTURO RINCÓN VILLALBA
ING. ESP. MSC.

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA
BOGOTÁ D.C
2021

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 1

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN 2

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 5

3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 5

3.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN 5

4. OBJETIVOS 6

4.1. OBJETIVO GENERAL 6

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 6

5. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL 7

5.1. AutoCAD® Civil 3D® 7

5.2. Planimetría y altimetría 7

5.3. Curvas de nivel 8

5.4. Superficies 8

5.5. Sites o emplazamientos 9

5.6. Feature Lines 9

5.7. Parcels 10

5.7.1. Herramientas de creación de parcela 11

5.8. Grading 12

5.9. Traverse 12

5.9.1. Poligonales 12

5.9.2. Traverse Editor y Traverse Adjustment 13

5.9.3. Survey Points y COGO Points 13

5.10. Alcantarillados 14

5.10.1. Disposición de la red de alcantarillados: Sistema perpendicular 14

6. METODOLOGÍA 15

6.1. Desarrollo de la propuesta 15

6.1.1. Fase I: Revisión de la literatura 15

6.1.2. Fase II: Desarrollo de ejemplos de aplicación 15

6.1.3. Fase III: Elaboración de una guía metodológica 15

6.2. Fase IV: Creación de documento final 15

7. DESARROLLO DE LA PROPUESTA 16

7.1. Áreas de drenaje aferentes a los colectores de una red de alcantarillado 16

7.1.1. Opción 1 19

7.1.2. Opción 2 28

7.1.3. Ordenar la enumeración de las parcelas 36

7.1.4. Reporte 40

7.2. Ajuste poligonal cerrada 45

7.2.1. Comparación entre el ajuste por medio de Traverse con el método de la Brújula, y Survey – Mapcheck con el método de mínimos cuadrados 58

7.3. Manejo de taludes 67

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 78

REFERENCIAS 80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista de curvas de nivel 8

Figura 2. Parcela 10

Figura 3 Herramientas de creación de parcela 11

Figura 4. Vista en planta de un objeto de explanación 12

Figura 5 Esquema de un alcantarillado perpendicular con interceptor 14

Figura 6 Métodos de creación de parcelas 16

Figura 7 Manzanas y disposición de la red de alcantarillado 17

Figura 8 Red de distribución con curvas de nivel 18

Figura 9 Zoom a zona específica de las manzanas y de la disposición de red de alcantarillado 19

Figura 10 Ventana de creación de parcelas a partir de objetos 19

Figura 11 Copiar estilo de etiqueta de área 20

Figura 12 Editar nombre del nuevo estilo 20

Figura 13 Pestaña Layout de Label Style Composer 21

Figura 14 Text Component Editor - Contents 22

Figura 15 Opciones disponibles a modificar en el contenido de área 22

Figura 16 Contenido completamente editado de área 23

Figura 17 Ubicación en ToolSpace de la parcela creada 24

Figura 18 Crear un alineamiento a partir de la opción Alignment Creation Tools 25

Figura 19 Ventana de creación de alineamiento 25

Figura 20 Fixed Line Two Points 26

Figura 21 Alineamiento dividiendo una parcela creada 26
Figura 22 Parcela completamente dividida en función de los colectores 27
Figura 23 Configuración de Parcel Layout Tools..... 28
Figura 24 Crear Slide Line - Línea de Deslizamiento 29
Figura 25 Seleccionar parcela para ser subdividida..... 30
Figura 26 Frente y línea de deslizamiento creados..... 31
Figura 27 Sentido escogido para la subdivisión de parcela 32
Figura 28 Visualización de la subdivisión antes de aceptar el resultado..... 33
Figura 29 Visualización de la subdivisión después de aceptar el resultado 33
Figura 30 Ajuste de la subdivisión de la parcela 34
Figura 31 Ajuste de área mínima y línea de deslizamiento para nuevas parcelas 35
Figura 32 Subdivisión completa usando las herramientas de creación de parcela 35
Figura 33 Numeración equivocada de parcela..... 36
Figura 34 Renumerar/Renombrar Parcelas..... 37
Figura 35 Configurar la opción Renumerar/Renombrar Parcelas..... 37
Figura 36 Recorrido de la polilínea que renumera las parcelas..... 38
Figura 37 Parcelas renumeradas 39
Figura 38 Todas las parcelas creadas..... 40
Figura 39 Reports Manager 41
Figura 40 Reportes de Parcela 42
Figura 41 Configuración del reporte de área 42
Figura 42 Vista del reporte de área en Excel 43
Figura 43 Información organizada de las áreas de las parcelas..... 44

Figura 44 Creación manual de puntos 46
Figura 45 Puntos con coordenadas conocidas creados en Civil 3D..... 46
Figura 46 Transparent Commands..... 47
Figura 47 Uso del comando transparente Angle Distance..... 48
Figura 48 Establecer punto de amarre para el comando Angle Distance 48
Figura 49 Ingresar ángulo leído usando el comando Angle Distance 49
Figura 50 Poligonal dibujada usando el comando transparente Angle Distance..... 50
Figura 51 Distancia entre el punto inicial y el punto final de la poligonal sin ajustar..... 51
Figura 52 Ubicaciones de Traverse en Civil 3D..... 51
Figura 53 Cuadro de dialogo Traverse Editor..... 52
Figura 54 Poligonal cargada a Traverse Editor..... 53
Figura 55 Cuadro de dialogo Traverse Adjustment..... 54
Figura 56 Seleccionar método de ajuste en Traverse Adjustment..... 55
Figura 57 Cuadro de diálogo Configuración de ajuste de COGO 56
Figura 58 Poligonal ajustada y sus datos en el cuadro de dialogo de Traverse Editor..... 57
Figura 59 Zoom a error de cierre en poligonal después del ajuste 57
Figura 60 Agregar etiquetas a la poligonal..... 58
Figura 61 Ubicación de Sruvey en la pestaña Analyze..... 59
Figura 62 Cuadro de dialogo Mapcheck..... 59
Figura 63 Mapcheck creado a partir de la poligonal..... 60
Figura 64 Adjust Mapcheck..... 60
Figura 65 Cuadro de dialogo Mapcheck analysis..... 61
Figura 66 Primer reporte del ajuste por Mapcheck..... 61

Figura 67 Segundo reporte del ajuste por Mapcheck..... 62
Figura 68 Tercer reporte del ajuste por Mapcheck..... 63
Figura 69 Crear una polilínea que represente la poligonal ajustada..... 63
Figura 70 Taludes que se cruzan en una curva..... 67
Figura 71 Zoom al error de taludes cruzados..... 67
Figura 72 Feature Lines from Corridor..... 68
Figura 73 Mensaje en la barra de comandos de Feature Line from Corridor..... 68
Figura 74 Cuadro de diálogo Extract Corridor Feature Lines..... 69
Figura 75 Grading en el panel Create Design..... 69
Figura 76 Cuadro de diálogo de Grading Creation Tools..... 70
Figura 77 Cuadro de diálogo Create Grading Group..... 70
Figura 78 Selection Cycling..... 71
Figura 79 Seleccionar Feature Line extraída usando el ciclo de selección..... 71
Figura 80 Ubicación en la pestaña Prospector de la Feature Line extraída..... 72
Figura 81 Mover la Feature Line al mismo Site del grupo Grading Talud..... 72
Figura 82 Sección transversal con taludes y sin ellos..... 73
Figura 83 Vista isométrica del corredor antes y después de quitar los taludes..... 73
Figura 84 Grade to Surface..... 74
Figura 85 Cuadro de diálogo Grading Criteria - Grade to Surface..... 74
Figura 86 Create Grading..... 75
Figura 87 Seleccionar la entidad para crear el grading..... 75
Figura 88 Indicar el sitio en donde se creará el grading..... 76
Figura 89 Taludes y superficie generados a partir de Feature Line y Grading..... 77

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Cartera de una poligonal cerrada 45

Tabla 2 Coordenadas del punto inicial y el punto de amarre..... 45

Tabla 3 Diferencia entre las coordenadas de la poligonal ajustada usando Traverse y Mapcheck 64

Tabla 4 Corrección de ángulos y cálculo de azimuts..... 64

Tabla 5 Proyecciones y sus respectivas correcciones 65

Tabla 6 Coordenadas de la poligonal..... 65

Tabla 7 Diferencia entre las coordenadas de la poligonal ajustada usando Mapcheck y cálculo manual 66

Tabla 8 Diferencia entre las coordenadas de la poligonal ajustada usando Traverse y cálculo manual 66

1. INTRODUCCIÓN

Gracias al desarrollo de nuevas tecnologías y al avance significativo de software y hardware, los programas de diseño asistido por computador se han convertido en una herramienta muy importante tanto en ámbitos académicos como profesionales, ya que logran la integración del análisis y del diseño de una manera eficiente. Resulta sumamente importante mantenerse actualizado en las aplicaciones que este tipo de programas ofrecen a los ingenieros, y tener un soporte en un software especializado, como lo es AutoCAD® Civil 3D®.

El propósito de este estudio es relacionar las aplicaciones que tienen las herramientas Traverse, Parcel, Grading y Feature Line de AutoCAD® Civil 3D® con proyectos de ingeniería, e identificar las ventajas y desventajas que tienen. Obteniéndose de esta forma, además, una guía metodológica.

El presente documento está estructurado de la siguiente manera: en el primer capítulo se establece el marco teórico conceptual donde se abordan temas previos elementales como poligonales, curvas de nivel, superficies, emplazamientos del software, y conceptos de cada una de las herramientas que son objeto de este estudio. Posteriormente se enmarca la metodología con la cual se van a desarrollar cada uno los ejemplos, se presentan las conclusiones y recomendaciones, y finalmente se presenta la bibliografía consultada.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

AutoCAD es un programa de diseño asistido por computador creado en 1982 por la empresa Autodesk y desde entonces ha venido evolucionando hasta su última versión estable AutoCAD 2021, convirtiéndose en el programa de referencia del diseño asistido por computador (CAD), y así mismo creando diferentes subdivisiones enfocadas en áreas concretas, como por ejemplo AutoCAD Civil 3D.

El primer manual oficial para Civil 3D fue *Mastering AutoCAD® Civil 3D® 2008* (Probert, Wedding, Scacco & Hickey, 2007), y posteriormente fueron diseñados por los mismos autores los manuales para las versiones 2009 y 2010 del software. En agosto de 2010 se publicó por diferentes autores la nueva versión del manual *Mastering AutoCAD® Civil 3D® 2011* (McEachron & Wedding, 2010), y lo mismo sucedería para la versión siguiente *Mastering AutoCAD® Civil 3D® 2012* (Graham & Holland, 2011) donde los autores cambiarían. La característica más importante de estos manuales es su gran extensión, donde se abordan los conceptos generales de cada herramienta que ofrece el software.

En el año 2011 se publicó el libro *AutoCAD® Civil 3D® 2012* ESSENTIALS (Chappell, 2011) enfocado más para principiantes con el software, exponiendo los aspectos fundamentales y siguiendo la directriz de la línea Essentials de ayudar a aprender y usar el software de Autodesk rápidamente. Desde entonces se ha publicado por el mismo autor los libros para cada versión del software hasta el año 2016, como también ocurrió con la línea de los libros Mastering AutoCAD® CIVIL 3D®.

En un artículo publicado en 2007 en *International Journal of Modern Engineering* con el nombre de *A New Dimension to Land Development and Subdivision Design: Application of*

AutoCAD Civil 3D® (Mehrabian & Ali, 2007), los autores presentan algunas funcionalidades del software en su versión 2008 para el desarrollo y subdivisión de la tierra, usándolo en conjunto con AutoCAD® Land Desktop.

Uno de los manuales escritos de Civil 3D con una aplicación específica es *Manual de civil 3D aplicado a proyectos viales* (Rincón, Vargas & González, 2015) donde se encuentra una descripción paso a paso de cómo se realiza el dibujo y el diseño de un proyecto vial. En el año 2018 se publicó el libro *DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS CON CIVIL 3D* (Rincón, Vargas & González, 2018) siendo este libro una mejora del publicado en el 2015 con nuevas secciones para el dibujo y diseño de intersecciones, glorietas, y carreteras con túneles y viaductos.

De una manera más general y haciendo relación del software AutoCAD con la topografía, en el año 2017 se publicó el libro *AutoCAD aplicado a Topografía y vías* (Rincón, Vargas & González, 2015) donde se explica detalladamente herramientas de AutoCAD básicas, como sistemas de coordenadas, comandos, layers, textos, acotación, y planos e impresión, además de una introducción a AutoCAD 3D.

Para el año 2019 se publicó el libro *Topografía con AutoCAD Civil 3D: Técnicas y herramientas para la ingeniería* (Rodríguez, 2019), donde se presentan las herramientas del software, interfaz de usuario, gestión de puntos, superficies, parcelas, explanación, creación de alineamientos y redes topográficas, todo de una manera muy general.

Una tesis de pregrado donde se expone un tutorial paso a paso de uso académico para el software versión 2012, fue creado por Núñez (2012), incluyendo videos del diseño de un proyecto vial sobre la ruta Lebrija – Barrancabermeja en el departamento de Santander.

En el 2019 una tesis de maestría creada por Yañez (2019), se basaba en el diseño de un vertedero de residuos inerte usando AutoCAD Civil 3D 2019, analizando las ventajas que este software podía ofrecer en el diseño de ese tipo de proyectos.

Como lo menciona Mora (2006), para poder llevar un ritmo de producción competitivo, es inevitable recurrir a herramientas de software que permitan el cálculo de redes, cálculo de modelos digitales y diseño de carreteras. Algunos de estos programas están incorporados en un sistema de diseño asistido por ordenador (DAO) con módulos de cálculo topográfico. Otros son programas independientes y, aunque están preparados también para la confección del mapa final lo usual es importar plantas, curvados y perfiles con un DAO y maquetar la cartografía final con él.

Este documento es útil para los estudiantes de ingeniería topográfica y demás programas o carreras afines, ya que las aplicaciones de las herramientas Parcel, Traverse, Grading y Feature Line que se van a desarrollar, están directamente relacionadas con proyectos de ingeniería.

La herramienta Traverse se utilizará para ajuste de poligonales, importante en topografía, que es la base sobre la cual se proyectan las obras. Las opciones Grading y Feature Line es útil para la creación de plataformas, explanaciones, manejo de taludes, terraceo, donde se manejan conceptos de curvas de nivel y superficies. La herramienta Parcel se utilizará para la delimitación de áreas de drenaje aferentes a colectores en una red de alcantarillado, paso previo al cálculo de caudal de aguas residuales.

Con este trabajo se busca ampliar las competencias en el manejo del software, conociendo y manejando herramientas poco utilizadas, solucionar con estas problemas que se puedan presentar, agilizar flujos de trabajo en tareas que son especialmente lentas y optimizar el rendimiento, siendo cada vez más AutoCAD Civil 3D una herramienta valiosa para la ingeniería.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La mayoría de las aplicaciones del software AutoCAD® Civil 3D® que han sido estudiadas y documentadas, están centradas en proyectos de infraestructura lineal, como vías y redes de tuberías, al igual que varios de los textos sobre el manejo del software, orientados también a arquitectura y algunas ramas de la ingeniería; algunos otros manuales solo brindan una descripción de manera muy general de los comandos básicos. Sin embargo, existen algunas herramientas que han sido poco utilizadas y poco documentadas, aplicadas a proyectos de ingeniería, concretamente, las herramientas Traverse, Parcel, Grading y Feature Line. Por ende, este trabajo estudia esas herramientas del software y sus respectivas funciones, además que busca obtener conclusiones acerca de la eficacia, bondades, ventajas y desventajas que puedan ofrecer aplicándolas a proyectos de ingeniería.

3.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo aplicar las herramientas Traverse, Parcel, Grading y Feature Line en proyectos de ingeniería?

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Relacionar y explicar las aplicaciones de las herramientas Traverse, Parcel, Grading y Feature Line de AutoCAD® CIVIL 3D® en proyectos de ingeniería.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las áreas de drenaje aferentes a los colectores de una red para el diseño de un alcantarillado sanitario usando la herramienta Parcel.
- Realizar el ajuste de un poligonal cerrada a partir de la herramienta Traverse.
- Describir las aplicaciones de las opciones Grading y Feature line en el manejo de taludes.

5. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

5.1. AutoCAD® Civil 3D®

AutoCAD es un programa de diseño asistido por computador para representaciones de elementos en 2D y 3D, este programa se creó en el año 1982 y consecuente con la evolución de la tecnología año tras año ha venido evolucionando con el fin de que sus usuarios puedan realizar planos, dibujos y demás representaciones con una adecuada visualización, en tiempos adecuados y con mayor facilidad. (Rincón, González & Vargas, 2017)

AutoCAD Civil 3D es un paquete de herramientas basado en AutoCAD con funciones específicas para realizar modelos digitales de terrenos, diseños de trazados de obras lineales con secciones transversales típicas o adaptadas según su tramo de aplicación, perfiles longitudinales, cálculo de volúmenes de tierra, etc. (Ugarte, 2013)

Según la página de Autodesk, entre las características más importantes del software se encuentran el diseño de lotes, diseño avanzado de rotondas, cálculos dinámicos de levantamientos y excavaciones, análisis de redes de gravedad, redes de presión, diseño de puentes, entre otras.

Pantigosa (2010) citado por Cipriano (2013) indica que AutoCAD Civil 3D es una herramienta de diseño y cálculo muy útil en el desarrollo de diseño de sitios, diseño urbanístico, carreteras, movimiento de tierras, calculo topográfico, replanteo de información, etc.

5.2. Planimetría y altimetría

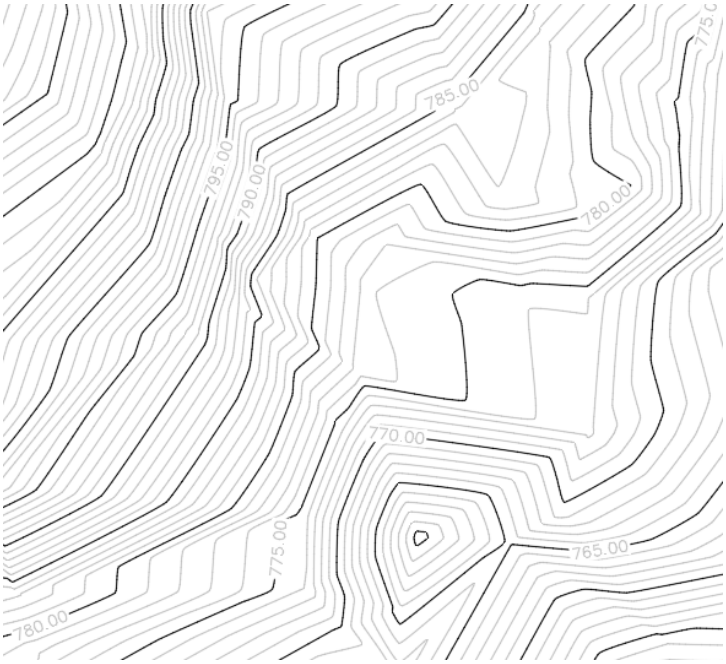
La planimetría es la parte de la topografía que tiene en cuenta la proyección de los puntos sobre un plano horizontal, es decir que solo considera la posición X, Y (Norte y Este). La altimetría es la parte de la topografía que considera las diferencias de nivel o relieve de los terrenos y de los

elementos artificiales o construidos por el hombre, en otras palabras, considera el eje Z (altura). (Botía Flechas et al.,2014)

5.3. Curvas de nivel

Se usan para representar el relieve de un terreno y están definidas como líneas que unen en un plano los puntos que tengan la misma cota o altura; también se pueden definir como las curvas que se forman de la intersección de un terreno con un plano horizontal. (Botía, Rincón & Vargas, 2011)

Figura 1. Vista de curvas de nivel



Fuente: Elaboración propia

5.4. Superficies

Una superficie en AutoCAD Civil 3D es generada usando el principio geométrico de la triangulación. El software crea triángulos usando grupos de 3 puntos que comparten un vértice entre ellos formando así una superficie continua.

Civil 3D puede generar superficies mediante datos de reconocimiento tradicionales, como puntos y líneas de rotura. Las herramientas de reducción de superficies permiten usar grandes conjuntos de datos de fotogrametría aérea, digitalización láser y modelos de elevación digitales. Es posible mostrar las superficies con curvas de nivel o triángulos, y realizar análisis de elevación y bandas de pendiente. Las superficies pueden actuar como referencias para crear objetos avanzados que mantienen relaciones dinámicas con los datos de origen. Las potentes herramientas de proyección de taludes y explanación permiten generar modelos de superficie para todo tipo de proyectos de explanación. (Rincón, González & Vargas, 2018)

5.5. Sites o emplazamientos

En Autodesk Civil 3D, se pueden administrar objetos con una topología común en una colección denominada emplazamiento. Los objetos que comparten la topología son parcelas, alineaciones, pendientes y líneas características. Un objeto, como un alineamiento, una parcela o una explanación, sólo puede existir en un único emplazamiento. Todos los objetos dependientes, tales como perfiles y secciones, existen en el mismo emplazamiento como el objeto principal. (Autodesk, 2009)

5.6. Feature Lines

Las líneas características son objetos 3D válidos para utilizarse como huellas de explanación, líneas de rotura de superficie y líneas base de obra lineal. Se pueden dibujar líneas características, convertir líneas características a partir de objetos ya creados, así como extraer líneas características de alineaciones o de obras lineales. (Autodesk, 2019)

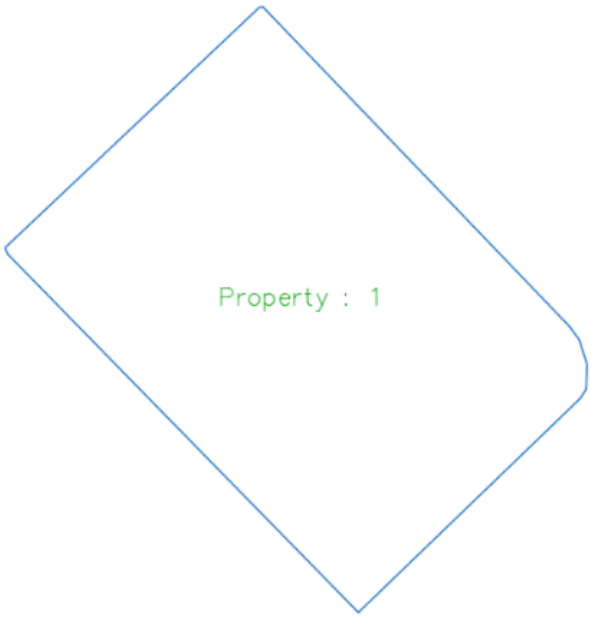
Las líneas características de obras lineales también se usan como líneas de ruptura (breaklines) cuando una superficie de obra lineal es construida, al igual que las líneas

características de explanaciones son añadidas a una superficie como líneas de ruptura. (Ugarte,2013)

5.7. Parcels

Algunos proyectos de ingeniería topográfica y de ingeniería en general a menudo implican la subdivisión de largas extensiones de tierra en lotes más pequeños, incluso si esos proyectos no involucran directamente subdivisiones, es necesario mostrar los límites legales del área de trabajo, o elementos con contornos cerrados.

Figura 2. Parcela



Fuente: Elaboración propia

Las parcelas de AutoCAD® CIVIL 3D® brindan una forma dinámica para crear, editar, administrar y anotar divisiones legales de terreno. (Holland, Davenpor & Chappel, 2013). Se pueden crear a partir de objetos o entidades, como líneas, polilíneas o arcos, o con las herramientas de creación de parcela.

5.7.1. Herramientas de creación de parcela

Figura 3 Herramientas de creación de parcela



Fuente: Elaboración propia

Se usa cuando no se dispone de entidades u objetos ya existentes. La primera opción de izquierda a derecha es para crear una parcela, lo que esto hace es configurar un Site o emplazamiento y crea un marcador de posición para la parcela inicial. Las siguiente tres opciones son para la creación manual de parcelas utilizando segmentos individuales como líneas y arcos, ya que sin estos no se puede tener una parcela en el dibujo. La cuarta opción denominada Draw Tangent - Tangent with No Curves permite crear una sola parcela cerrada en el método de crear un solo segmento al mismo tiempo o varios.

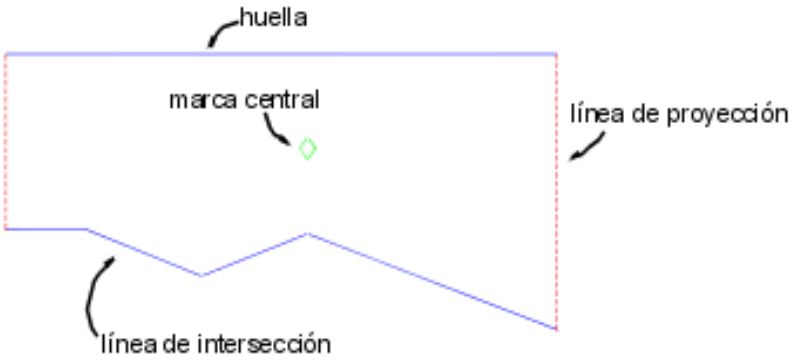
La quinta opción es para la creación automática de parcelas, y dentro de esta opción se pueden encontrar las líneas de deslizamiento y las líneas de giro, o Slide Lines y Swing Lines. Las líneas de deslizamiento permiten crear parcelas a partir de lo que denomina el software como un frente de una parcela ya existente; las líneas de giro también usan un frente, con la diferencia de que toma un solo punto como origen para dibujar las líneas o subdivisiones de la parcela desde allí.

Las opciones que se encuentran en el apartado de Parcel Sizing hacen referencia a los parámetros de creación de parcelas automáticamente, ya sea usando las líneas de deslizamiento o las líneas de giro.

5.8. Grading

Las herramientas y comandos de explanación de Autodesk Civil 3D permiten diseñar superficies de rasante. Las proyecciones de explanación se crean aplicando criterios de explanación en una huella. Los objetos de explanación se agrupan en colecciones que se pueden guardar para crear los diseños de superficie finales y calcular volúmenes. Un objeto de explanación está formado normalmente por la huella, la línea de intersección, las líneas de proyección y la cara. La huella puede ser una figura abierta o cerrada y debe ser una línea característica, una línea de parcela o la línea de intersección resultante de otra explanación. La cara es el área limitada por las líneas que definen la explanación. Se marca con una marca de centro. El objetivo para la explanación puede ser una superficie, una distancia, una elevación o una elevación relativa. (Autodesk, 2019)

Figura 4. Vista en planta de un objeto de explanación



Fuente: Autodesk Knowledge Network. (2019). *Acerca de la explanación*. Recuperado de: https://autode.sk/31B06Wi

5.9. Traverse

5.9.1. Poligonales

Una poligonal en topografía consiste en una serie de líneas rectas sucesivas que se unen entre si, a las cuales en campo se le miden las distancias de cada una de esas líneas y los ángulos que ellas forman. (Rincón, González & Vargas, 2013)

Una poligonal o itinerario es un encadenamiento de radiaciones desde un punto inicial con coordenadas conocidas y una referencia hasta otro punto con las mismas características. Una poligonal en topografía se entiende como una sucesión de alineamientos que sirven de esquema geométrico de referencia para los levantamientos topográficos. En cada uno de los vértices se pueden medir tres tipos de ángulos: ángulos de derecha, ángulos de izquierda y ángulos de deflexión o de giro, también se leer directamente el acimut. (Rodríguez, 2019)

5.9.2. Traverse Editor y Traverse Adjustment

El Editor de Poligonal o Traverse Editor se usa para crear una poligonal 2D introduciendo los datos o desde un objeto polilínea seleccionándola. Posterior a esto se envían los datos a Traverse Adjustment para aplicar un método de ajuste, entre los cuales se encuentran: brújula, tránsito, Crandall, y conceder línea, este último usado solo para poligonales abiertas.

5.9.3. Survey Points y COGO Points

Los puntos de AutoCAD® Civil 3D® son objetos inteligentes que representan ubicaciones *x*,*y*, y *z* en el espacio. Cada punto tiene un único número y, opcionalmente, un único número que puede ser usado para identificación adicional e etiquetado. (Holland, Davenpor & Chappel, 2013).

En el software se pueden encontrar dos tipos de puntos: COGO Points y Survey Points. Entre las diferencias de estos puntos están: Los Survey Points son dibujados en las pestañas de Prospector y Survey, y no puede ser movidos o etiquetados sin acceder a la base de datos de topografía y usando comandos especializados para editar este tipo de puntos; mientras que los COGO Points se dibujan solamente en la pestaña Prospector, y pueden ser movidos incluso usando comandos básicos de dibujo.

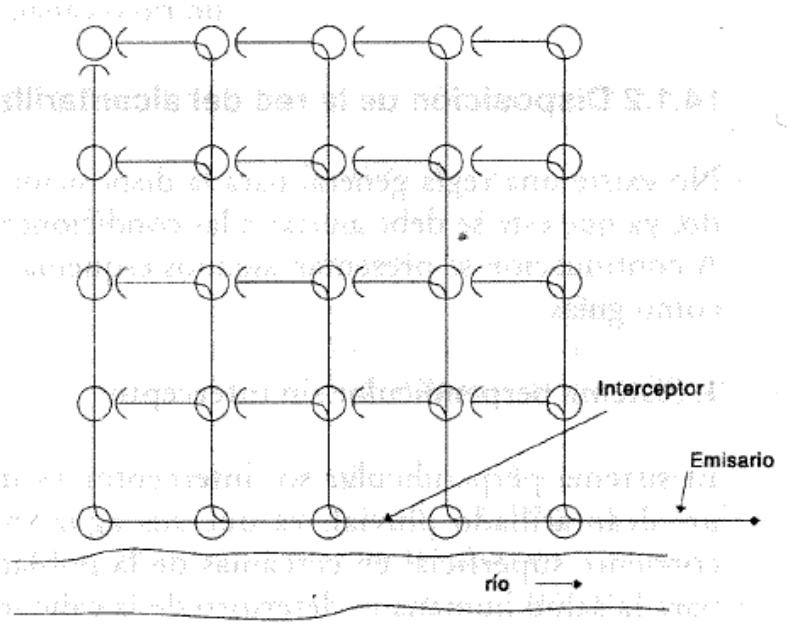
5.10. Alcantarillados

El sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial producida por la lluvia. De no existir estas redes de recolección de aguas, se pondría en grave peligro la salud de las personas debido al riesgo de enfermedades epidemiológicas y, además, se causarían importantes pérdidas materiales. (López, 1995)

5.10.1. Disposición de la red de alcantarillados: Sistema perpendicular

No existe una regla general para la disposición de la red del alcantarillado, ya que esta se debe ajustar a las condiciones físicas de cada población. El sistema de alcantarillado perpendicular con interceptor es utilizado para alcantarillados sanitarios. El interceptor recoge el caudal de aguas residuales de la red y lo transporta a una planta de tratamiento de aguas residuales o vierte el caudal a la corriente superficial de aguas abajo de la población para evitar riesgos contra la salud humana. (López, 1995)

Figura 5 Esquema de un alcantarillado perpendicular con interceptor



Fuente: López, 1995

6. METODOLOGÍA

En este proyecto se ha definido el método de investigación de tipo exploratorio, ya que las herramientas Traverse, Parcel, Grading y Feature Line de AutoCAD® Civil 3D® han sido poco estudiadas y se ha escrito poco acerca de ellas. Esta monografía se encuentra orientada a estudiar las herramientas mencionadas anteriormente, y aplicarlas a proyectos diferentes de ingeniería.

6.1. Desarrollo de la propuesta

6.1.1. Fase I: Revisión de la literatura

Consultar y analizar la bibliografía que tenga relación con el tema de estudio y sean útiles para los propósitos del mismo, como por ejemplo libros y manuales del software AutoCAD Civil 3D.

6.1.2. Fase II: Desarrollo de ejemplos de aplicación

Desarrollar diferentes ejemplos donde se puedan apreciar las aplicaciones de las herramientas Parcel, Traverse, Grading y Feature Line, como el ajuste de una poligonal, el manejo de taludes en una curva cuando estos se cruzan, y la delimitación de áreas de drenaje aferentes a los colectores de una red de alcantarillado sanitario.

6.1.3. Fase III: Elaboración de una guía metodológica

Elaborar un paso a paso del desarrollo de cada uno de los ejemplos de aplicación.

6.2. Fase IV: Creación de documento final

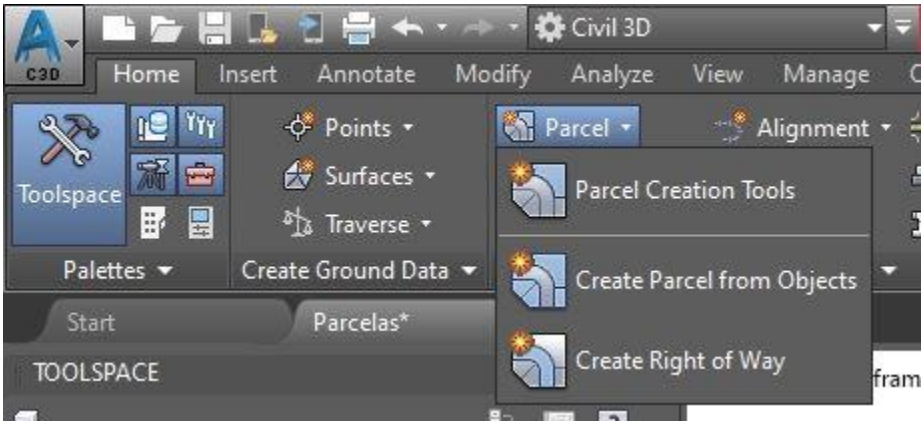
Organizar la información de acuerdo a los lineamientos establecidos por la Universidad para la evaluación de una monografía. Realizar las conclusiones y recomendaciones con base a los resultados obtenidos al aplicar las herramientas Traverse, Parcel, Grading y Feature Line en proyectos de ingeniería.

7. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

7.1. Áreas de drenaje aferentes a los colectores de una red de alcantarillado

Para iniciar la creación de una parcela, hay que seleccionar la pestaña Home e ingresar a Parcel. En el menú desplegable aparecen 3 opciones: la primera es Herramientas de creación de parcelas (Parcel Creation Tools); la segunda es crear una parcela a partir de objetos (Create Parcel from Objects) como líneas, arcos y polilíneas; la tercera es crear servidumbre de paso (Create Right of Way).

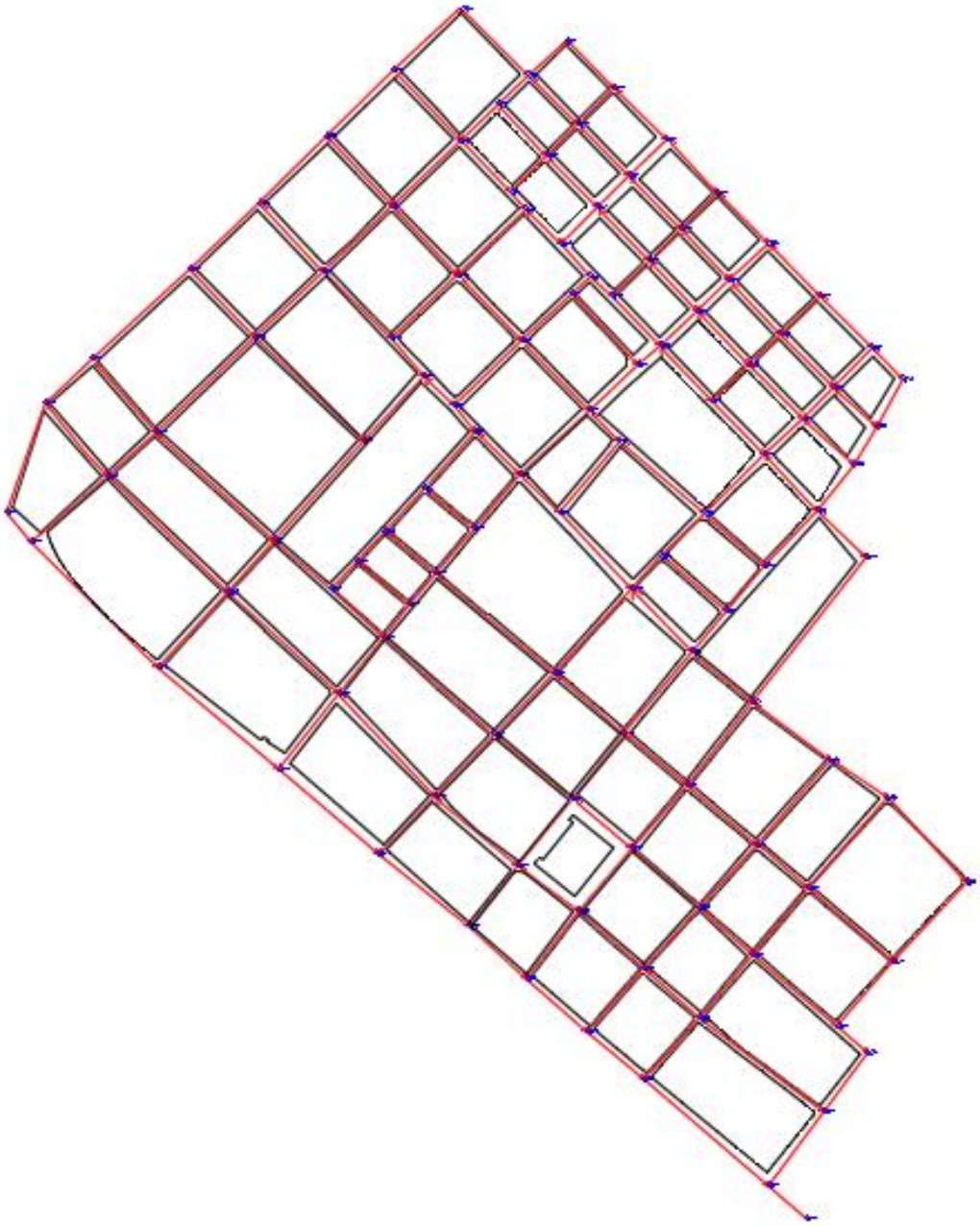
Figura 6 Métodos de creación de parcelas



Fuente: Elaboración propia

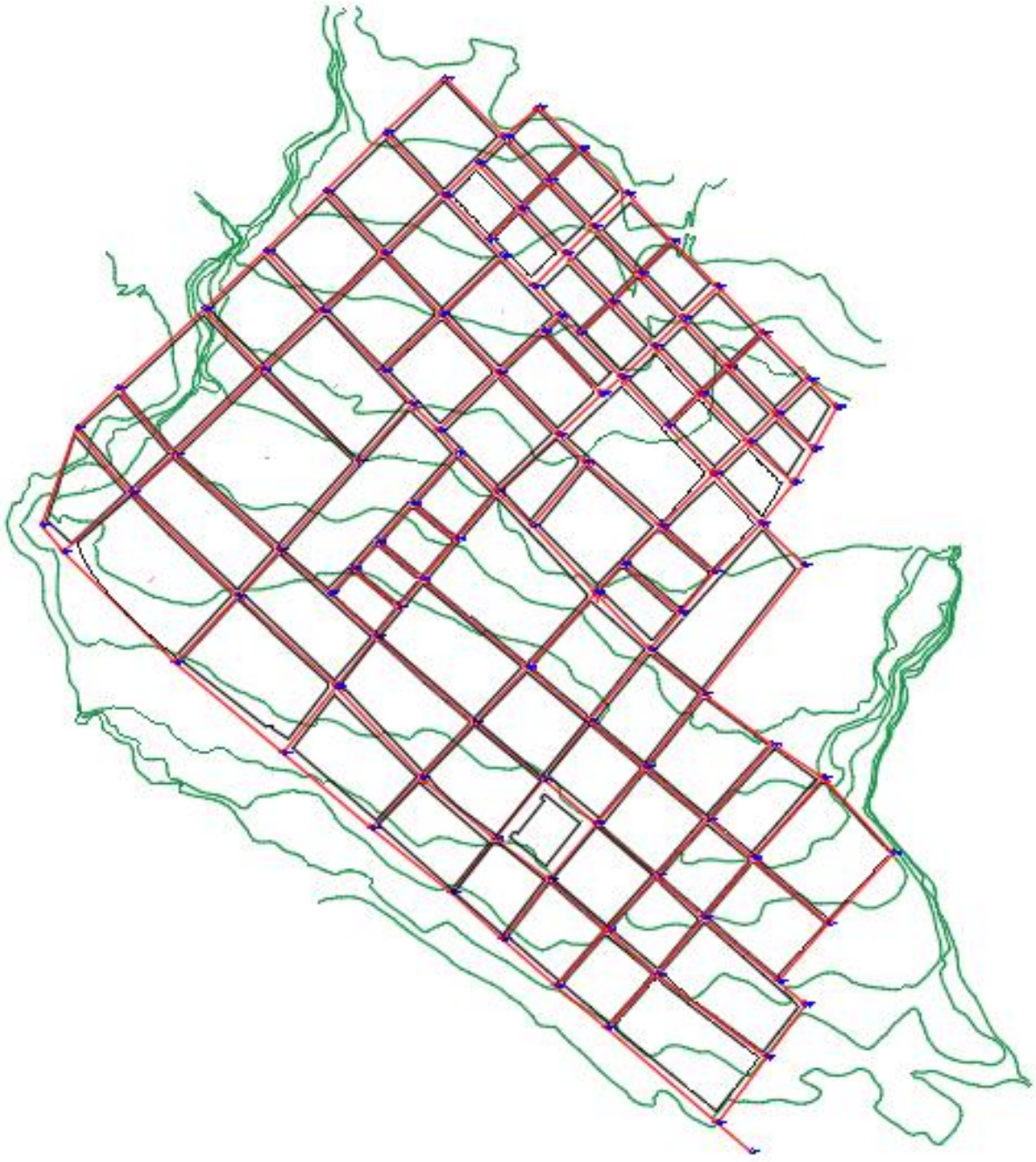
Las Figuras 6 y 7 son resultado de la digitalización de las manzanas de un municipio y el trazado de la red de alcantarillado propuesto, que es un sistema perpendicular con interceptor:

Figura 7 Manzanas y disposición de la red de alcantarillado



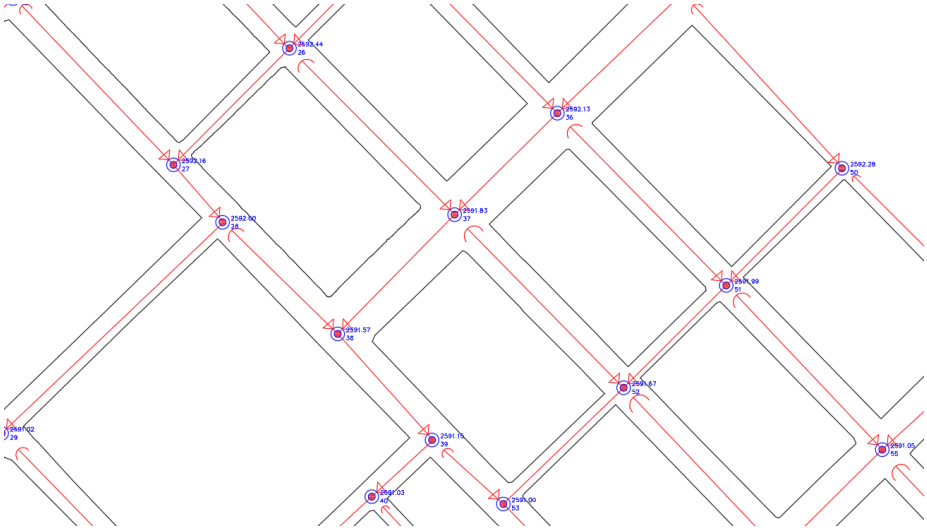
Fuente: Elaboración propia

Figura 8 Red de distribución con curvas de nivel



Fuente: Elaboración propia

Figura 9 Zoom a zona específica de las manzanas y de la disposición de red de alcantarillado

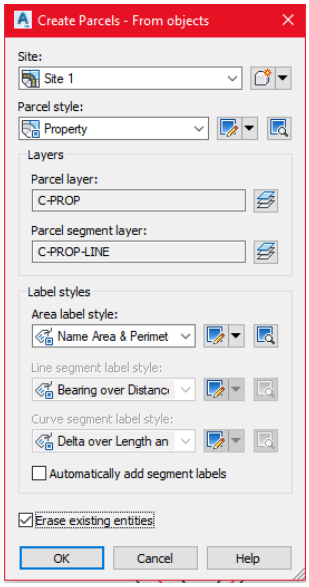


Fuente: Elaboración propia.

7.1.1. Opción 1

Al elegir la opción de crear parcelas a partir de objetos y seleccionar la polilínea, aparece una nueva ventana donde: se creará el Site donde quedarán las parcelas, se escogerá el estilo de la parcela y el estilo de las etiquetas.

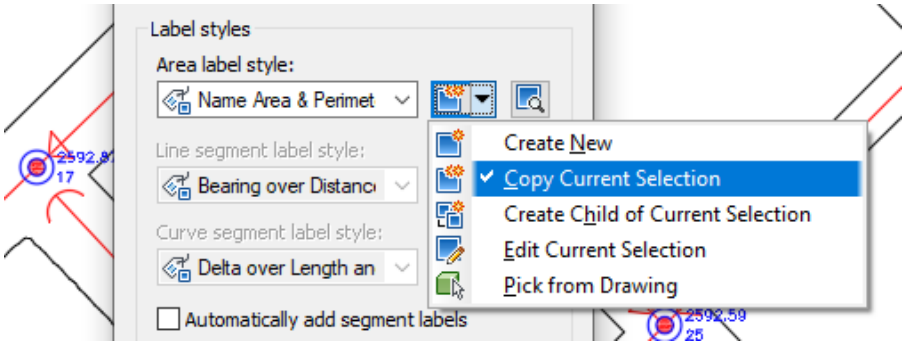
Figura 10 Ventana de creación de parcelas a partir de objetos



Fuente: Elaboración propia

Para cambiar el estilo de la etiqueta de área, se elige la opción Name Square meter & Acres y se abre el menú desplegable donde se hará una copia de ese estilo para posterirmente editarlo.

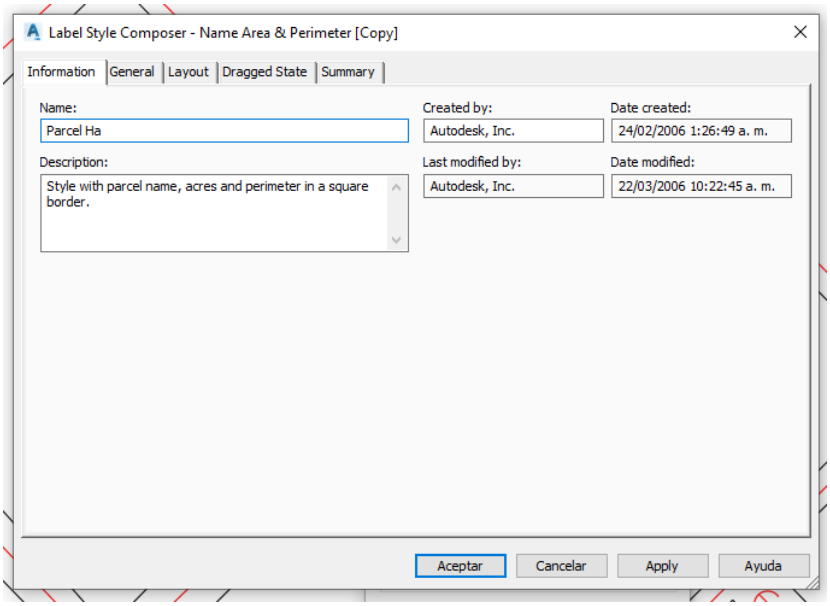
Figura 11 Copiar estilo de etiqueta de área



Fuente: Elaboración propia

Lo primero es cambiar el nombre del estilo, en este caso “Parcel Ha”, ya que solo se necesita el número de la parcela y el área en hectáreas, para posteriores cálculos del proyecto.

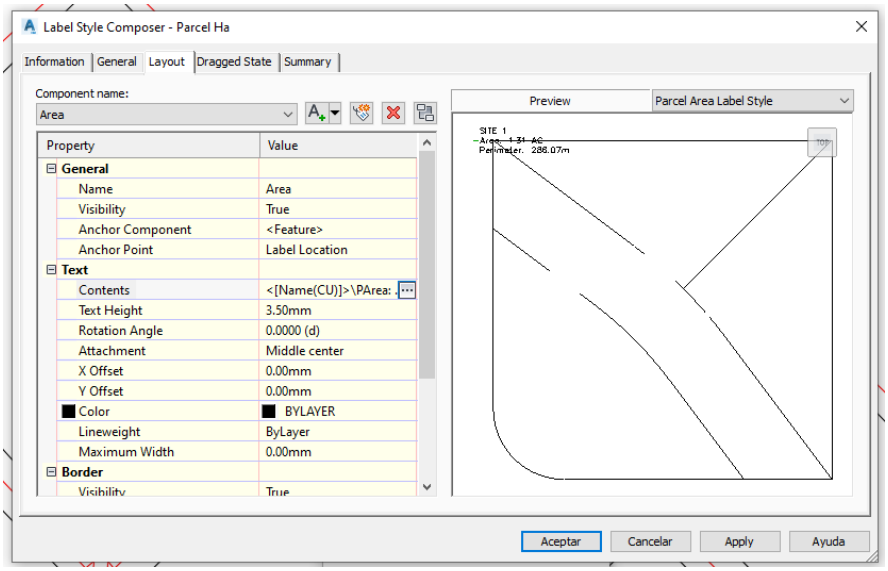
Figura 12 Editar nombre del nuevo estilo



Fuente: Elaboración propia

En la pestaña Layout se cambia el nombre en el apartado de Text, opción Contents y clic en los tres puntos. Después aparecerá la nueva ventana donde se encuentra el contenido de la etiqueta en la pestaña Properties, la cual tiene: Name, Area, y Perimeter. Ver Figura 13.

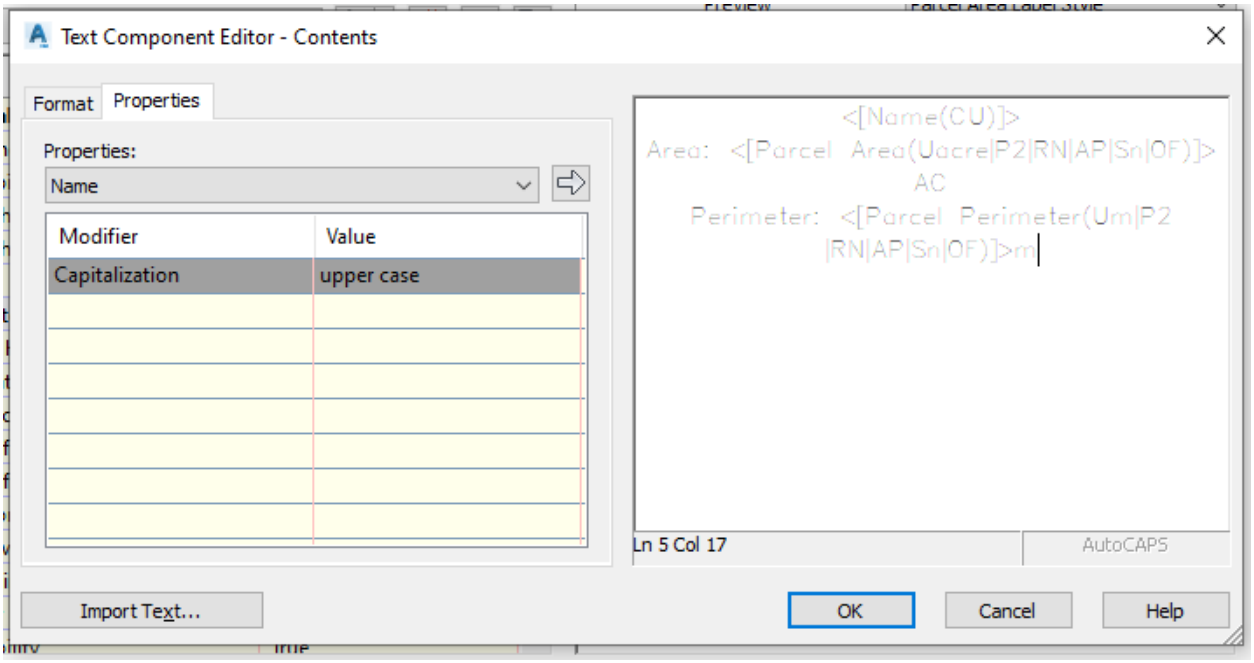
Figura 13 Pestaña Layout de Label Style Composer



Fuente: Elaboración propia

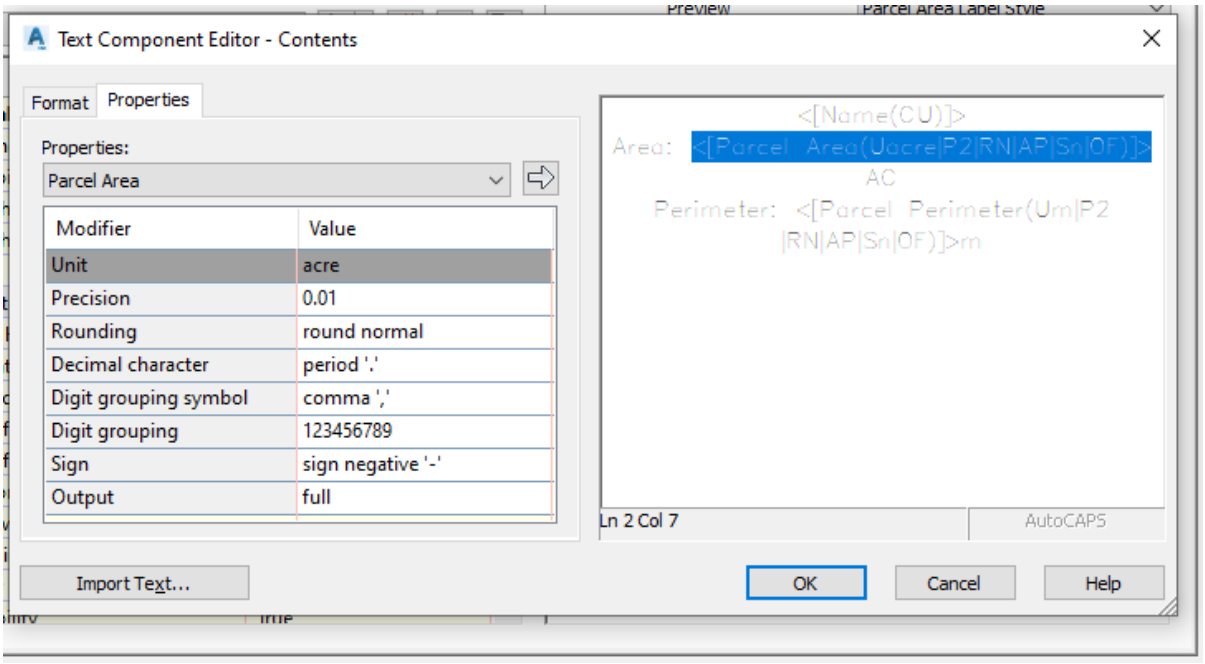
El apartado de Name se deja tal cual está, mientras que todo lo que está en Perimeter se borra por ser innecesario en este caso. Al hacer un clic en lo que está inmediatamente después de "Area:", en el costado izquierdo aparecerán todas las opciones que se pueden modificar, como se muestra en la Figura 14.

Figura 14 Text Component Editor - Contents



Fuente: Elaboración propia

Figura 15 Opciones disponibles a modificar en el contenido de área

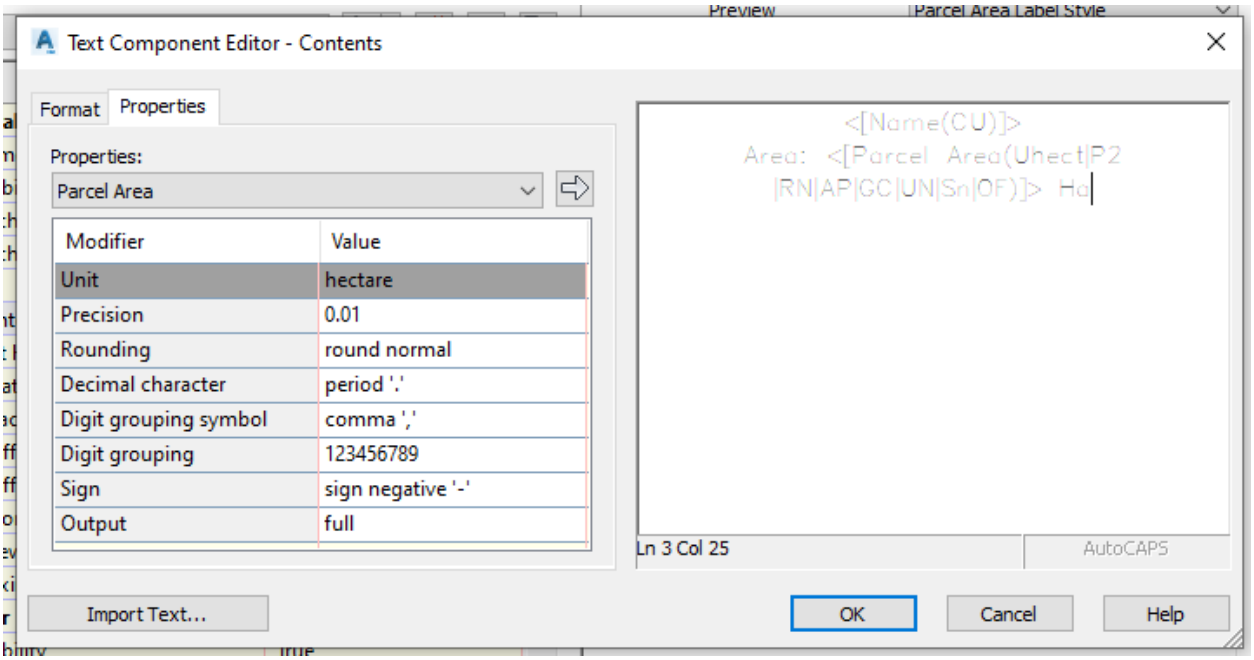


Fuente: Elaboración propia

Lo único a modificar en el costado izquierdo es la unidad, la cual se encuentra en acres, y se necesita en hectáreas; para que el cambio se efectúe correctamente hay que hacer clic en la flecha que se encuentra apuntando a la derecha.

En el costado derecho hay que modificar el “AC” de acres, por el “Ha” de hectárea. El contenido queda de la siguiente manera:

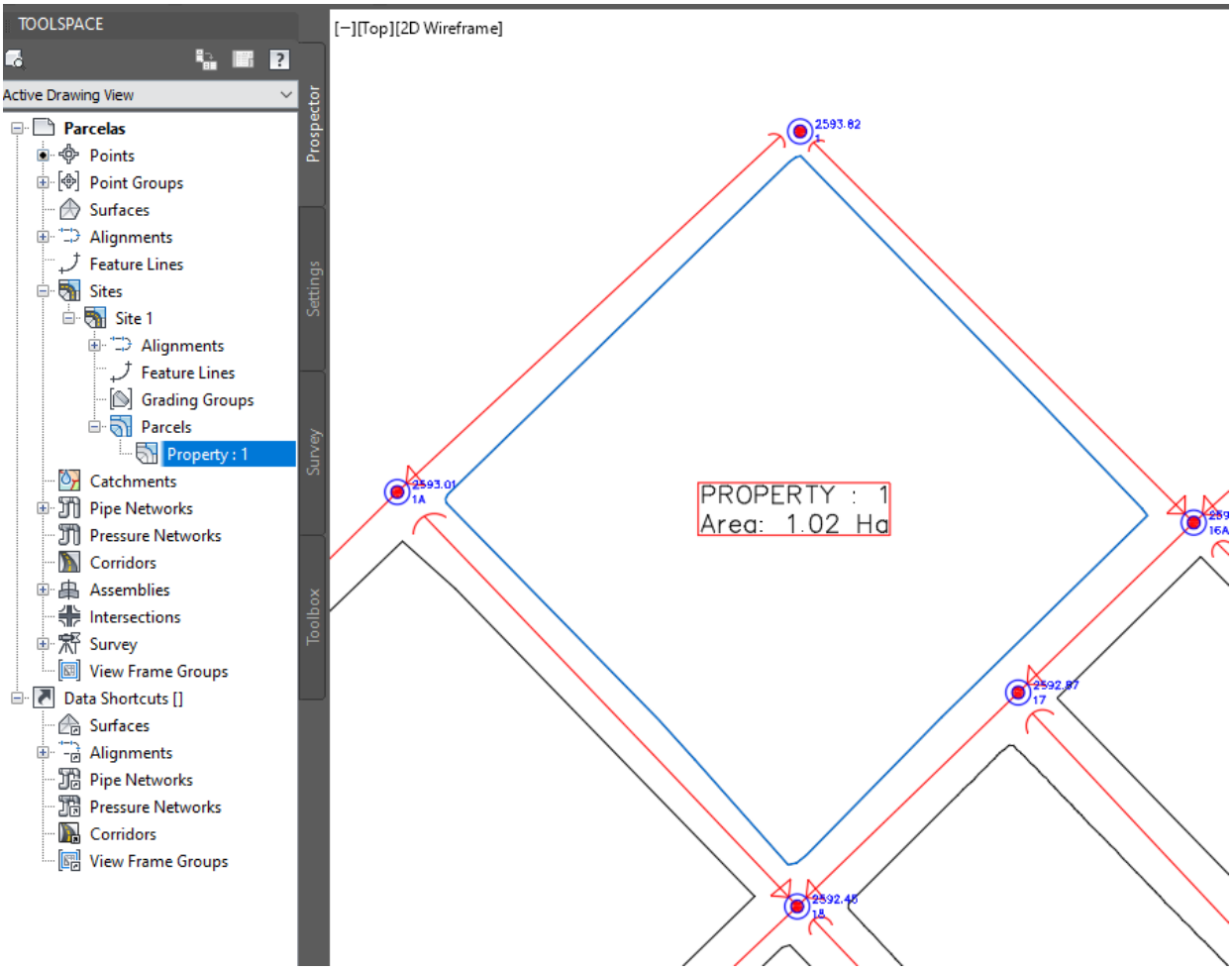
Figura 16 Contenido completamente editado de área



Fuente: Elaboración propia

Al confirmar todos los cambios y hacer clic en ok y aceptar el resultado es el que se muestra en la Figura 15. El borde se puede cambiar de color o eliminar según lo desee el dibujante, al igual que se puede modificar el tamaño del texto y su color. La nueva parcela se puede encontrar en el ToolSpace – Prospector, en Sites o Emplazamientos por su versión en español, desde allí se puede modificar o eliminar.

Figura 17 Ubicación en ToolSpace de la parcela creada

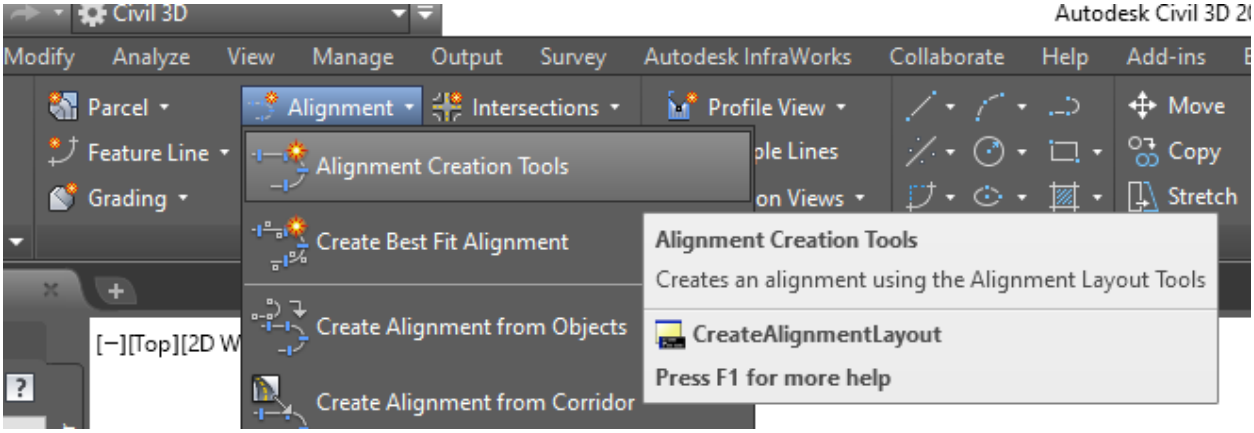


Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso es subdividir esa parcela ya creada, de tal manera que resulten áreas lo más parecidas posibles para los 4 lados o colectores que están alrededor de la parcela principal. Hay que crear dos alineamientos y es fundamental que estos queden creados en el mismo Site o Emplazamiento donde fue creada la parcela, ya que de lo contrario no van a interactuar entre sí.

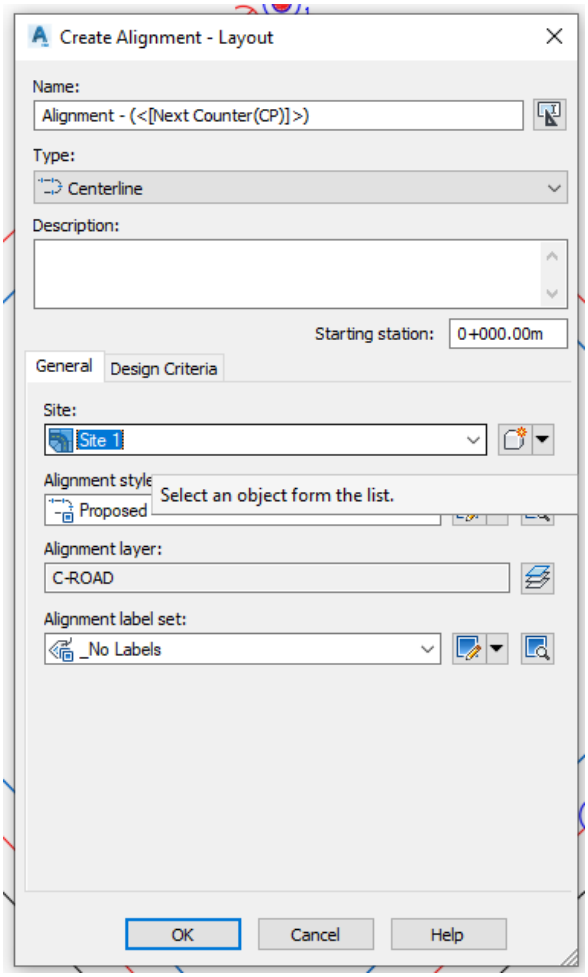
En el menú desplegable de Alignment se escoge la opción de Alignment Creation Tools:

Figura 18 Crear un alineamiento a partir de la opción Alignment Creation Tools



Fuente: Elaboración propia

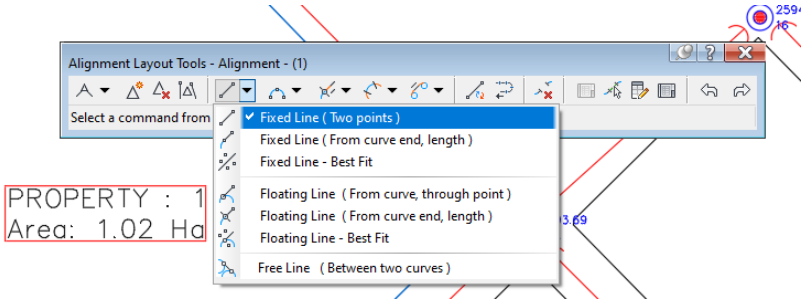
Figura 19 Ventana de creación de alineamiento



Fuente: Elaboración propia

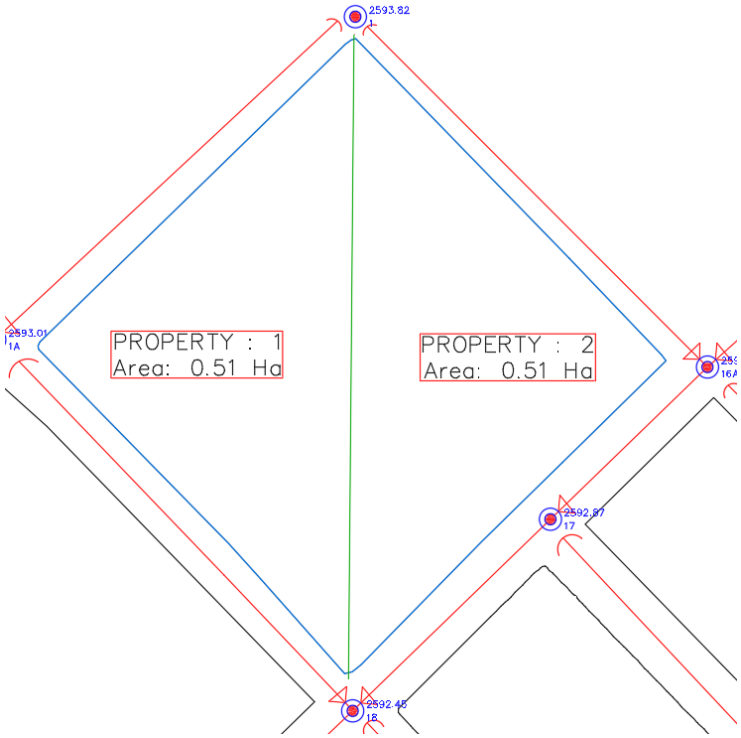
El Site elegido es el mismo donde se encuentra la parcela, y en etiquetas del alineamiento se elige la opción No Labels. Después de hacer clic en Ok aparecerá una nueva ventana, donde hay que elegir la opción Fixed Line (Two points), la cual permite dibujar un alineamiento a partir de dos puntos. Es fundamental que ambos puntos, el de inicio y de final queden por fuera de la parcela.

Figura 20 Fixed Line Two Points



Fuente: Elaboración propia

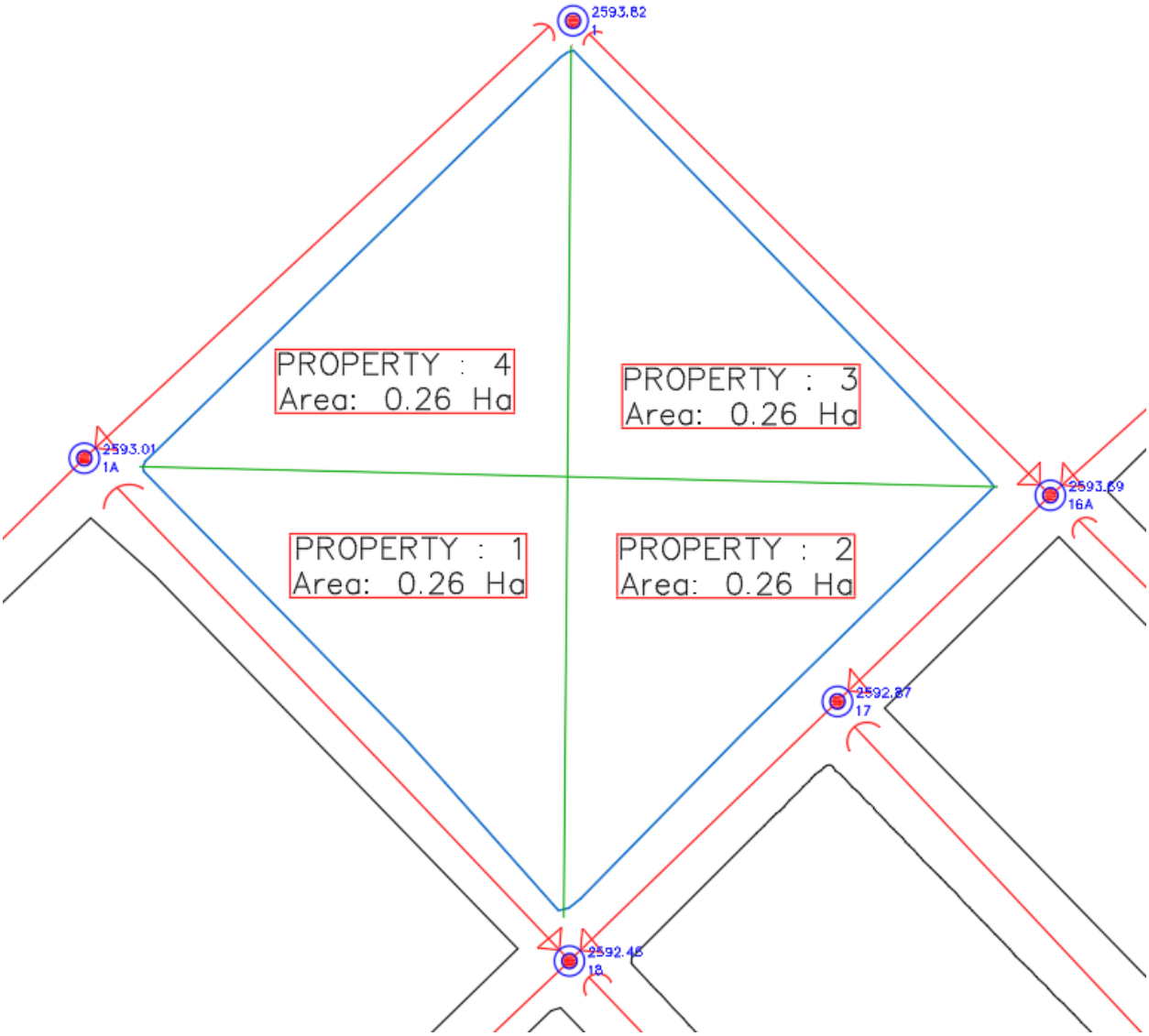
Figura 21 Alineamiento dividiendo una parcela creada



Fuente: Elaboración propia

Al dibujar el alineamiento dividiendo la parcela, inmediatamente se crea una nueva con todas las características de la parcela original, con el respectivo estilo y el valor de las áreas actualizadas. En este caso específico se necesita otro alineamiento entre las esquinas que faltan para así cumplir con las 4 áreas para los colectores. El resultado se muestra en la Figura 22.

Figura 22 Parcela completamente dividida en función de los colectores

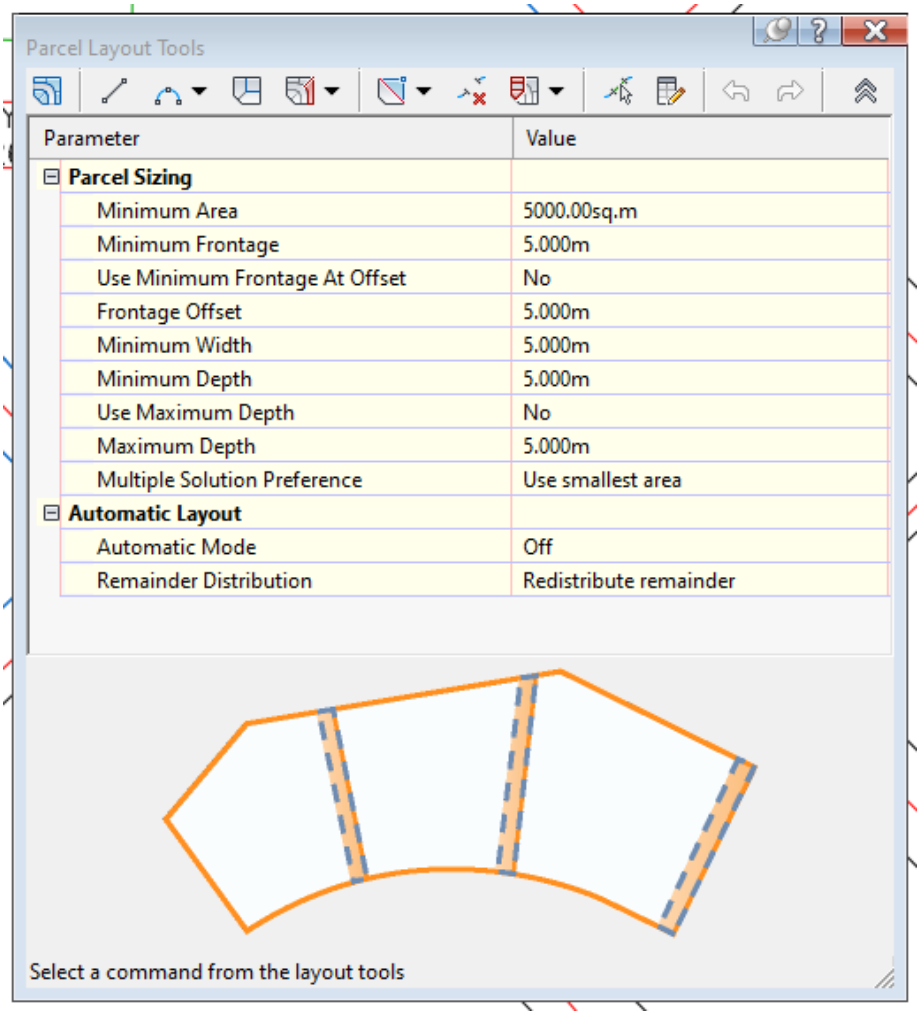


Fuente: Elaboración propia

7.1.2. Opción 2

Otra opción para llegar al resultado sin usar alineamientos, es usando las herramientas de creación de parcela; se parte de la parcela creada a partir de objetos como se muestra en la Figura 17. Posteriormente, se llenan los campos correspondientes a los apartados de Parcel Sizing y Automatic Layout, esto valores dependen de las dimensiones de la parcela general. Es importante en la opción de Multiple Solution Preference elegir Use smallest area para que independientemente del frente o base escogida, se haga la subdivisión en partes lo más iguales posibles. El modo automático para este caso se desactiva.

Figura 23 Configuración de Parcel Layout Tools

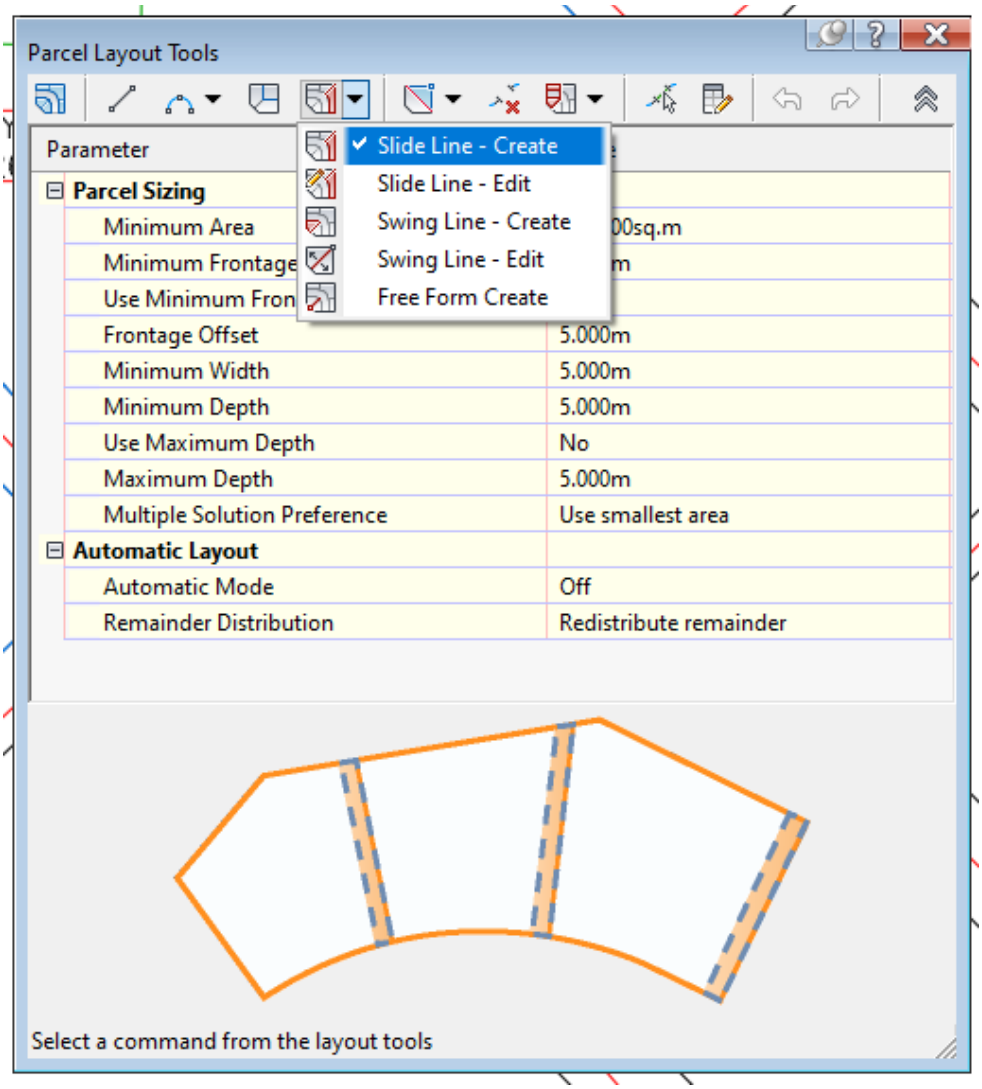


Fuente: Elaboración propia

En la última opción Remainder Distribution o Distribución de resto por su versión en español, se selecciona Redistribute remainder para que el área de la última parcela que exceda el área escogida, sea distribuida en todas las demás. Este proceso se ilustra en la parte inferior de la Figura 22.

Una vez configurados todos los parámetros, hay que crear la Línea de Deslizamiento o Slide Line, para determinar cuál es el frente de las subdivisiones.

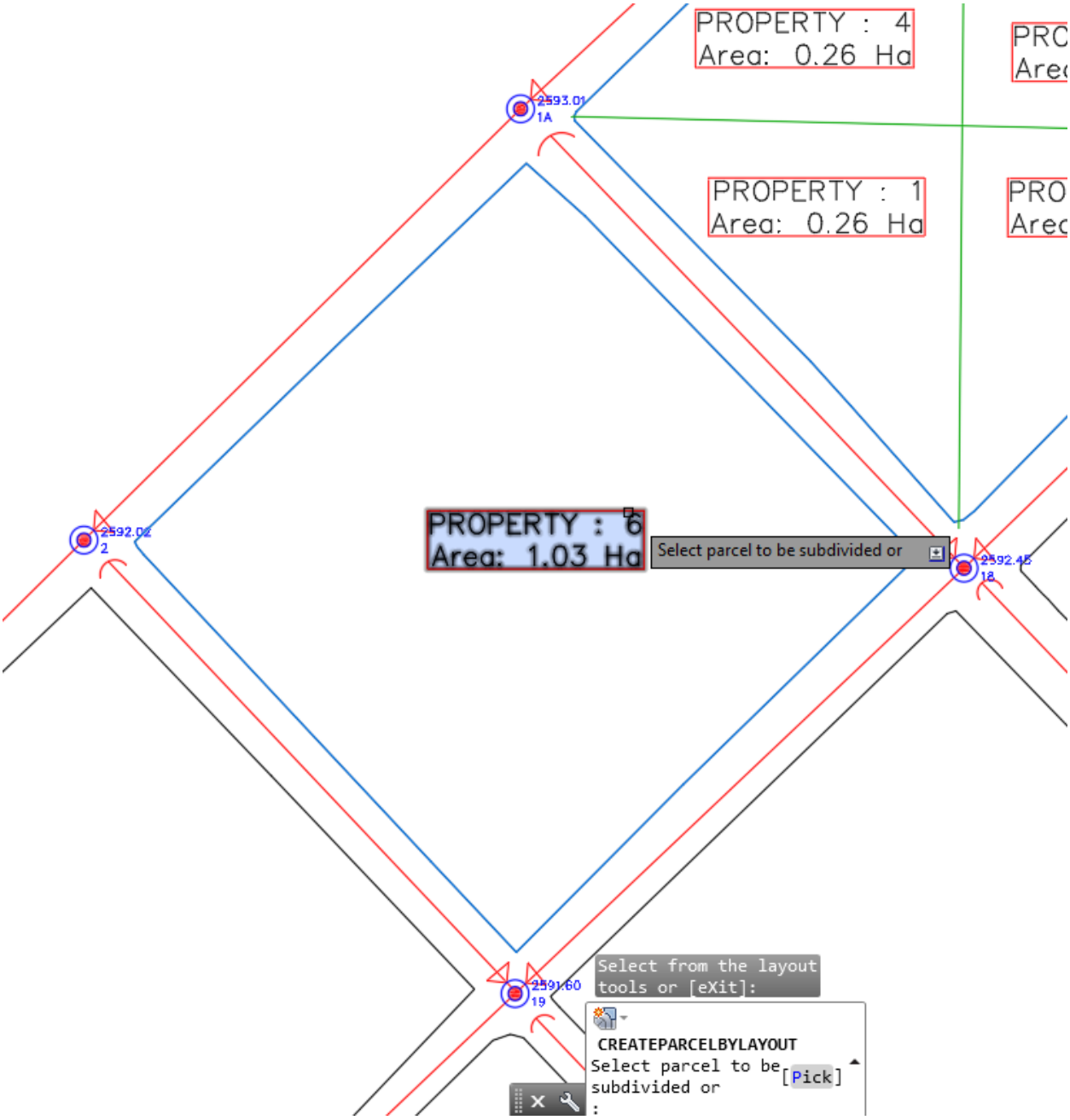
Figura 24 Crear Slide Line - Línea de Deslizamiento



Fuente: Elaboración propia

Cuando se hace clic en crear la línea de deslizamiento, aparece el cuadro donde se escoge el Site y el estilo de la etiqueta. En este caso el Site será el 1, y el estilo será el creado anteriormente. Al dar clic en OK, se pedirá que seleccione la parcela a subdividir, basta con picar en la etiqueta.

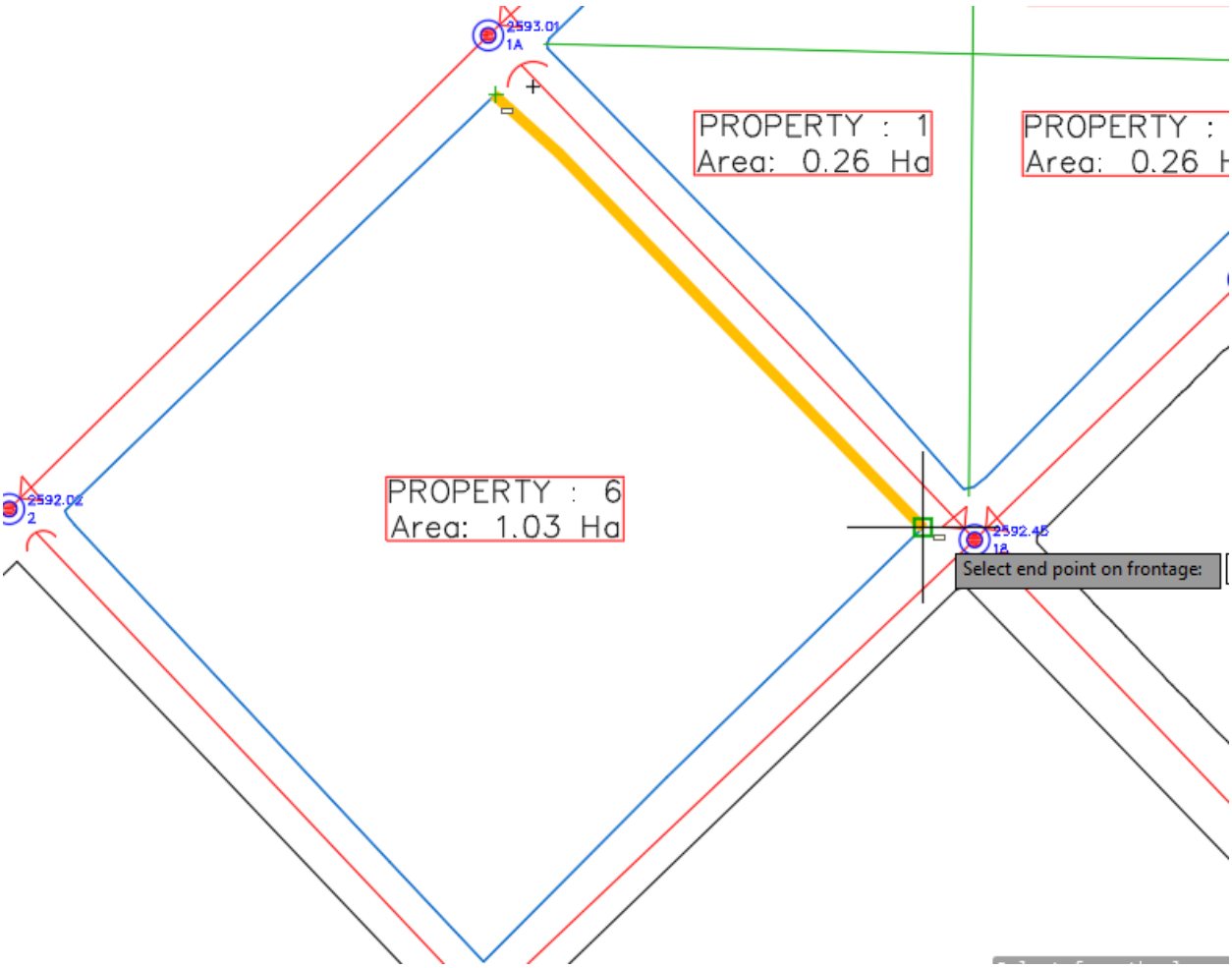
Figura 25 Seleccionar parcela para ser subdividida



Fuente: Elaboración propia

Se selecciona el punto de inicio y final de la línea de deslizamiento con el Object Snap activado para evitar errores.

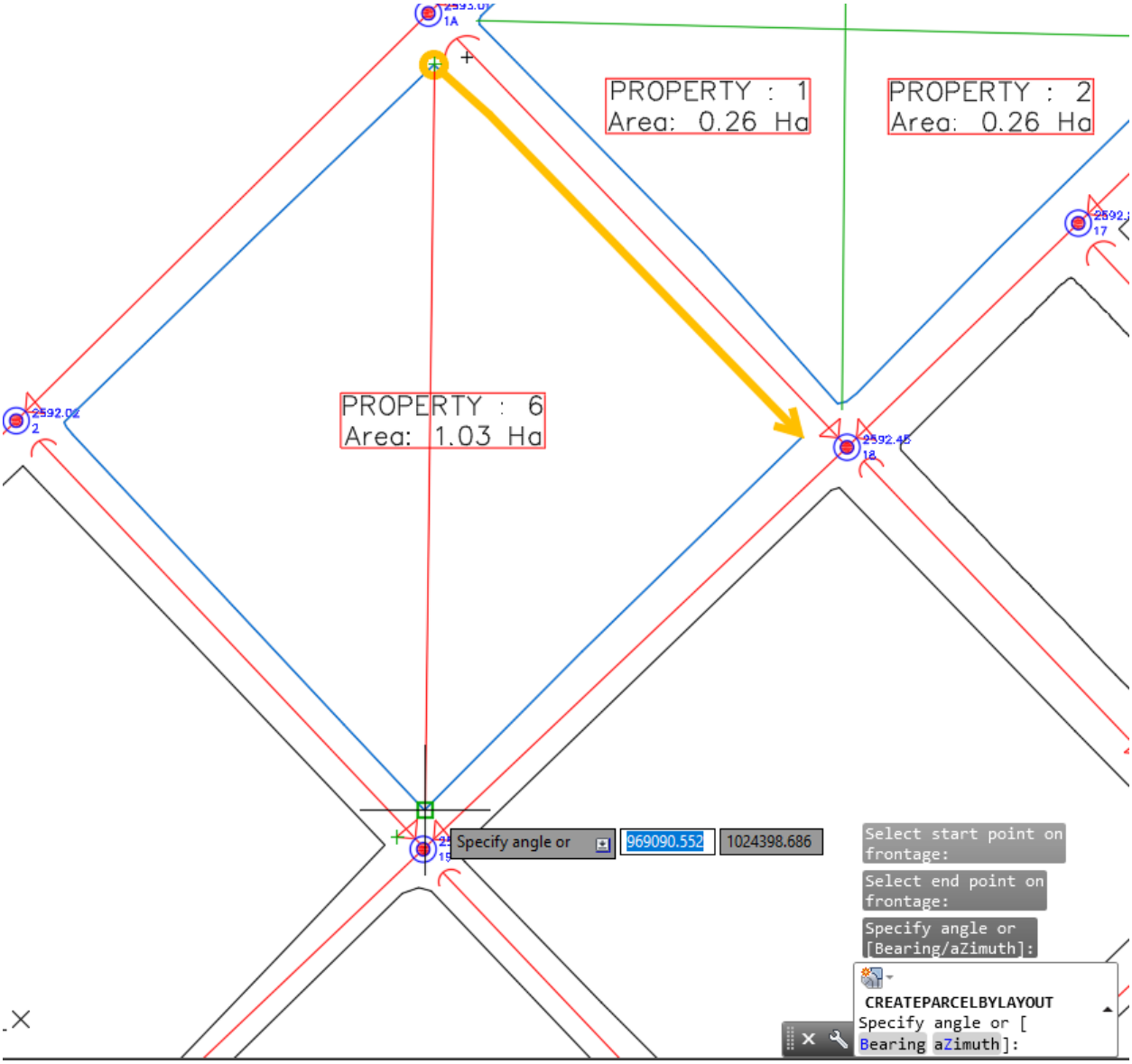
Figura 26 Frente y línea de deslizamiento creados



Fuente: Elaboración propia

Se puede elegir cualquier lado de la parcela como frente y línea de deslizamiento. El sentido se subdivisión para el presente proyecto sí tiene que ser en diagonal dada la distribución de los colectores y la forma que tiene la parcela.

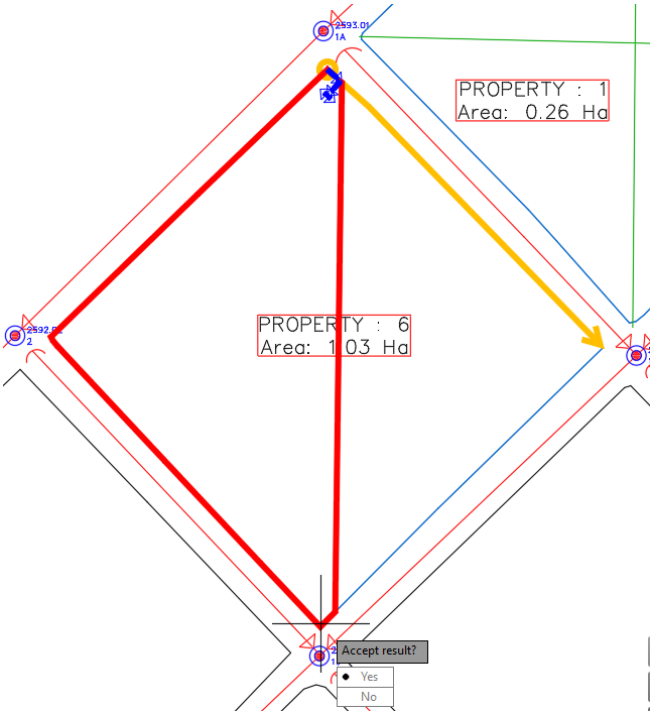
Figura 27 Sentido escogido para la subdivisión de parcela



Fuente: Elaboración propia

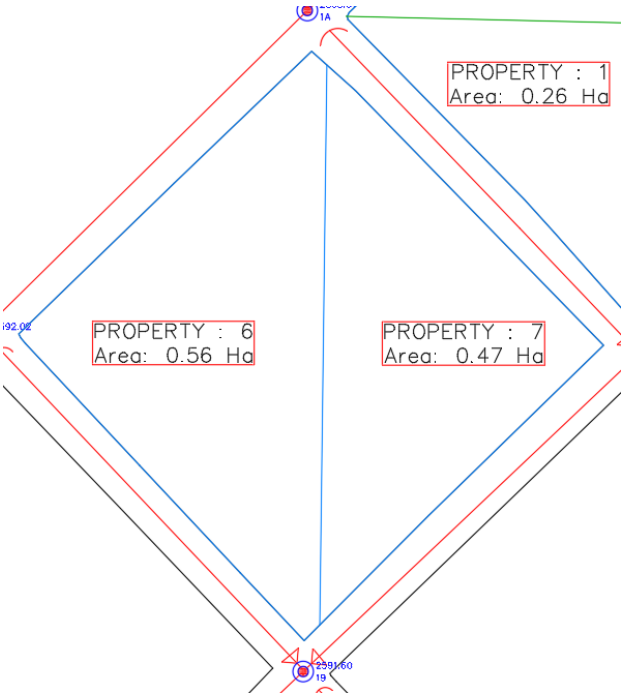
Una vez establecidos el frente y el sentido de la subdivisión, se muestra el resultado con el mensaje de si acepta o no el resultado.

Figura 28 Visualización de la subdivisión antes de aceptar el resultado



Fuente: Elaboración propia

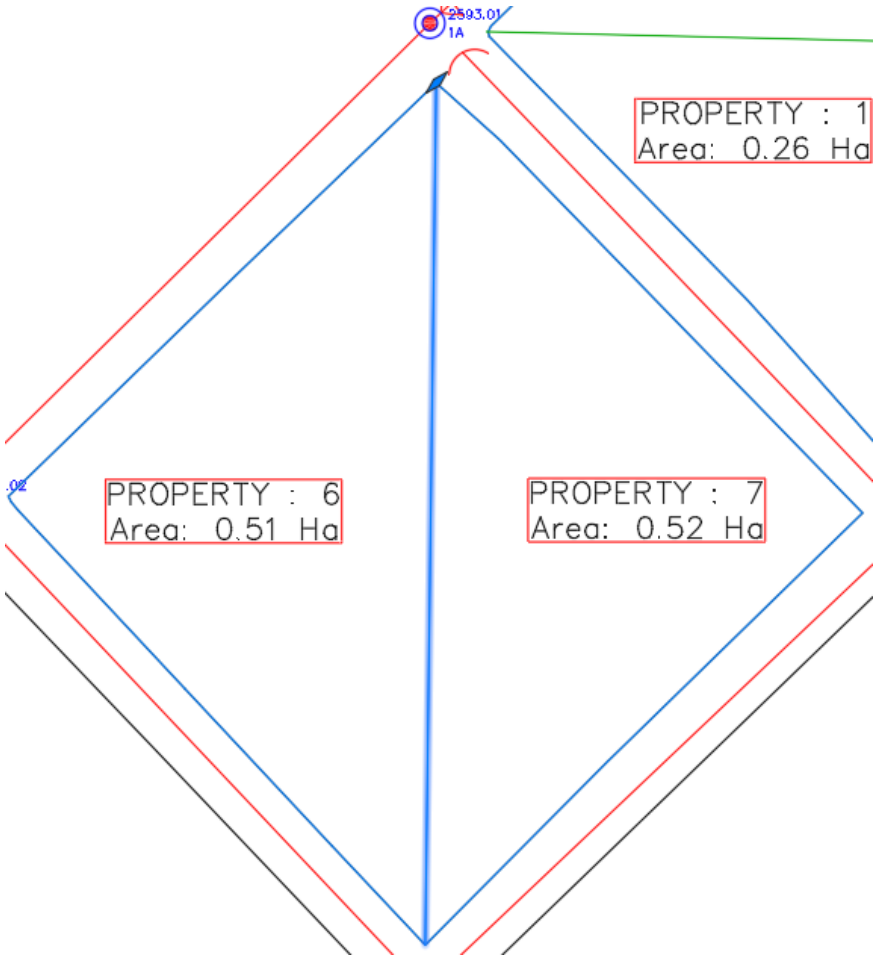
Figura 29 Visualización de la subdivisión después de aceptar el resultado



Fuente: Elaboración propia

La línea que está en diagonal, la cual determina la subdivisión de la parcela, se puede mover para ajustar el valor de las áreas.

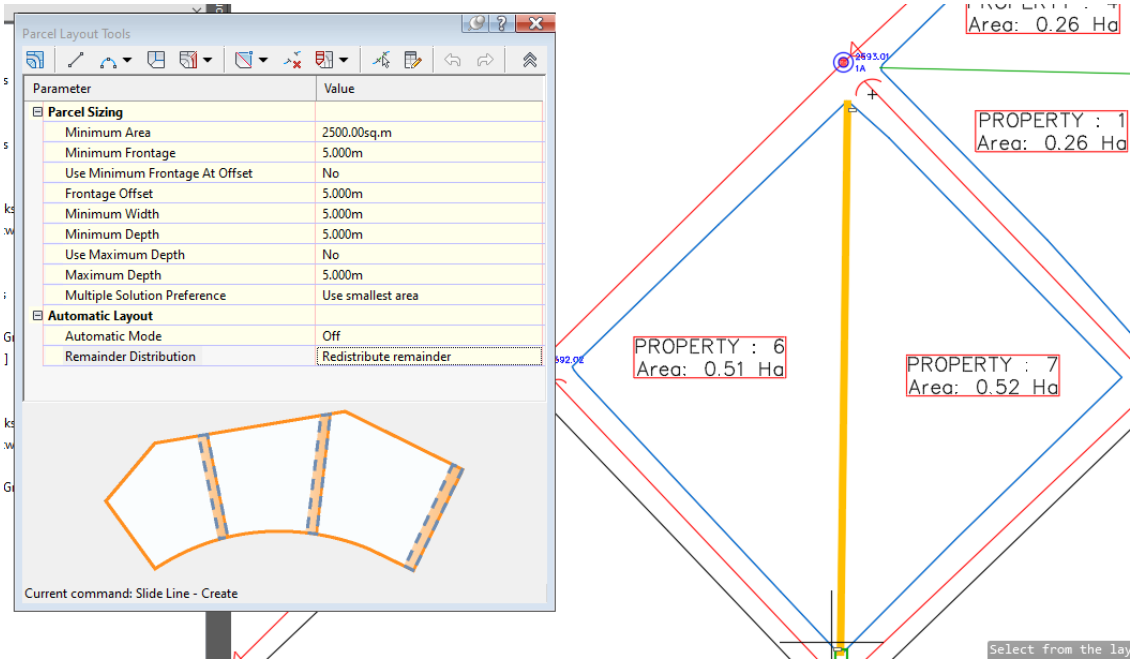
Figura 30 Ajuste de la subdivisión de la parcela



Fuente: Elaboración propia

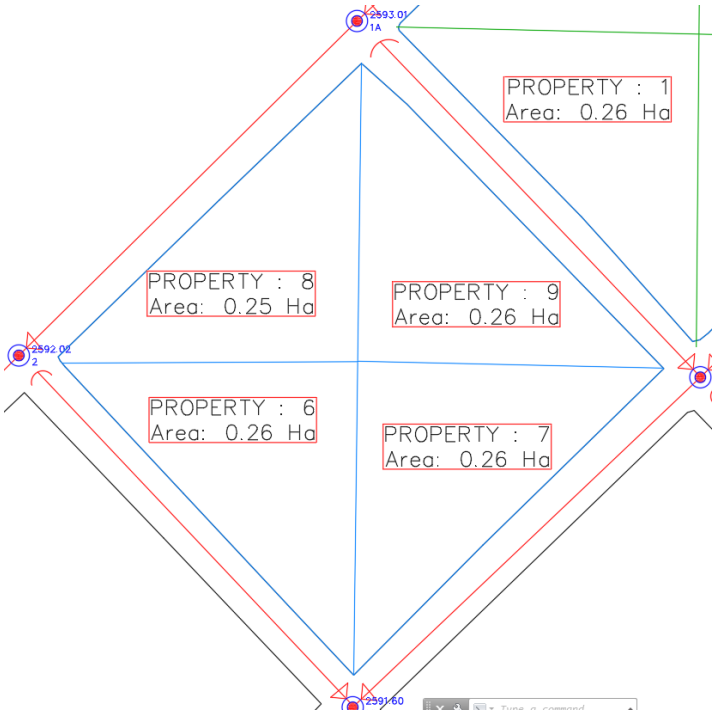
Para terminar con la subdivisión de la parcela en función de los colectores, hay que seguir el mismo procedimiento con la única diferencia de que se tiene que hacer el proceso dos veces, uno para la parcela 6 y otro para la parcela 7, el valor de área mínima cambia al ser más pequeña la parcela, y el frente y línea de deslizamiento son diferentes. El resultado final de la subdivisión se muestra en la Figura 32.

Figura 31 Ajuste de área mínima y línea de deslizamiento para nuevas parcelas



Fuente: Elaboración propia

Figura 32 Subdivisión completa usando las herramientas de creación de parcela

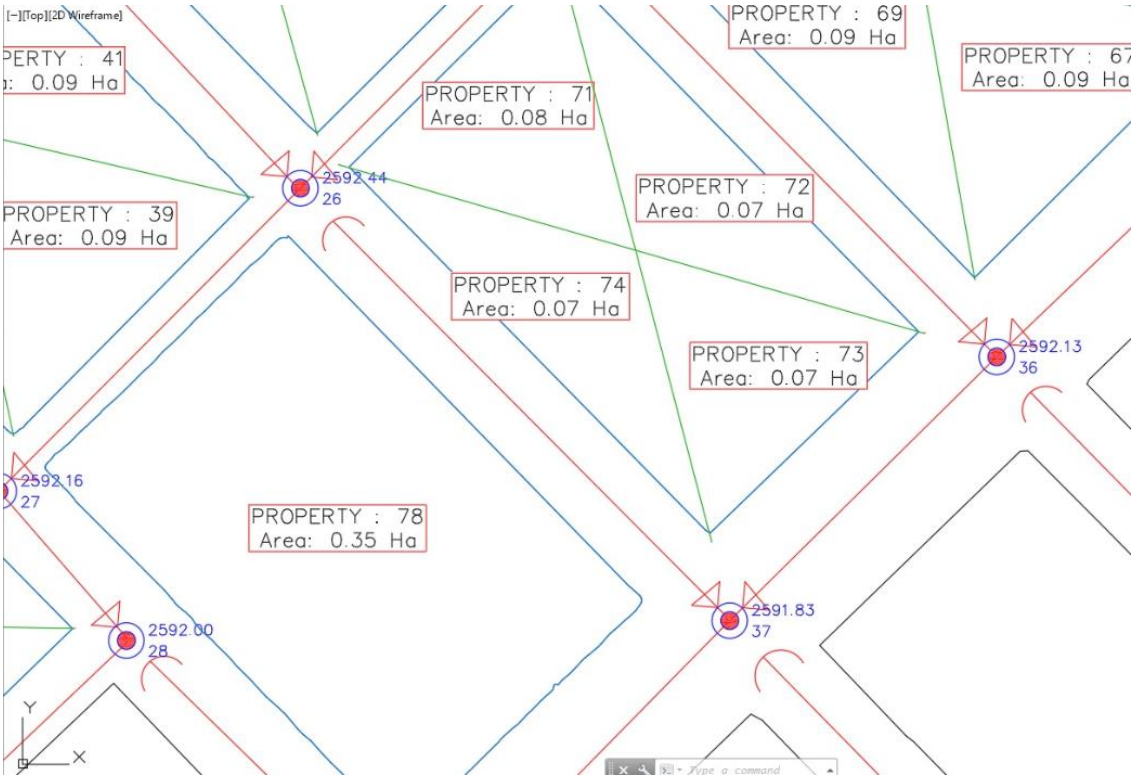


Fuente: Elaboración propia

7.1.3. Ordenar la enumeración de las parcelas

En ocasiones es necesario renumerar las parcelas, ya sea que al eliminar alguna, la siguiente que cree tendrá una numeración diferente, o simplemente se desea cambiar el orden de la numeración. Como se muestra en la Figura 33, se viene de la parcela número 75, y la siguiente queda con numeración 78.

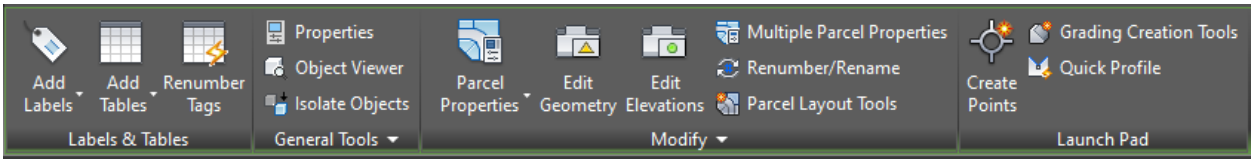
Figura 33 Numeración equivocada de parcela



Fuente: Elaboración propia

La única manera para cambiar la numeración es la siguiente: al hacer clic en la etiqueta de la parcela que se quiere cambiar la numeración, aparecen distintas opciones:

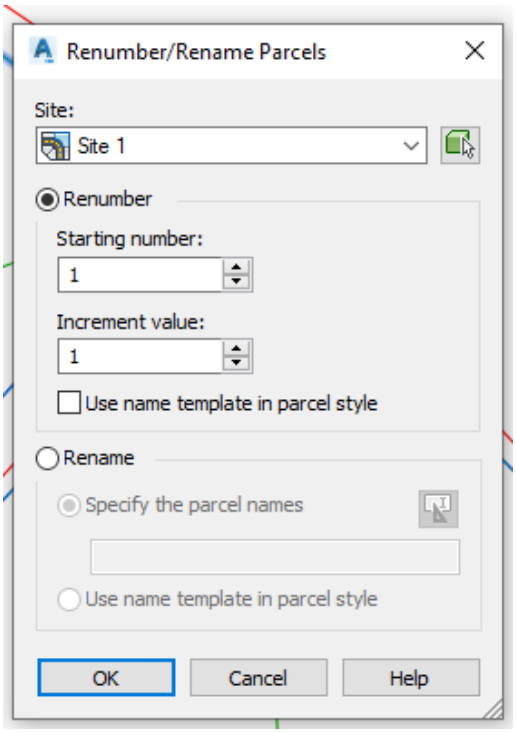
Figura 34 Renumerar/Renombrar Parcelas



Fuente: Elaboración propia

Seleccionar la opción Renumber/Rename y en la nueva ventana que aparece hay que seleccionar el Site y el número de parcela desde donde se desea comenzar, que para en este caso en específico sería 74, pero para ordenar toda la numeración se escribirá uno y se comenzará a seguir la ruta desde el principio.

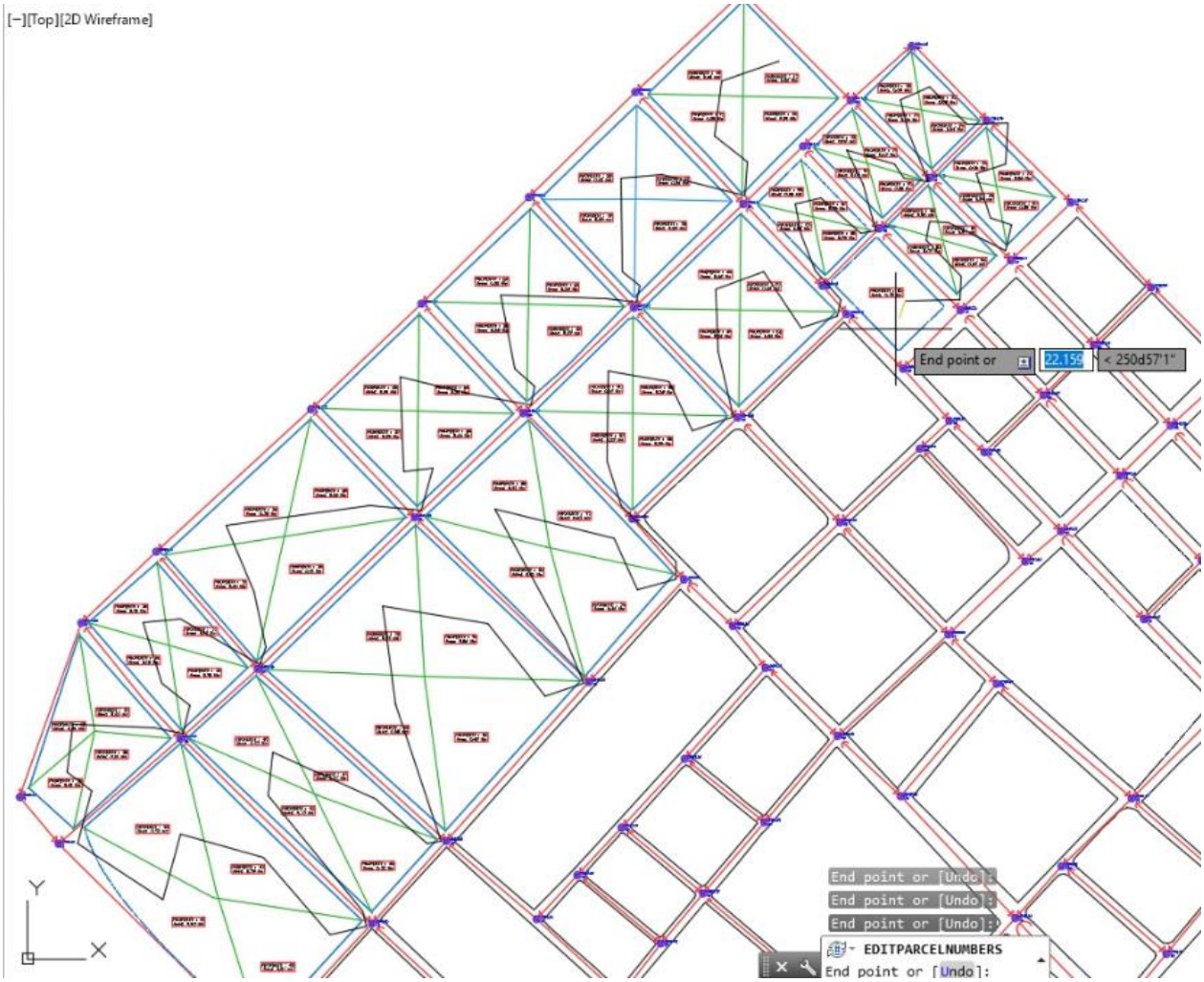
Figura 35 Configurar la opción Renumerar/Renombrar Parcelas



Fuente: Elaboración propia

Después de dar clic en OK, se pide un punto de inicio y posteriormente un punto final. Hay que hacer el recorrido con la polilínea pasando por todas las parcelas en el orden que se desea que queden numeradas. Figura 36.

Figura 36 Recorrido de la polilínea que renumera las parcelas

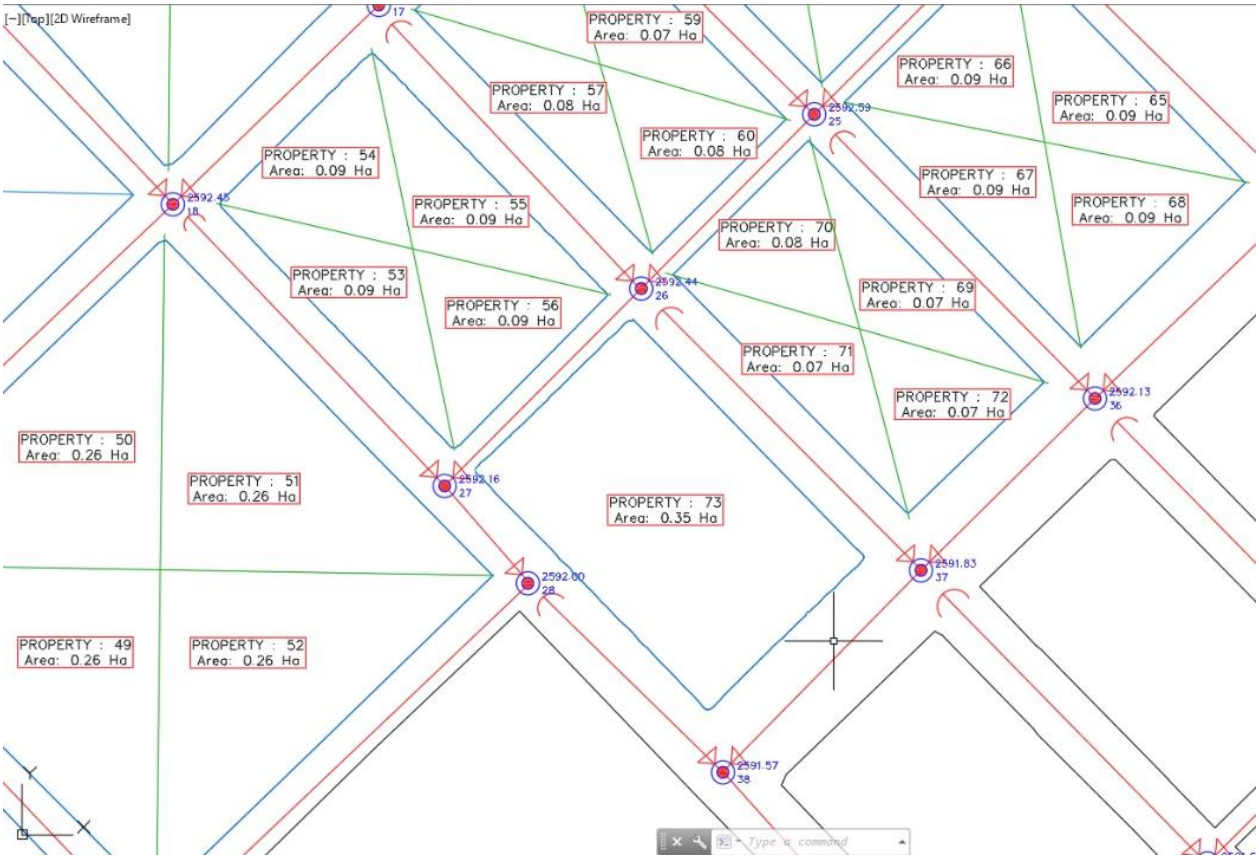


Fuente: Elaboración propia

Después de completar el proceso desde la primera parcela y cerciorar que el orden sea el correcto, si más adelante se presenta otro error de numeración, la polilínea empezaría desde ese lugar y no desde la primera parcela, y escribiendo el número de inicio de la numeración según sea el caso. En la Figura 37 se muestra el resultado del proceso anterior y las parcelas en el orden

deseado, evidenciando que había un error en anteriores parcelas ya que la numeración termina en 73 y no en 75 como se había previsto.

Figura 37 Parcelas renumeradas

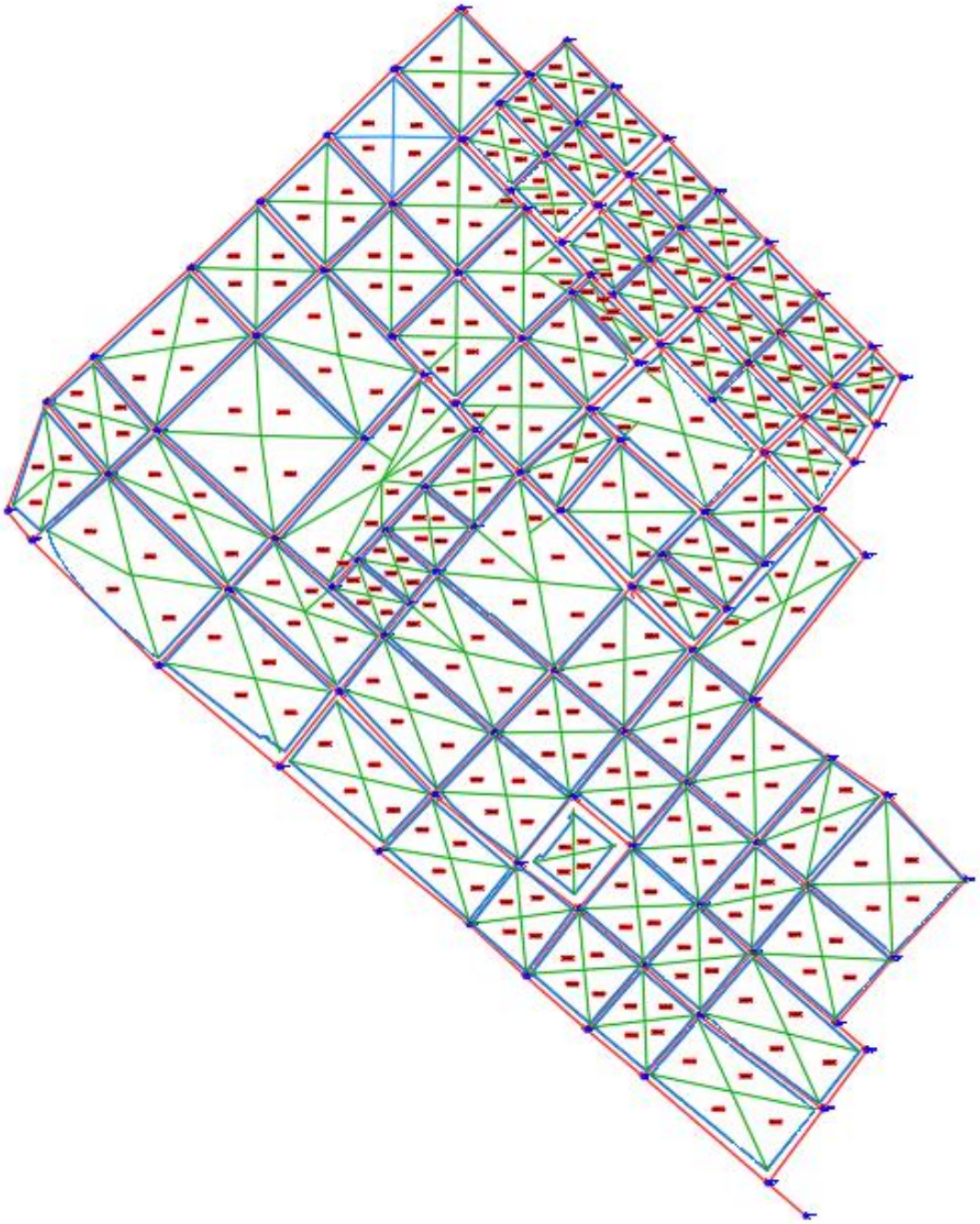


Fuente: Elaboración propia

7.1.4. Reporte

Una vez terminado el diseño de todas las parcelas, el software permite crear un reporte en Excel, necesario para el siguiente paso del proyecto.

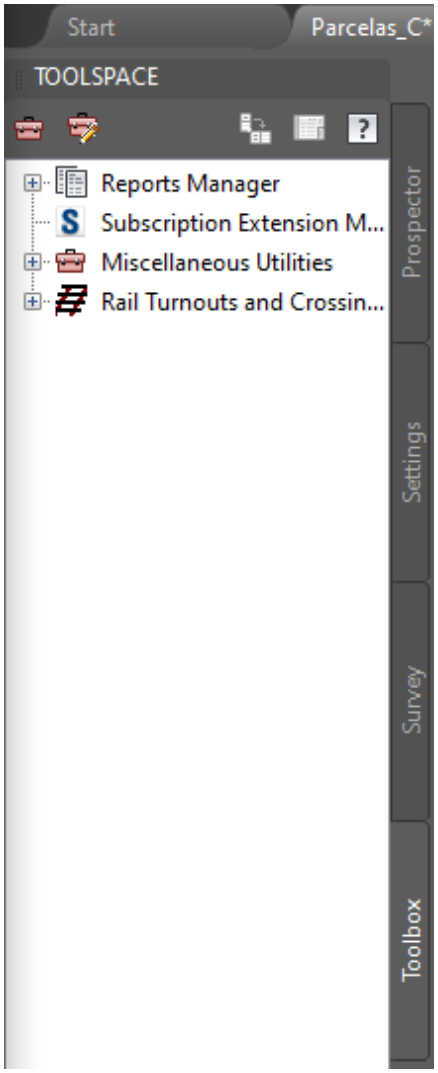
Figura 38 Todas las parcelas creadas



Fuente: Elaboración propia

En el ToolSpace dirigirse a la pestaña ToolBox, donde se encuentra el administrador de reportes o Reports Manager.

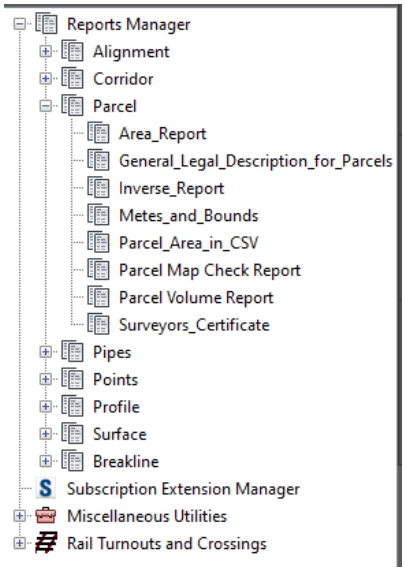
Figura 39 Reports Manager



Fuente: Elaboración propia

Dentro del menú desplegable de Parcel hay varias opciones, pero la ideal para el propósito del proyecto es la opción denominada Area_Report, que es el mismo de Parcel_Area_in_CSV, con la única diferente que la información está delimitada por comas.

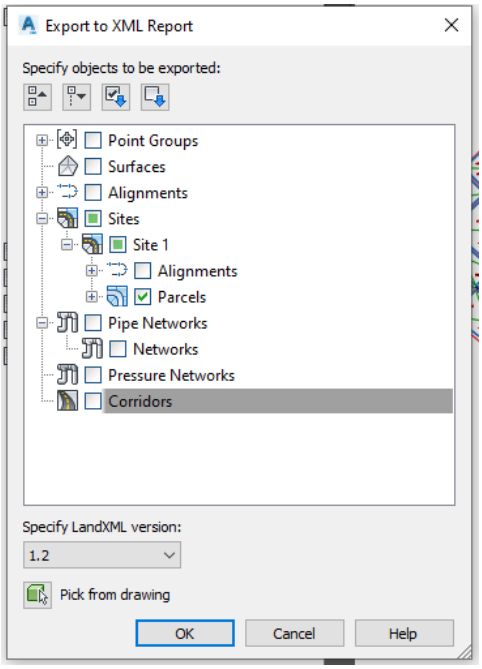
Figura 40 Reportes de Parcela



Fuente: Elaboración propia

Al seleccionar el reporte de áreas, aparece un nuevo cuadro en donde solo se deja seleccionado Site, Site 1 ya que es donde están las parcelas, y Parcels.

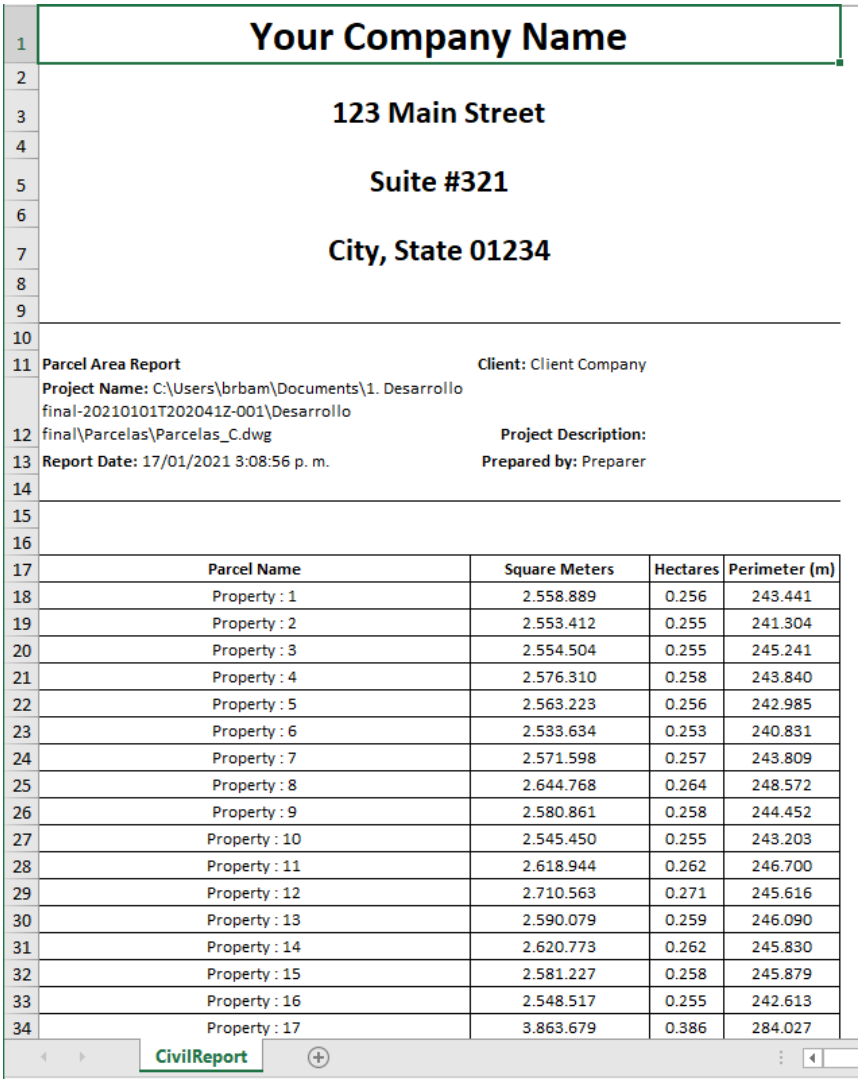
Figura 41 Configuración del reporte de área



Fuente: Elaboración propia

El reporte generado se muestra en la Figura 42, donde aparecen las columnas de nombre de la parcela, área en metros cuadrados, área en hectáreas, y perímetro de la parcela. Las únicas dos columnas que se útiles para el propósito del presente proyecto son nombre de las parcelas, y área en hectáreas, por lo tanto, las otras hay que eliminarlas.

Figura 42 Vista del reporte de área en Excel



Your Company Name

123 Main Street

Suite #321

City, State 01234

Parcel Area Report — **Client:** Client Company

Project Name: C:\Users\brbam\Documents\1. Desarrollo final-20210101T202041Z-001\Desarrollo final\Parcelas\Parcelas_C.dwg — **Project Description:**

Report Date: 17/01/2021 3:08:56 p. m. — **Prepared by:** Preparer

Parcel Name	Square Meters	Hectares	Perimeter (m)
Property : 1	2.558.889	0.256	243.441
Property : 2	2.553.412	0.255	241.304
Property : 3	2.554.504	0.255	245.241
Property : 4	2.576.310	0.258	243.840
Property : 5	2.563.223	0.256	242.985
Property : 6	2.533.634	0.253	240.831
Property : 7	2.571.598	0.257	243.809
Property : 8	2.644.768	0.264	248.572
Property : 9	2.580.861	0.258	244.452
Property : 10	2.545.450	0.255	243.203
Property : 11	2.618.944	0.262	246.700
Property : 12	2.710.563	0.271	245.616
Property : 13	2.590.079	0.259	246.090
Property : 14	2.620.773	0.262	245.830
Property : 15	2.581.227	0.258	245.879
Property : 16	2.548.517	0.255	242.613
Property : 17	3.863.679	0.386	284.027

CivilReport

Fuente: Elaboración propia

Una vez se ha determinado el trazado de la red de alcantarillado y se han determinado las áreas de drenaje, el siguiente paso es calcular el caudal de agua residuales, por lo tanto, el uso de la herramienta Parcel finaliza en este punto con la información organizada como se muestra en la siguiente figura:

Figura 43 Información organizada de las áreas de las parcelas

POZO		Área (Ha)		
De	a	Par.	A total	C
1			2	3
1	1A	0,255	0,255	0,450
1A	2	0,253	0,508	0,450
2	3	0,255	0,763	0,450
3	4	0,262	1,025	0,450
4	5	0,380	1,405	0,450
5	6	0,180	1,585	0,450
6	7	0,200	1,785	0,450
16	16A	0,093	0,093	0,450
1	16A	0,256	0,256	0,450
16A	17	0,088	0,437	0,450
17	18	0,086	0,523	0,450
1A	18	0,511	0,511	0,450
18	19	0,526	1,56	0,450
2	19	0,515	0,515	0,450
19	20	0,541	2,616	0,450
3	20	0,521	0,521	0,450
20	21	0,685	3,822	0,450
4	21	0,644	0,644	0,450
21	22	1,074	5,54	0,450
5	22	0,578	0,578	0,450
22	23	0,491	6,609	0,450
6	23	0,387	0,387	0,450
23	8	0,727	7,723	0,450
7	8	0,146	7,869	0,450

Fuente: Elaboración propia

7.2. Ajuste poligonal cerrada

La siguiente poligonal parte de un punto de coordenadas conocidas y desde allí se realiza el recorrido. Existe otro punto con coordenadas conocidas que es el punto de amarre.

Tabla 1 Cartera de una poligonal cerrada

Delta	Punto	Ángulo Observado			Distancia	Obsv.
		Grados	Minutos	Segundos		
CD1	CD2	0	0	0		
	D1	152	35	18	188,37	Delta
D1	CD1	0	0	0		
	D2	290	25	38	242,292	Delta
D2	D1	0	0	0		
	D3	263	52	20	275,656	Delta
D3	D2	0	0	0		
	CD1	301	28	33	227,89	Delta
CD1	D3	0	0	0		
	CD2	71	38	26		

Nota: Adaptado de "*Topografía aplicada para ingenieros*", de Botía, F., Pardo, R., Rivas, M., Vargas, W., Rincón, M. y González, V., 2014, p. 86, Bogotá, Colombia: Editorial UD.

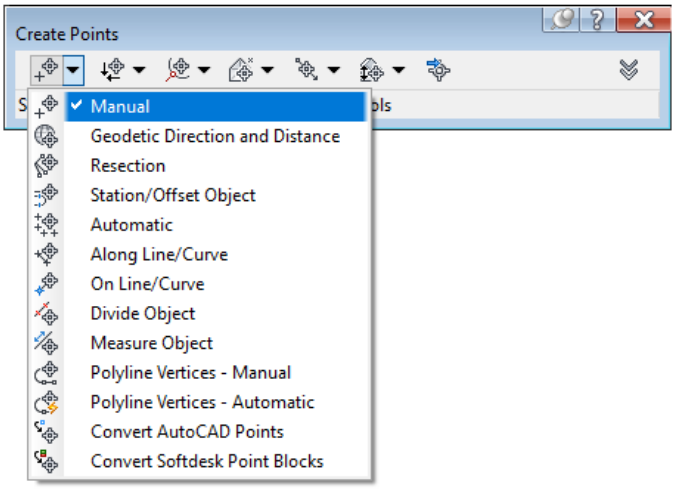
Tabla 2 Coordenadas del punto inicial y el punto de amarre

Punto	Norte	Este
CD1	1562,722	2742,705
CD2	1461,438	2840,499

Nota: Adaptado de "*Topografía aplicada para ingenieros*", de Botía, F., Pardo, R., Rivas, M., Vargas, W., Rincón, M. y González, V., 2014, p. 88, Bogotá, Colombia: Editorial UD.

El primer paso es insertar los dos puntos con coordenada conocidas en Civil 3D. Al tratarse solamente de dos puntos, se hará el proceso de forma manual. En el ToolSpace, en la pestaña Prospector, al hacer clic derecho en Points aparece la opción de Crear. En la nueva ventana seleccionar el primer icono y Manual.

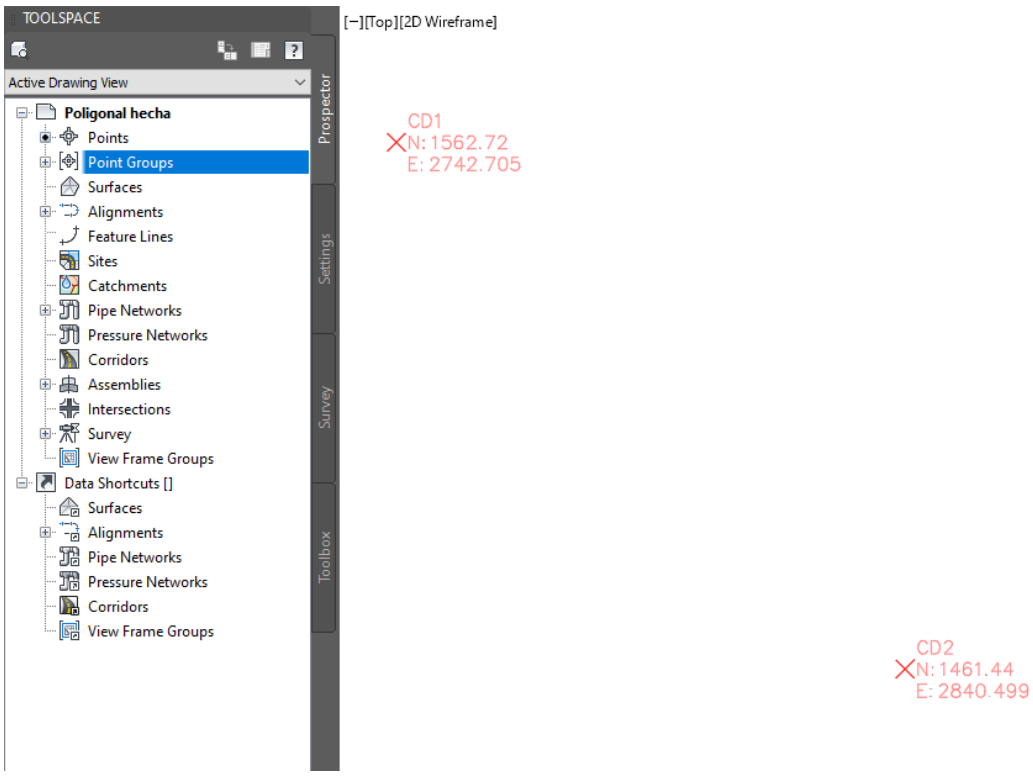
Figura 44 Creación manual de puntos



Fuente: Elaboración propia

El software pedirá las coordenadas del punto, este y norte en ese orden, además de la descripción y la elevación.

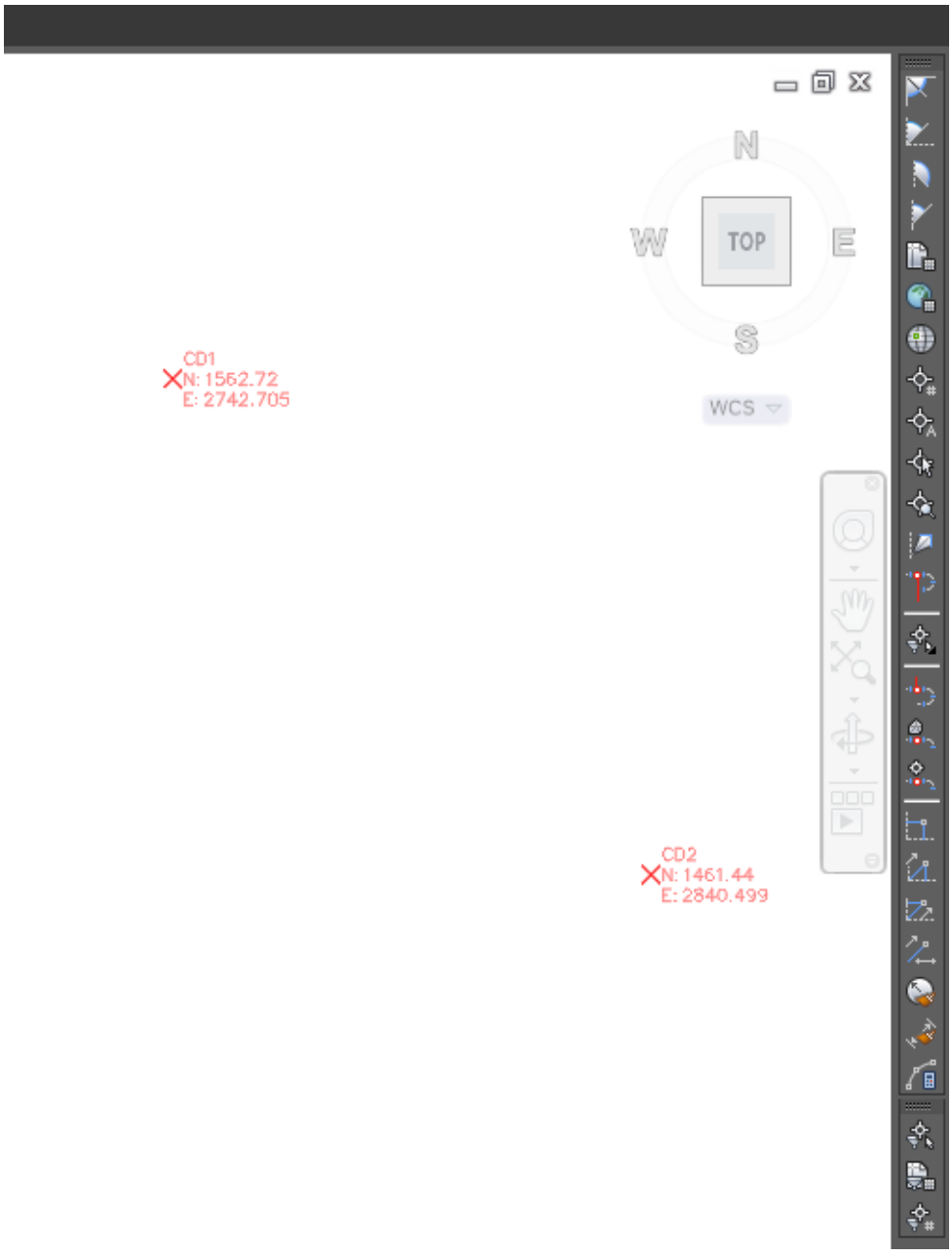
Figura 45 Puntos con coordenadas conocidas creados en Civil 3D



Fuente: Elaboración propia

A la derecha de la pantalla aparecen los denominados Transparent commands o Comandos Transparentes, de los cuales se hará uso de Ángulo Distancia, el cuales permiten especificar un punto usando un ángulo y una distancia, a partir de una línea de referencia. Es específicamente el primer icono según la Figura 46.

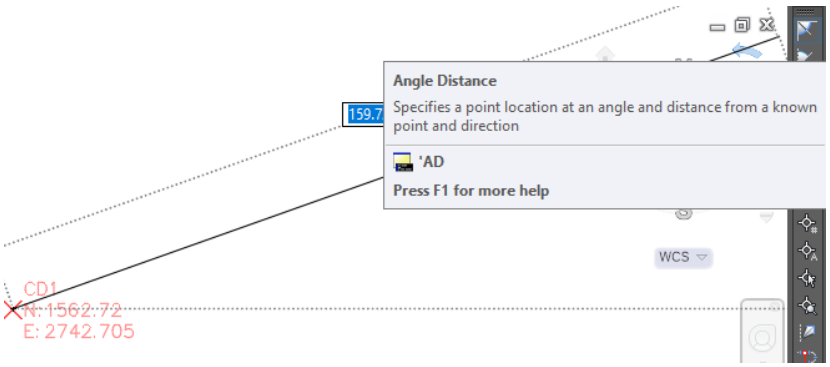
Figura 46 Transparent Commands



Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso usar el comando Polilínea, iniciar en el punto CD1 con el Snap activado para que quede justamente en el centro, y seleccionar en los comandos transparentes Angle Distance.

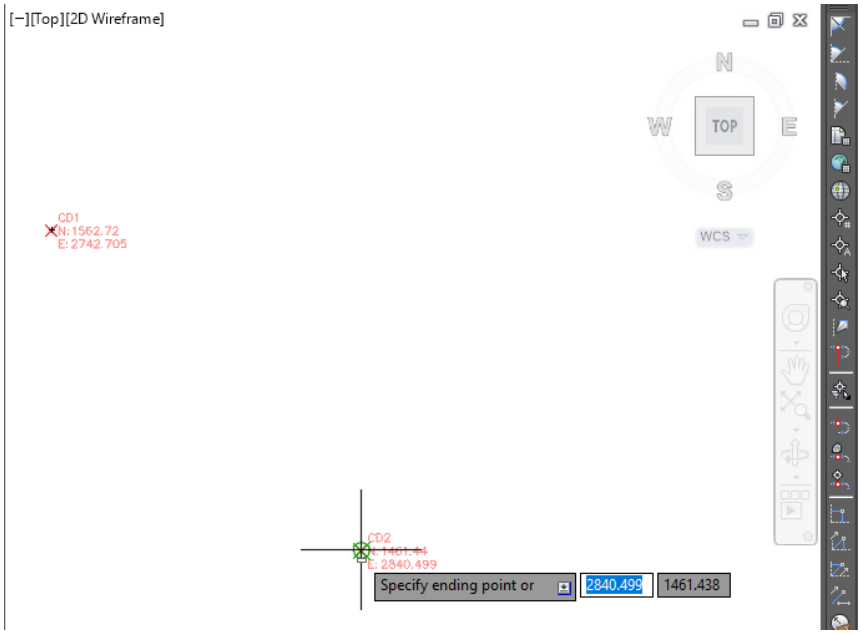
Figura 47 Uso del comando transparente Angle Distance



Fuente: Elaboración propia

A continuación, el software pedirá el punto final para poder establecer la línea de referencia, es decir, pedirá la ubicación del punto donde se colocó en campo el circulo horizontal del equipo en 0°00’00”, que es el punto de amarre.

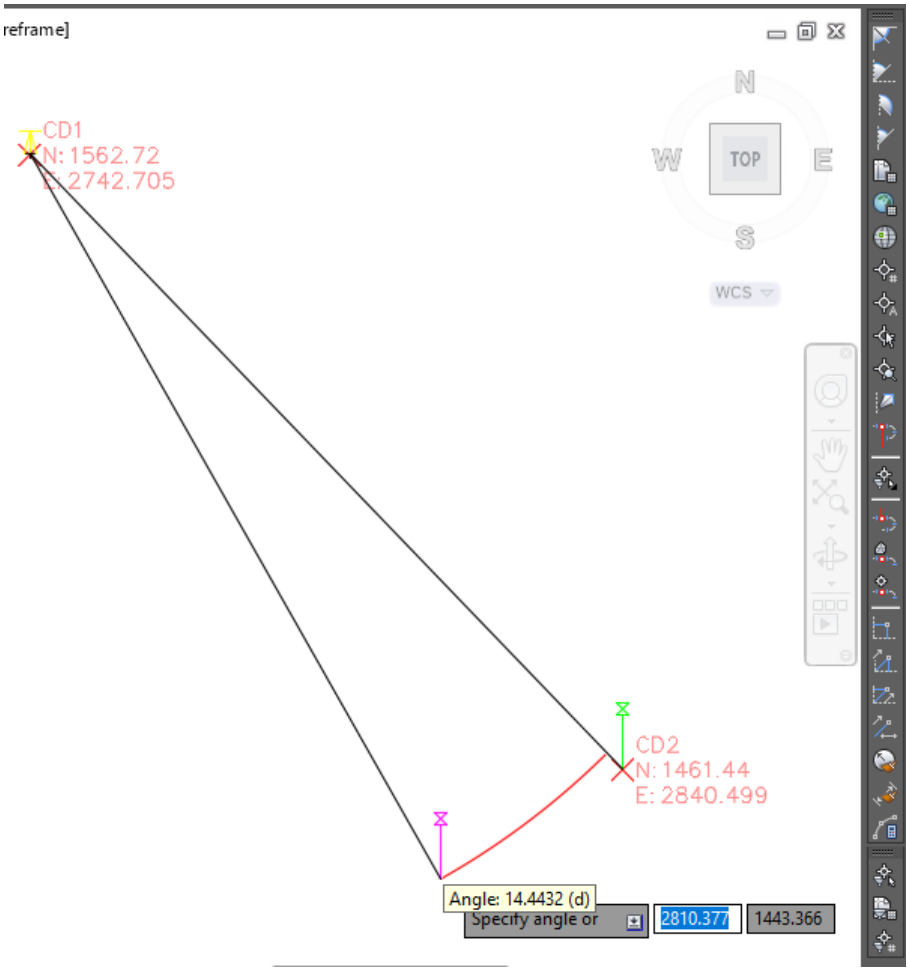
Figura 48 Establecer punto de amarre para el comando Angle Distance



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, hay que ingresar el valor del ángulo leído, que según la cartera es 152°35’18”. La manera de ingresar el valor correctamente en el software es 152d35’18”.

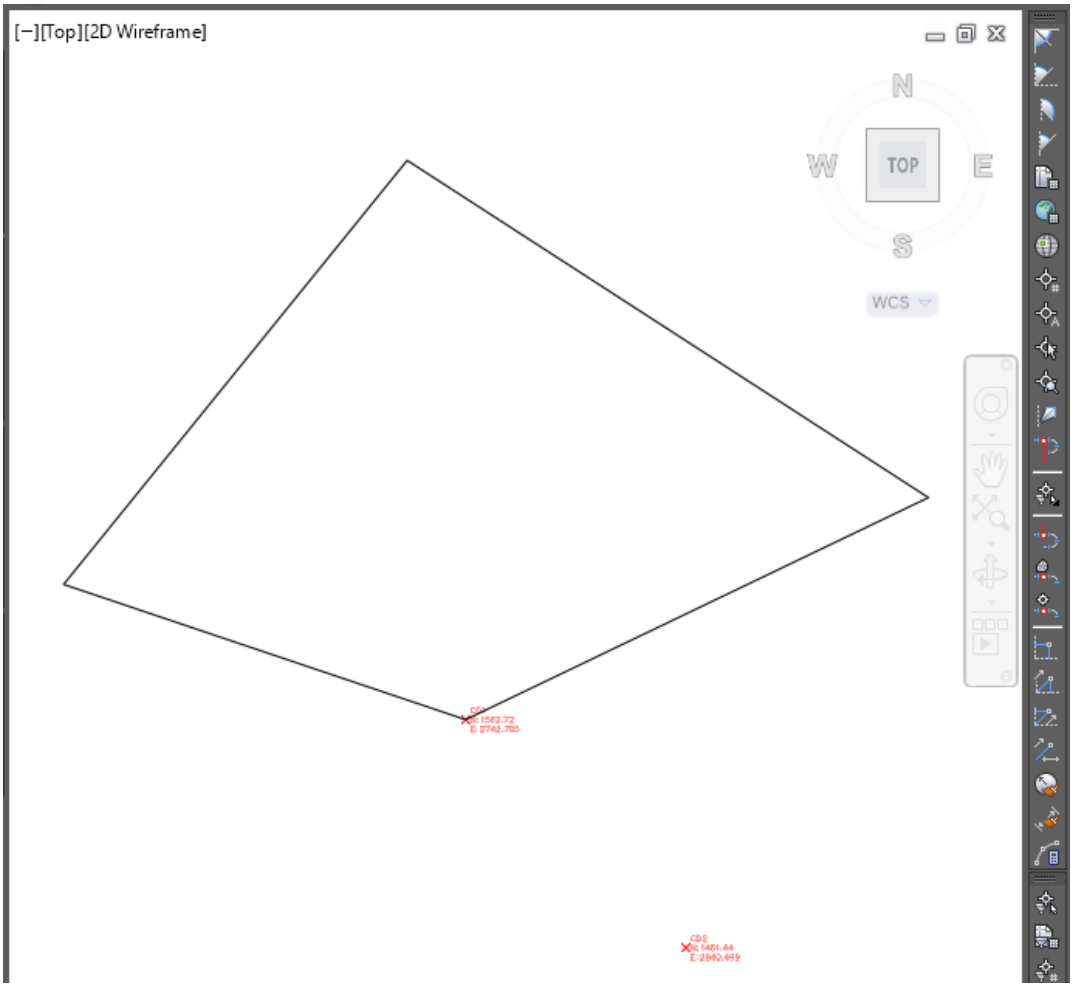
Figura 49 Ingresar ángulo leído usando el comando Angle Distance



Fuente: Elaboración propia

Una vez ingresado el valor del ángulo y oprimir Enter, hay que ingresar el valor de la distancia leída a ese punto. De la misma manera se siguen agregando los demás puntos hasta el ángulo leído entre el ultimo delta y el punto de inicio. El resultado de ingresar todos los ángulos y distancias se muestra en la Figura 50.

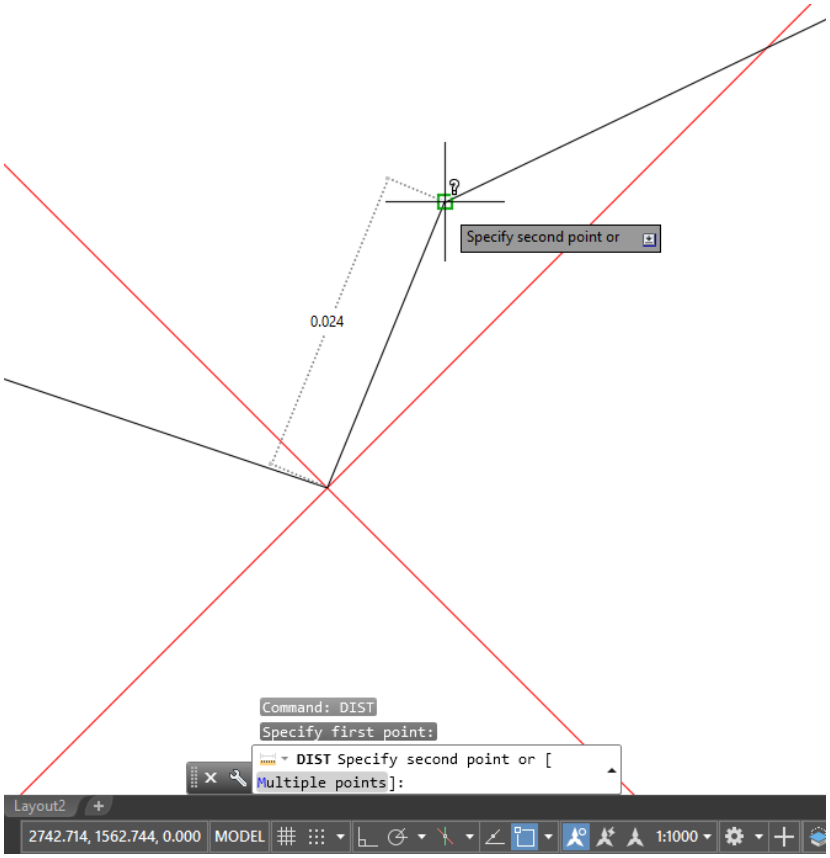
Figura 50 Poligonal dibujada usando el comando transparente Angle Distance



Fuente: Elaboración propia

Al hacer zoom en el punto inicial de poligonal CD1, se puede observar que entre ese punto y el punto final de la línea de la poligonal hay una distancia de 24 milímetros.

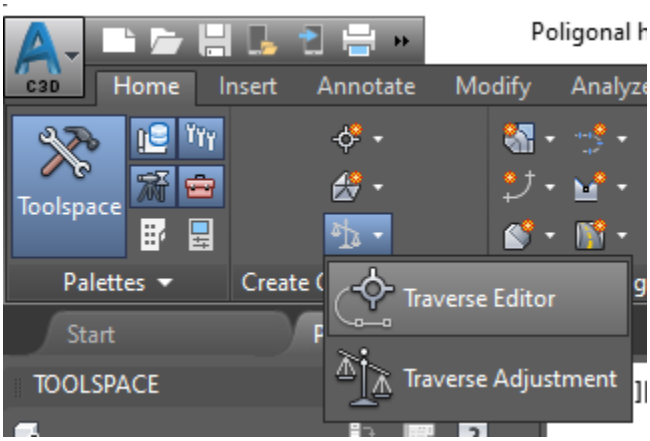
Figura 51 Distancia entre el punto inicial y el punto final de la poligonal sin ajustar



Fuente: Elaboración propia

Hay que dirigirse a Traverse Editor, dentro de Traverse en la pestaña Home, panel Create Ground Data.

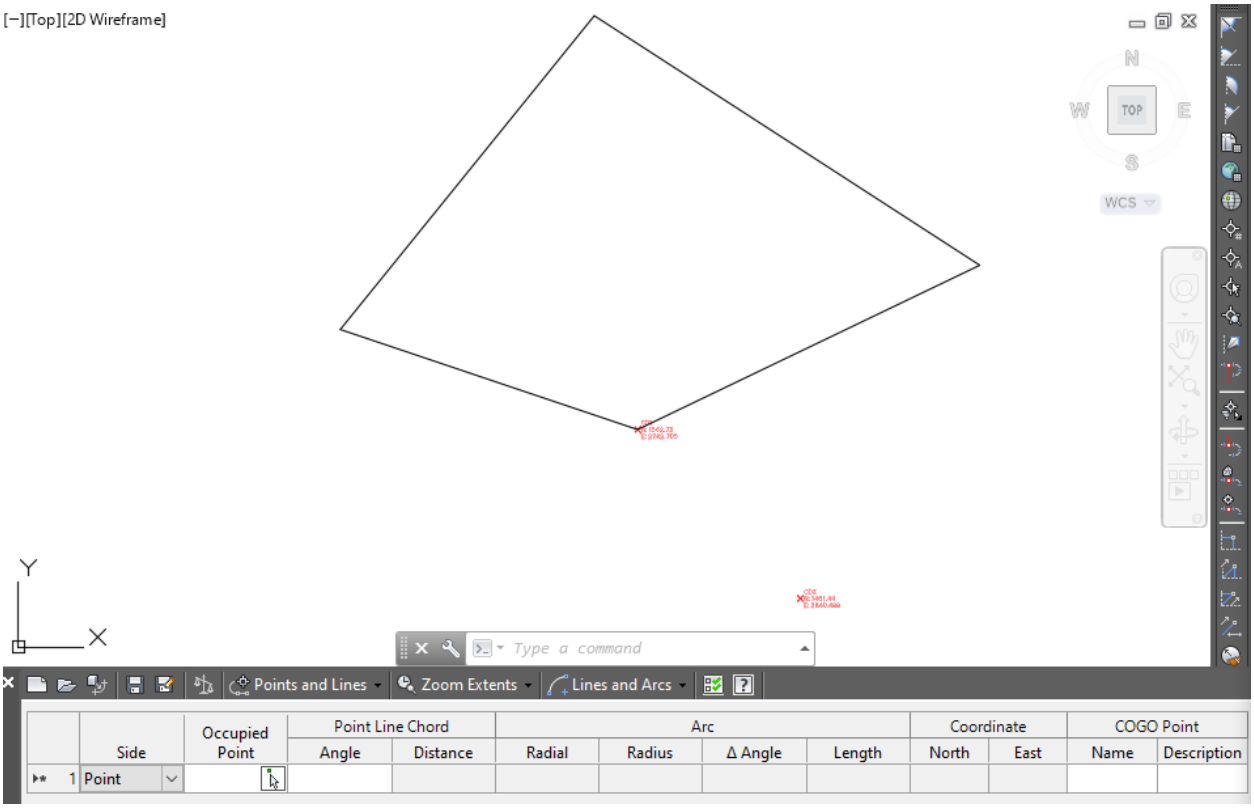
Figura 52 Ubicaciones de Traverse en Civil 3D



Fuente: Elaboración propia

Al abrir Traverse Editor se mostrará el cuadro de dialogo de este, en la parte inferior de la pantalla. El primer icono de izquierda a derecha es para crear una nueva poligonal, mientras que el segundo icono es para abrir un archivo Traverse de extensión .trv2, y al abrirlo el Traverse Editor se llenará con la información de la poligonal. El tercer icono denominado Load from entity o Cargar desde entidad, es el que se va a usar en esta ocasión, y lo que hace es cargar los datos de poligonal desde una polilínea ya creada. Los siguientes iconos son para guardar los datos, para dibujar puntos, líneas, arcos, y para hacer Zoom, desde el Traverse Editor. El icono denominado Load Balance Tool, guarda los archivos de la poligonal actual, cierra el Traverse Editor y abre esa poligonal en el cuadro de dialogo de Traverse Adjustment o Editor de poligonal para realizar el ajuste.

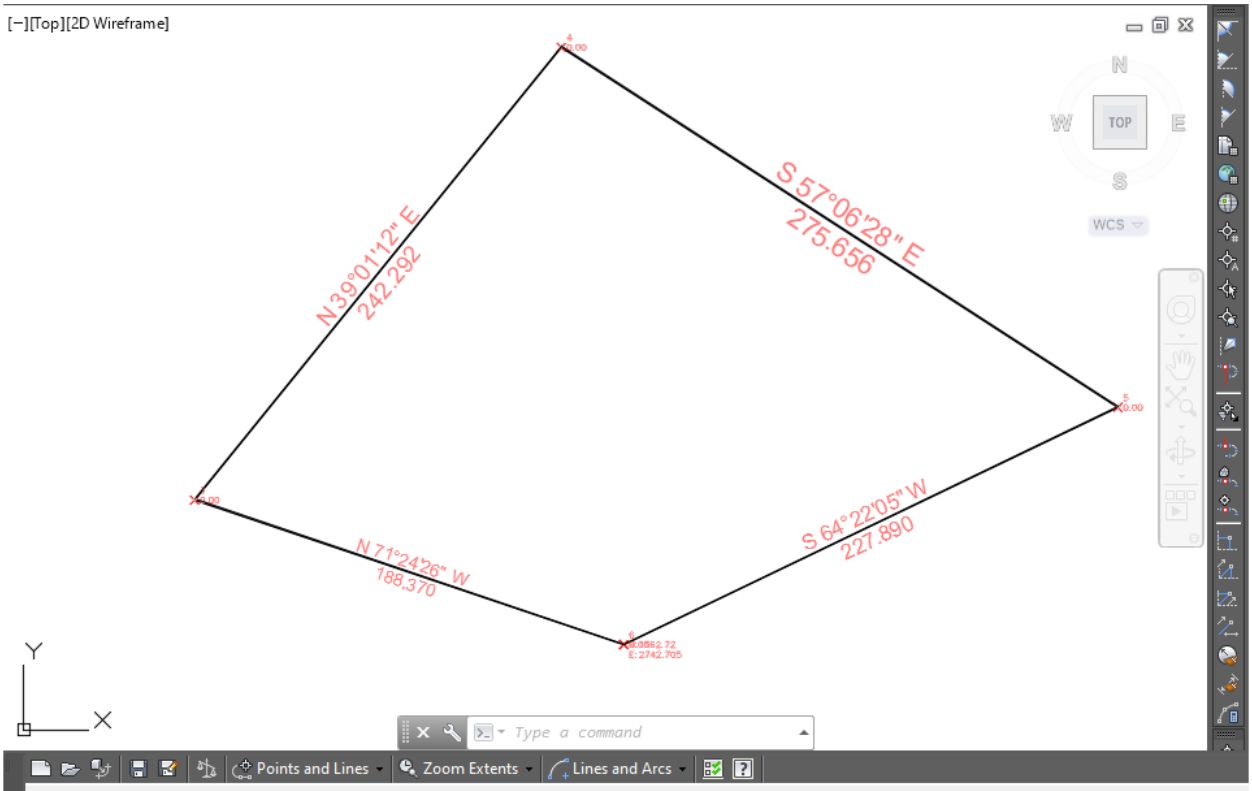
Figura 53 Cuadro de dialogo Traverse Editor



Fuente: Elaboración propia

Al cargar la polilínea en el Traverse Editor, se añaden etiquetas a todas las líneas con la distancia y el rumbo respectivo, además, el cuadro de dialogo se carga con toda esta información y con las coordenadas actuales de cada punto de la poligonal.

Figura 54 Poligonal cargada a Traverse Editor



	Side	Occupied Point	Point Line Chord		Arc				Coordinate		COGO Point	
			Angle	Distance	Radial	Radius	Δ Angle	Length	North	East	Name	Description
1	Point	2742.70...							1562.7220	2742.7050	1	
2	Line		N 71°24...	188.370					1622.7819	2564.1663	3	
3	Line		N 39°01...	242.292					1811.0249	2716.7113	4	
4	Line		S 57°06'...	275.656					1661.3270	2948.1779	5	
5	Line		S 64°22'...	227.890					1562.7444	2742.7142	6	
* 6	Line											

Fuente: Elaboración propia

El siguiente es paso es abrir la poligonal en Traverse Adjustment con el botón Load Balance Tool. Una vez hecho esto, en el cuadro de dialogo se podrá configurar el punto de inicio, el punto final, y el punto de cierre, que en este caso corresponden respectivamente al punto CD1, el último punto de la poligonal, y nuevamente el punto CD1, también llamado punto 1.

Figura 55 Cuadro de dialogo Traverse Adjustment



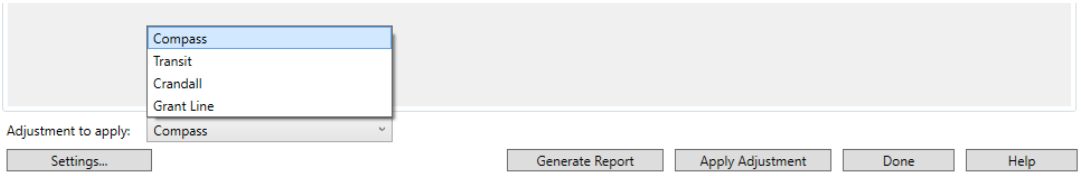
Fuente: Elaboración propia

En el recuadro denominado Closure summary aparece el resumen de cierre de todos los métodos, y en el recuadro denominado Available Adjustment methods se muestra una información más detallada separada por líneas de la poligonal, y en donde para cada una aparecen todos los

métodos disponibles, el punto donde se armó, el punto visado, las coordenadas, el rumbo, la distancia, los diferenciales de X, Y, ángulo, y finalmente el diferencial de distancia.

En la parte inferior del cuadro de dialogo se escoge el método de ajuste a aplicar, entre Compass, Transit, Crandall, y Grant Line, o bien, Brújula, Tránsito, Crandall, y Conceder línea, si se maneja la versión del software en español.

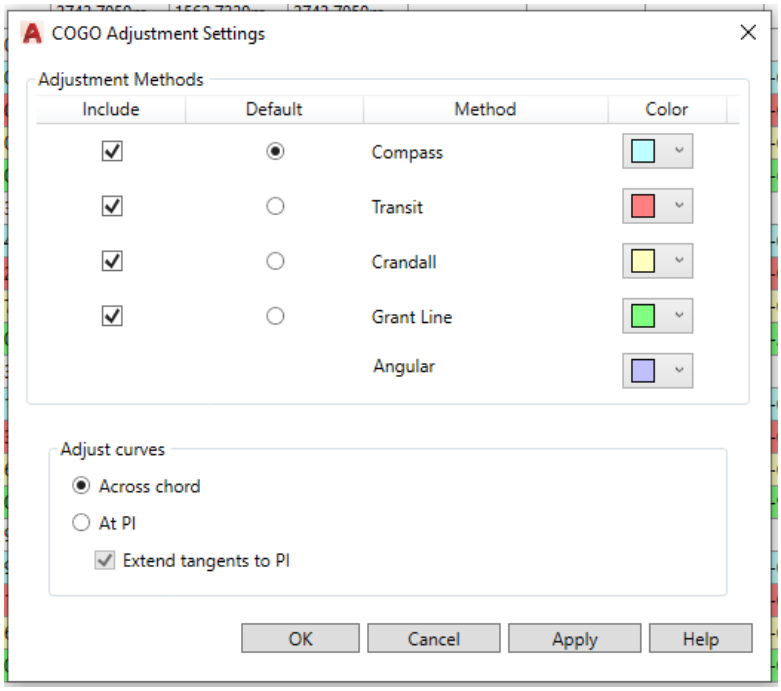
Figura 56 Seleccionar método de ajuste en Traverse Adjustment



Fuente: Elaboración propia

En el botón Setttings abre un nuevo cuadro de dialogo donde se puede establecer el método de ajuste predeterminado, cambiar los colores en que se visualizan los datos de cada ajuste, y opciones de configuración de ajuste de curvas que no aplica para este caso. Además, si se desea solamente visualizar los datos de algún método en particular, basta con habilitar o deshabilitar el check en la columna Include. Algo similar ocurre con el botón Generate Report, donde aparecen dos opciones que son: Generar el reporte con todos los métodos de ajuste, o generar el reporte solamente con los métodos que están actualmente en el cuadro de dialogo, es decir, si se ha deshabilitado alguno en la columna Include dentro de Settings, este no aparecerá en el reporte. El reporte puede ser un archivo Html para abrir en el navegador, o un archivo PDF.

Figura 57 Cuadro de diálogo Configuración de ajuste de COGO

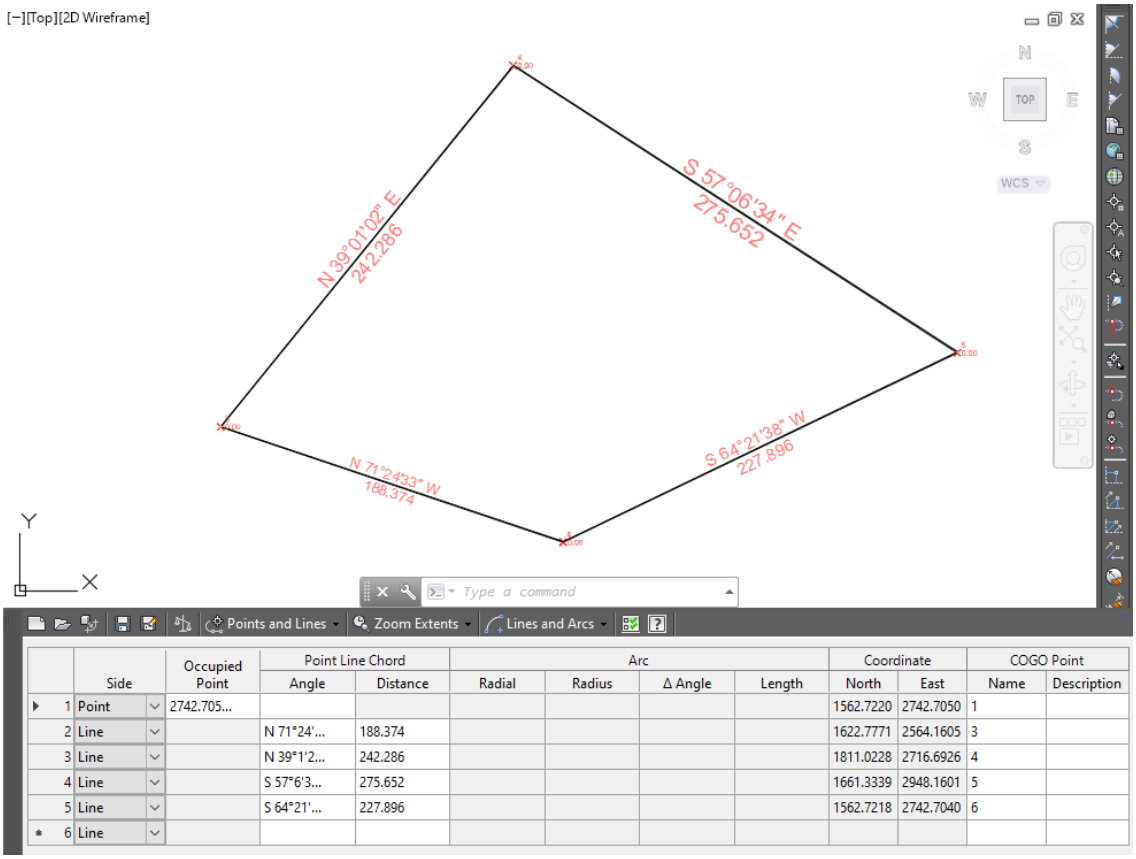


Fuente: Elaboración propia

En el momento en que haga clic en Apply Adjustment, el software pedirá que se le indique la ruta donde se guardará ese archivo que será de extensión .trv2, lo que conlleva a que en ese momento se tendrían dos archivos de ese tipo, el de la poligonal sin ajustar que fue guardado al abrir Traverse Adjustment, y el nuevo archivo que contiene la poligonal con el ajuste.

Al abrir el archivo de la poligonal ajustada mediante el cuadro de dialogo de Traverse Editor, se puede observar por coordenadas que ahora el error de cierre es de 1 milímetro, y también se puede hacer Zoom y utilizar el comando Dist para medir la distancia, de la misma manera que se realizó antes de ajustar la poligonal.

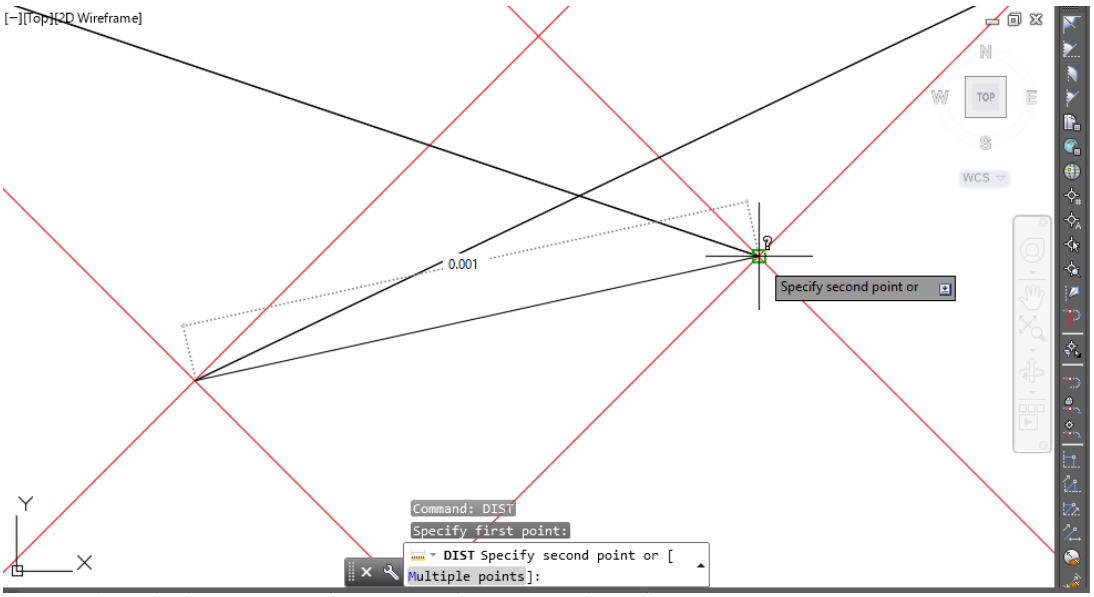
Figura 58 Poligonal ajustada y sus datos en el cuadro de dialogo de Traverse Editor



	Side	Occupied Point	Point Line Chord		Arc				Coordinate		COGO Point	
			Angle	Distance	Radial	Radius	Δ Angle	Length	North	East	Name	Description
1	Point	2742.705...							1562.7220	2742.7050	1	
2	Line		N 71°24'...	188.374					1622.7771	2564.1605	3	
3	Line		N 39°1'2...	242.286					1811.0228	2716.6926	4	
4	Line		S 57°6'3...	275.652					1661.3339	2948.1601	5	
5	Line		S 64°21'...	227.896					1562.7218	2742.7040	6	
6	Line											

Fuente: Elaboración propia

Figura 59 Zoom a error de cierre en poligonal después del ajuste

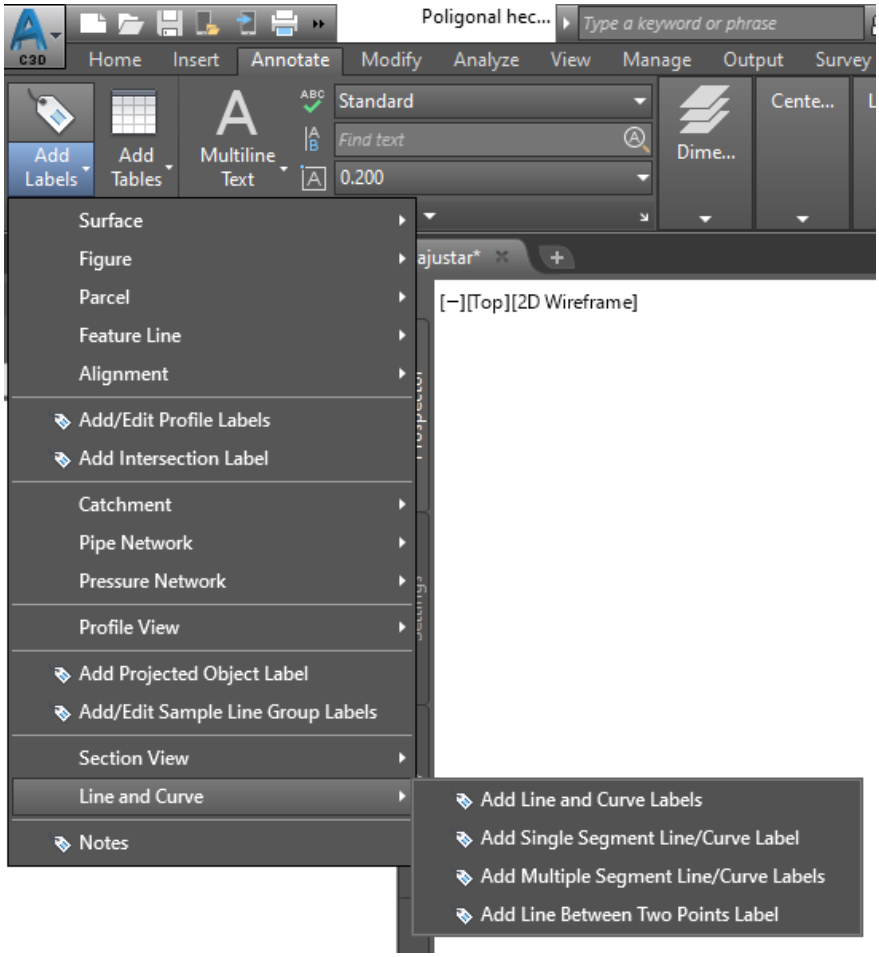


Fuente: Elaboración propia

7.2.1. Comparación entre el ajuste por medio de Traverse con el método de la Brújula, y Survey – Mapcheck con el método de mínimos cuadrados

En la herramienta Traverse no está disponible el ajuste por el método de mínimos cuadrados, caso contrario a Survey. Para hacer ese ajuste, lo primero que hay que hacer es agregar etiquetas a la poligonal. En la pestaña Annotate, ir al panel Labels & Tables, allí se encuentra la opción Add Labels, se debe elegir Line and Curve, y finalmente Add Multiple Segment Line/Curve Labels. El siguiente paso es seleccionar la polilínea.

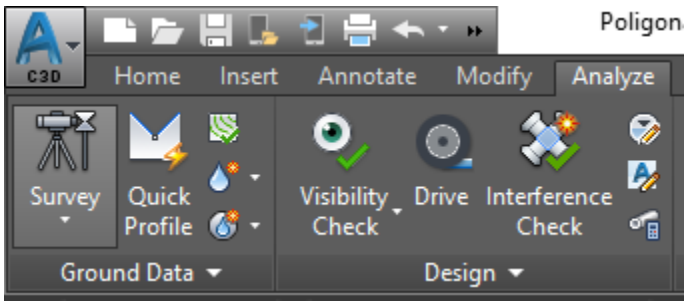
Figura 60 Agregar etiquetas a la poligonal



Fuente: Elaboración propia

En la pestaña Analyze, en el panel Ground Data, se encuentra Survey, y en la lista desplegable se puede encontrar Mapcheck.

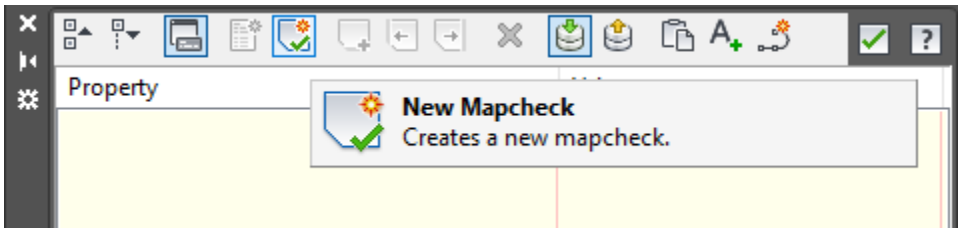
Figura 61 Ubicación de Sruvey en la pestaña Analyze



Fuente: Elaboración propia

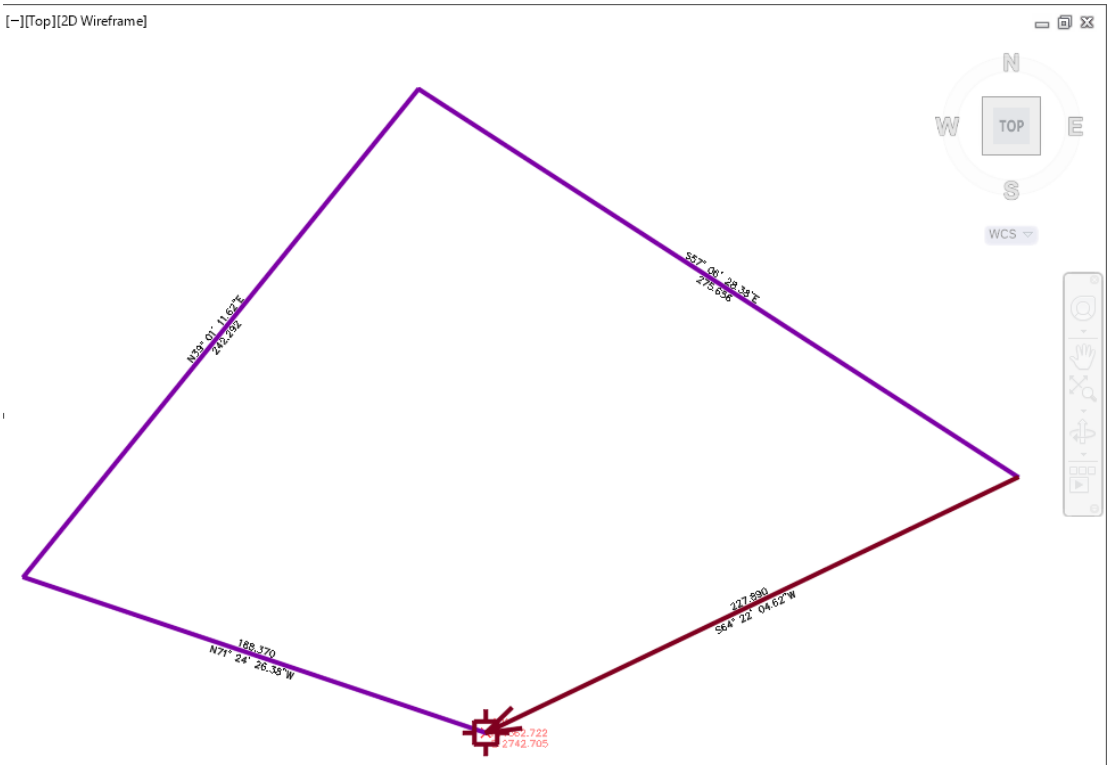
En el cuadro de dialogo de Mapcheck, hacer clic en el icono de New Mapcheck. Lo primero que el software pide es el nombre, en este caso se nombrará como ajuste, seguido del punto de inicio POB, y finalmente hay que seleccionar las etiquetas creadas anteriormente en el orden del recorrido de la poligonal. Una vez seleccionada la última etiqueta, hay que oprimir Enter para confirmar, y en seguida en el cuadro de dialogo de mapcheck donde aparece el nombre, dar clic derecho y escoger la opción Adjust Mapcheck.

Figura 62 Cuadro de dialogo Mapcheck



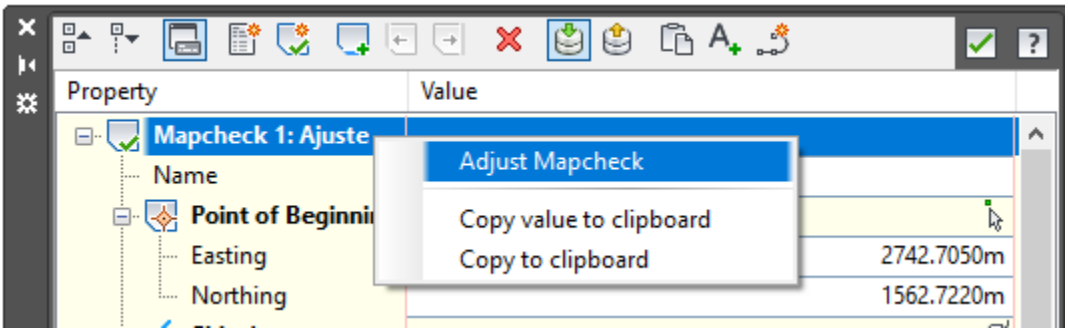
Fuente: Elaboración propia

Figura 63 Mapcheck creado a partir de la poligonal



Fuente: Elaboración propia

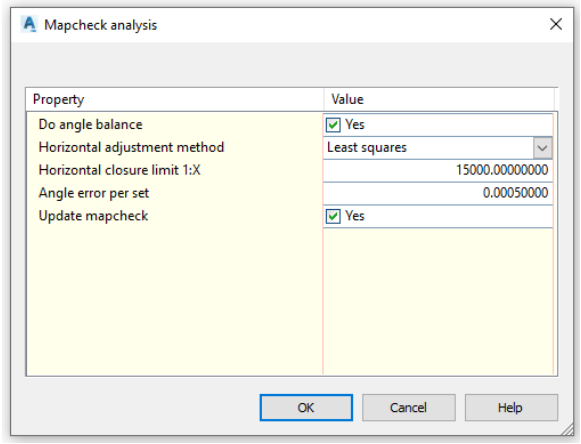
Figura 64 Adjust Mapcheck



Fuente: Elaboración propia

En el cuadro de dialogo Mapcheck analysis aparece la opción de hacer al ajuste con balance angular, al igual que en Traverse Adjustment, adicionalmente hay un menú desplegable donde aparecen los todos los métodos de ajuste; la diferencia entre estos métodos y los que tiene Traverse es que Grant Line desaparece y en su lugar aparece Least Squares o Mínimos Cuadrados.

Figura 65 Cuadro de dialogo Mapcheck analysis



Fuente: Elaboración propia

Una vez aceptado el ajuste se generan 3 archivos extensión .txt. El primer archivo, Mapcheck 1.Isi, contiene los datos del archivo antes del ajuste, como las coordenadas de los puntos, los ángulos tomados, la distancia, y los errores.

Figura 66 Primer reporte del ajuste por Mapcheck

Mapcheck 1.lsi: Bloc de notas

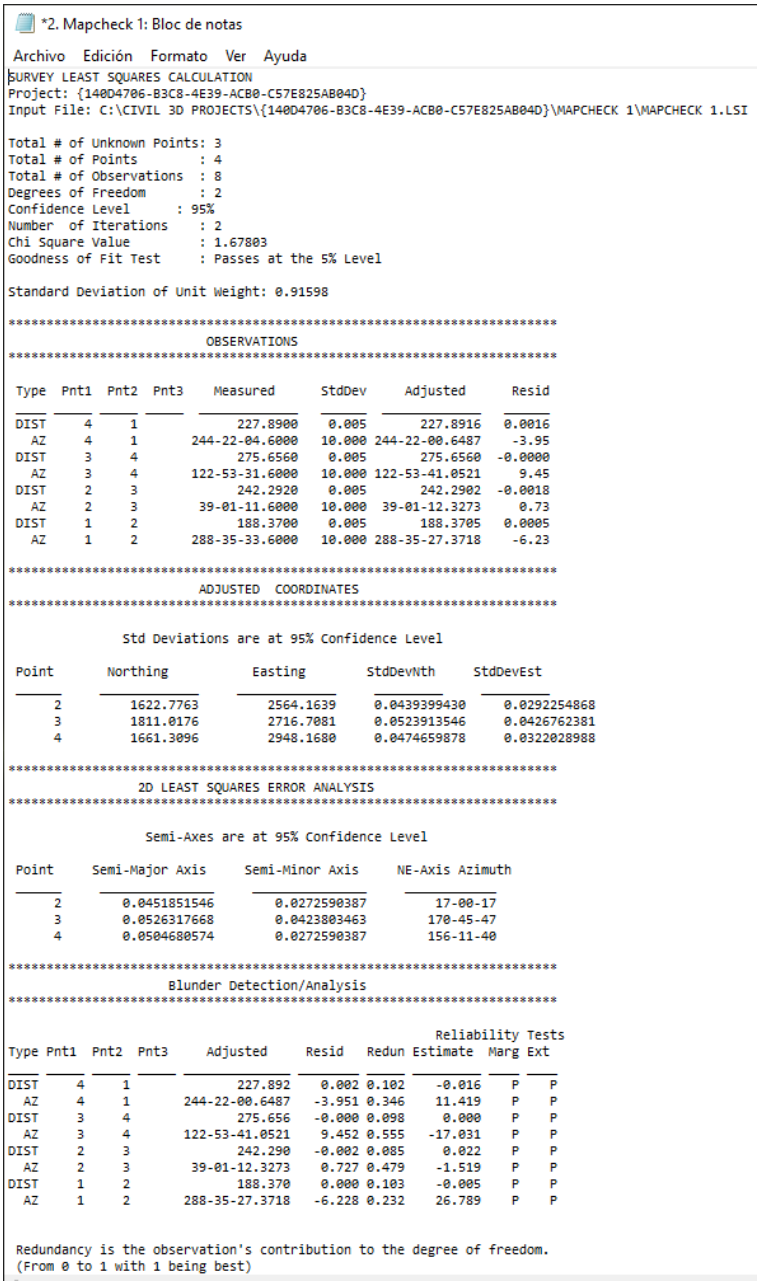
Archivo Edición Formato Ver Ayuda

```
!2D Input File
!
!
!                    Least Squares Input File
!                      Generated By Survey
!
!      Point       Northing        Easting      Elevation
 NE        1    1562.722000    2742.705000
?NE        2    1622.781532    2564.166182
?NE        3    1811.024825    2716.710850
?NE        4    1661.327375    2948.177702
!
!    From    At     To                                    Angle    Distance
!   Point  Point  Point           Angle       Distance   Std Error Std Error
D              4      1                       227.8900                0.0051
AZ             4      1       244.22046                  0.00100
D              3      4                       275.6560                0.0052
AZ             3      4       122.53316                  0.00100
D              2      3                       242.2920                0.0051
AZ             2      3        39.01116                  0.00100
D              1      2                       188.3700                0.0051
AZ             1      2       288.35336                  0.00100
!
!
!
!  The rules of this input file are as follows:
!    - All observations must reference known or unknown (to be determined)
!        points.
!    - Angular errors are in DMS.
!    - Angles (A) are in DMS.
!    - Distance errors are in METERS.
!    - Distances (D) are in METERS.
!    - Azimuth errors are in DMS.
!    - Azimuths (AZ) are in DMS.
!    - Coordinates are in METERS.
!    - An exclamation (in the first column) ignores any text on line
!    - Fields are separated by spaces (space delimited).
!
```

Fuente: Elaboración propia

El segundo archivo, Mapcheck 1.Iso contiene los datos específicos del ajuste; informa el número de iteraciones realizadas, la desviación estándar de las observaciones, las coordenadas de cada punto Norte y Este con su respectiva desviación estándar, y el reporte del error en el análisis hecho, así como el nivel de confianza del ajuste, que es del 95%.

Figura 67 Segundo reporte del ajuste por Mapcheck



*2. Mapcheck 1: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

SURVEY LEAST SQUARES CALCULATION
Project: {140D4706-B3C8-4E39-ACB0-C57E825AB04D}
Input File: C:\CIVIL 3D PROJECTS\{140D4706-B3C8-4E39-ACB0-C57E825AB04D}\MAPCHECK 1\MAPCHECK 1.LSI

Total # of Unknown Points: 3
Total # of Points : 4
Total # of Observations : 8
Degrees of Freedom : 2
Confidence Level : 95%
Number of Iterations : 2
Chi Square Value : 1.67803
Goodness of Fit Test : Passes at the 5% Level

Standard Deviation of Unit Weight: 0.91598

****

OBSERVATIONS

Type	Pnt1	Pnt2	Pnt3	Measured	StdDev	Adjusted	Resid
DIST	4	1		227.8900	0.005	227.8916	0.0016
AZ	4	1		244-22-04.6000	10.000	244-22-00.6487	-3.95
DIST	3	4		275.6560	0.005	275.6560	-0.0000
AZ	3	4		122-53-31.6000	10.000	122-53-41.0521	9.45
DIST	2	3		242.2920	0.005	242.2902	-0.0018
AZ	2	3		39-01-11.6000	10.000	39-01-12.3273	0.73
DIST	1	2		188.3700	0.005	188.3705	0.0005
AZ	1	2		288-35-33.6000	10.000	288-35-27.3718	-6.23

****

ADJUSTED COORDINATES

****

Std Deviations are at 95% Confidence Level

Point	Northing	Easting	StdDevNth	StdDevEst
2	1622.7763	2564.1639	0.0439399430	0.0292254868
3	1811.0176	2716.7081	0.0523913546	0.0426762381
4	1661.3096	2948.1680	0.0474659878	0.0322028988

****

2D LEAST SQUARES ERROR ANALYSIS

****

Semi-Axes are at 95% Confidence Level

Point	Semi-Major Axis	Semi-Minor Axis	NE-Axis Azimuth
2	0.0451851546	0.0272590387	17-00-17
3	0.0526317668	0.0423803463	170-45-47
4	0.0504680574	0.0272590387	156-11-40

****

Blunder Detection/Analysis

****

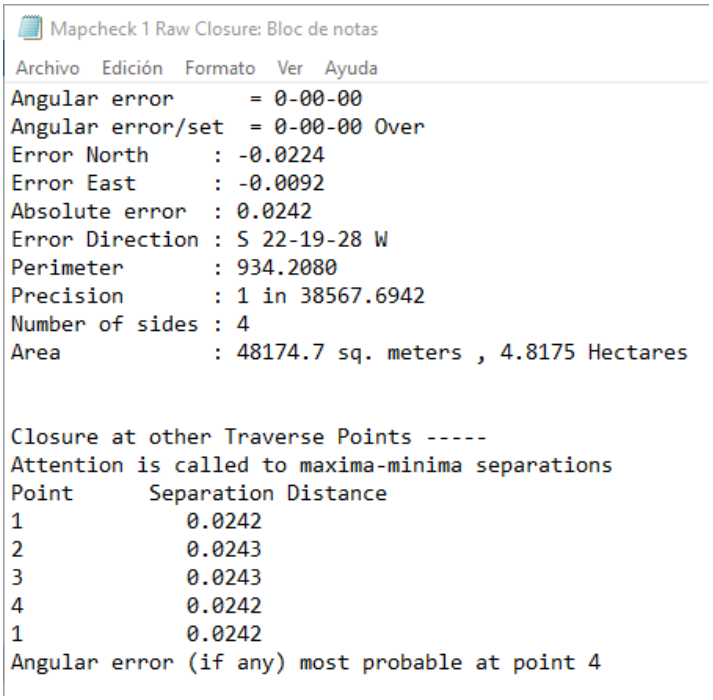
Type	Pnt1	Pnt2	Pnt3	Adjusted	Resid	Redun	Reliability Tests Estimate	Marg	Ext
DIST	4	1		227.892	0.002	0.102	-0.016	P	P
AZ	4	1		244-22-00.6487	-3.951	0.346	11.419	P	P
DIST	3	4		275.656	-0.000	0.098	0.000	P	P
AZ	3	4		122-53-41.0521	9.452	0.555	-17.031	P	P
DIST	2	3		242.290	-0.002	0.085	0.022	P	P
AZ	2	3		39-01-12.3273	0.727	0.479	-1.519	P	P
DIST	1	2		188.370	0.000	0.103	-0.005	P	P
AZ	1	2		288-35-27.3718	-6.228	0.232	26.789	P	P

Redundancy is the observation's contribution to the degree of freedom.
(From 0 to 1 with 1 being best)

Fuente: Elaboración propia

El tercer archivo se denomina Mapcheck 1 Raw Closure.trv, y contiene datos estadísticos de la poligonal, como el error en distancia, error en la dirección, el perímetro, la precisión, el área, entre otros.

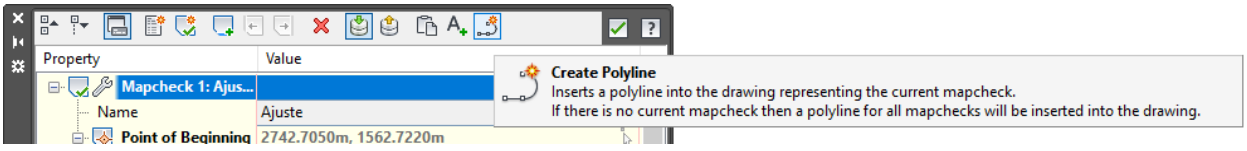
Figura 68 Tercer reporte del ajuste por Mapcheck



Fuente: Elaboración propia

Para que el ajuste sea terminado, hay que hacer clic en el último icono de izquierda a derecha del cuadro de dialogo de Mapcheck, el cual dibujará por medio de una polilínea la nueva poligonal ajustada.

Figura 69 Crear una polilínea que represente la poligonal ajustada



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3, se presentan las diferencias entre las coordenadas de todos los vértices de la poligonal, aplicando los dos métodos anteriormente explicados.

Tabla 3 Diferencia entre las coordenadas de la poligonal ajustada usando Traverse y Mapcheck

Punto	Mapcheck		Traverse		Diferencia	
	Coordenadas		Coordenadas			
	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este
D1	1622,776	2564,164	1622,777	2564,161	0,001	0,004
D2	1811,018	2716,708	1811,023	2716,693	0,005	0,015
D3	1661,310	2948,168	1661,334	2948,160	0,024	0,008
CD1	1562,722	2742,705	1562,722	2742,704	0,000	0,001

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 4, 5, y 6, se presentan los cálculos correspondientes del ajuste de la poligonal en Excel, hasta llegar a las coordenadas de cada vértice. El método de ajuste utilizado fue el método de la brújula.

Tabla 4 Corrección de ángulos y cálculo de azimuts

Delta	Punto	Distancia	Ángulo Observado			Ang. Obs. Corregido			Azimut		
			G	M	S	G	M	S	G	M	S
CD1	CD2		0	0	0				136	0	16
	D1	188,370	152	35	18	152	35	15	288	35	31
D1	CD1		0	0	0				108	35	31
	D2	242,292	290	25	38	290	25	35	39	1	6
D2	D1		0	0	0				219	1	6
	D3	275,656	263	52	20	263	52	17	122	53	23
D3	D2		0	0	0				302	53	23
	CD1	227,890	301	28	33	301	28	30	244	21	53
CD1	D3		0	0	0				64	21	53
	CD2		71	38	26	71	38	23	136	0	16

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5 Proyecciones y sus respectivas correcciones

Delta	Punto	Proyecciones		Correcciones		Proy. Corregidas	
		N-S	E-W	N-S	E-W	N-S	E-W
CD1	CD2						
	D1	60,057	-178,540	-0,005	-0,003	60,052	-178,543
D1	CD1						
	D2	188,248	152,539	-0,006	-0,004	188,242	152,535
D2	D1						
	D3	-149,687	231,473	-0,007	-0,004	-149,694	231,469
D3	D2						
	CD1	-98,595	-205,458	-0,005	-0,004	-98,600	-205,461
CD1	D3						
	CD2						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Coordenadas de la poligonal

Coordenadas		Punto
N-S	E-W	
1562,722	2742,705	CD1
1622,7744	2564,1623	D1
1811,0163	2716,6975	D2
1661,3224	2948,1665	D3
1562,722	2742,705	CD1

Fuente: Elaboración propia

El propósito de realizar el ajuste en Excel fue comparar esos resultados con los del software por ambos métodos, es decir, el método de la brújula y el método de mínimos cuadrados. Esta información se encuentra en la tabla 7 y 8.

Tabla 7 Diferencia entre las coordenadas de la poligonal ajustada usando Mapcheck y cálculo manual

Punto	Mapcheck		Cálculo manual		Diferencia	
	Coordenadas		Coordenadas			
	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este
D1	1622,776	2564,164	1622,774	2564,162	0,002	0,002
D2	1811,018	2716,708	1811,016	2716,698	0,002	0,010
D3	1661,310	2948,168	1661,322	2948,166	0,012	0,002
CD1	1562,722	2742,705	1562,722	2742,705	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 Diferencia entre las coordenadas de la poligonal ajustada usando Traverse y cálculo manual

Punto	Traverse		Cálculo manual		Diferencia	
	Coordenadas		Coordenadas			
	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este
D1	1622,777	2564,161	1622,774	2564,162	0,003	0,002
D2	1811,023	2716,693	1811,016	2716,698	0,006	0,005
D3	1661,334	2948,160	1661,322	2948,166	0,012	0,006
CD1	1562,722	2742,704	1562,722	2742,705	0,000	0,001

Fuente: Elaboración propia

7.3. Manejo de taludes

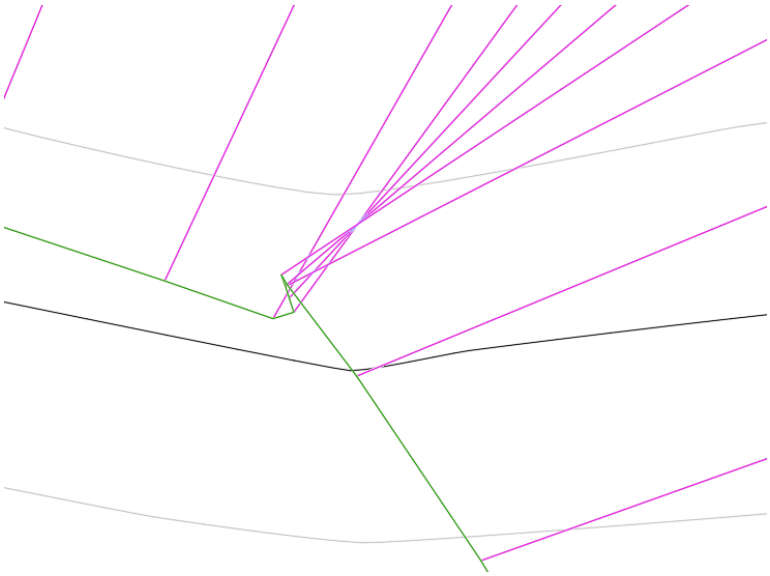
A continuación, se presenta una situación en la cual los taludes de una curva se cruzan en la parte interna:

Figura 70 Taludes que se cruzan en una curva



Fuente: Elaboración propia

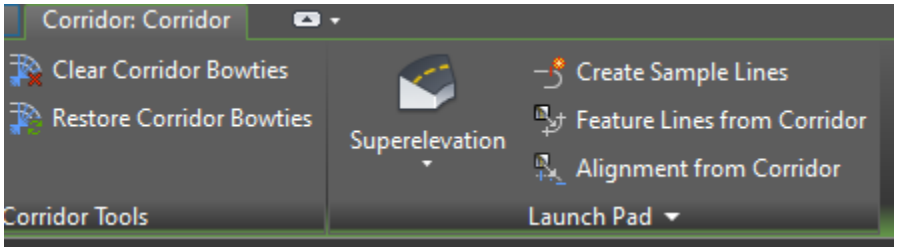
Figura 71 Zoom al error de taludes cruzados



Fuente: Elaboración propia

Para solucionar este error, lo primero que hay que hacer es extraer la feature line o línea característica desde el corredor, seleccionándolo y en la pestaña Corridor elegir la opción Feature Lines from Corridor.

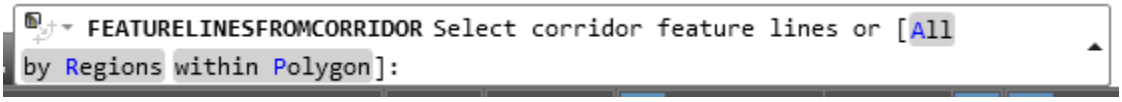
Figura 72 Feature Lines from Corridor



Fuente: Elaboración propia

Al hacer clic en esa opción aparece en la barra de comandos el mensaje de seleccionar los features lines desde el corredor, o seleccionar todos, por regiones, o que estén en polígonos.

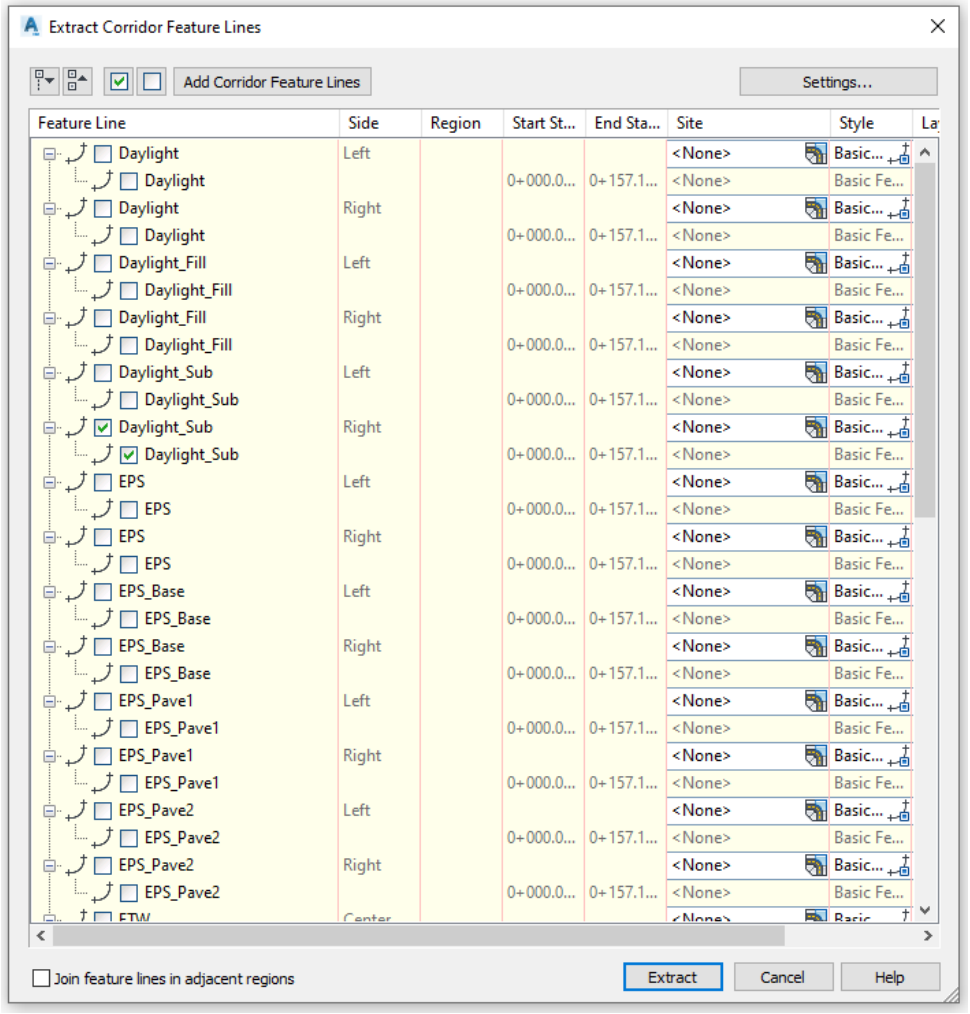
Figura 73 Mensaje en la barra de comandos de Feature Line from Corridor



Fuente: Elaboración propia

Escogiendo All, se abre el cuadro de dialogo Extract Corridor Feature Lines, donde aparecen todas las opciones posibles, tales como Daylight, Daylight Sub, Lane, EPS, ETW, entre otras. Hay que desmarcar todas las opciones menos Daylight Sub del lado derecho, y hacer clic en extraer. Por defecto, la feature line no queda ubicada en ningún Site, en pasos posteriores se incluirá en un Site que se creará.

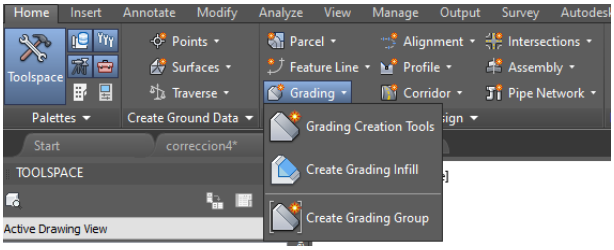
Figura 74 Cuadro de diálogo Extract Corridor Feature Lines



Fuente: Elaboración propia

En el panel Create Design de la pestaña Home, se encuentra Grading, al hacer clic en el menú desplegable, escoger Grading Creation Tools.

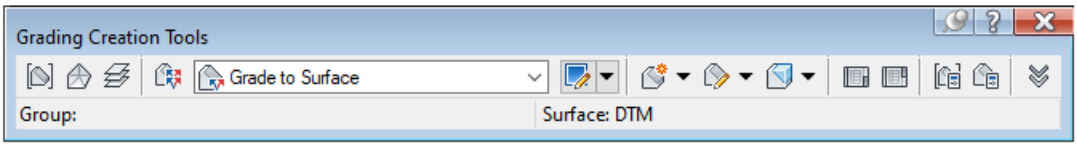
Figura 75 Grading en el panel Create Design



Fuente: Elaboración propia

En el cuadro de diálogo de Grading Creation Tools, la primera opción de izquierda a derecha es para crear un nuevo grupo, el cual creará a su vez un Site, que por defecto se denominará Site 1.

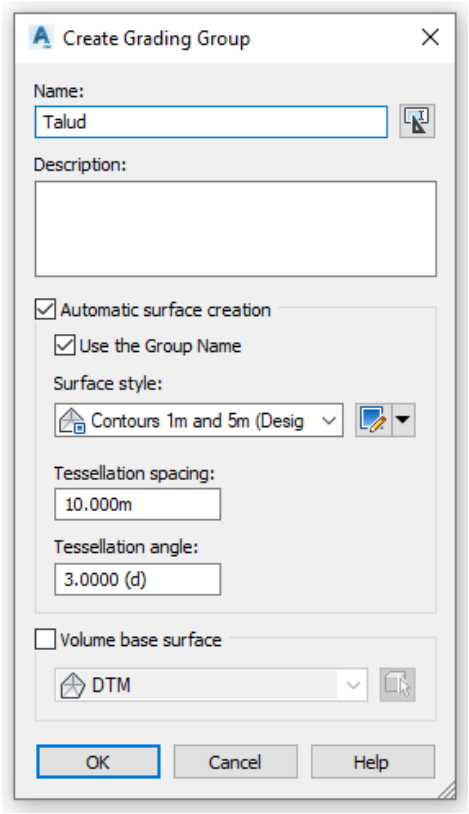
Figura 76 Cuadro de diálogo de Grading Creation Tools



Fuente: Elaboración propia

Se nombra el nuevo grupo como Talud, se activa la opción de crear automáticamente la superficie, y se da clic en OK. La configuración del cuadro de diálogo de muestra en la Figura 77.

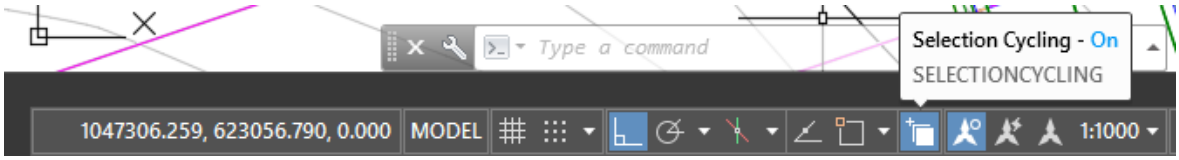
Figura 77 Cuadro de diálogo Create Grading Group



Fuente: Elaboración propia

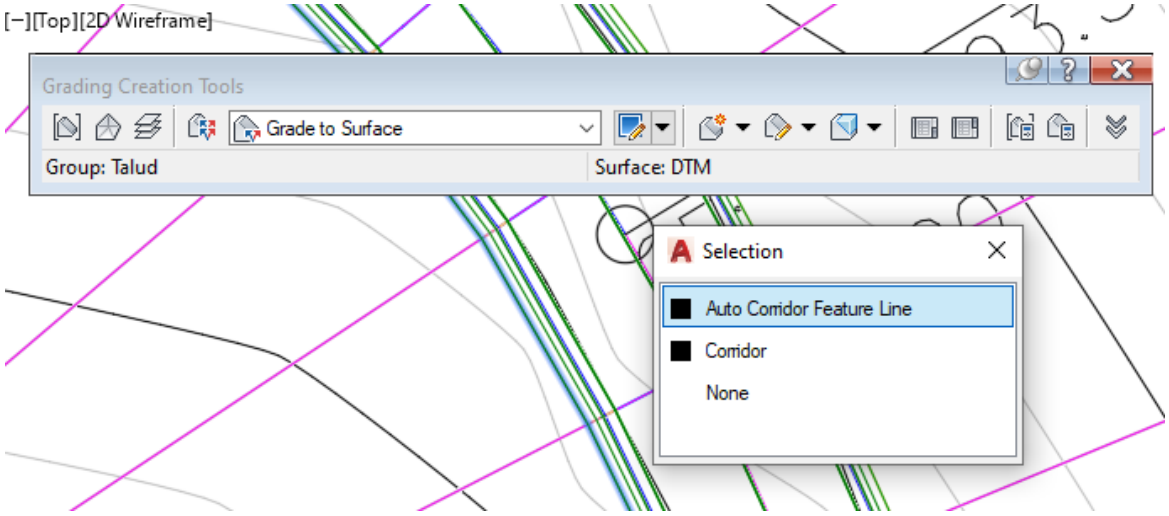
Para el siguiente paso es importante tener activado el ciclo de selección o Selection Cycling, para poder seleccionar la feature line extraída, ya que esta se encuentra en el mismo lugar que el corredor. Se puede activar y desactivar en la barra de estado.

Figura 78 Selection Cycling



Fuente: Elaboración propia

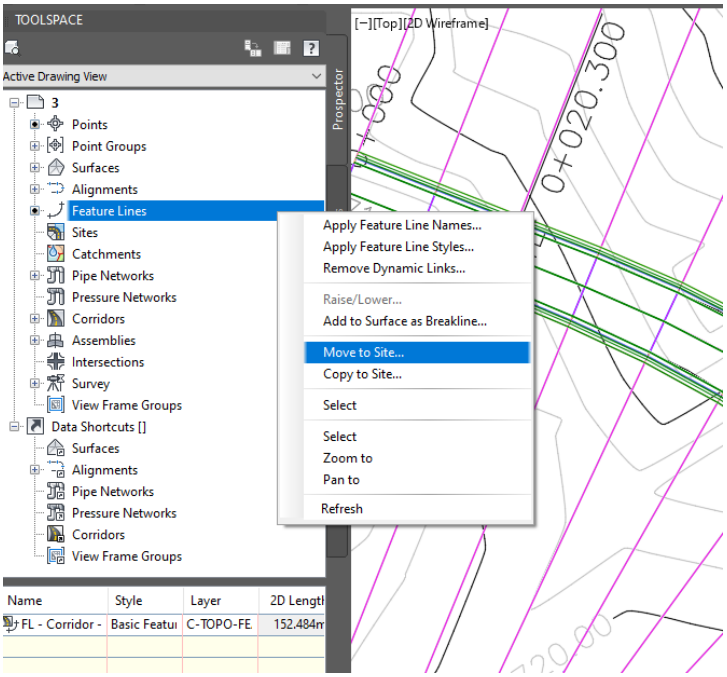
Figura 79 Seleccionar Feature Line extraída usando el ciclo de selección



Fuente: Elaboración propia

Otra opción de seleccionar la feature line extraída, es dirigiéndose a Tool Space, pestaña Prospector, y buscar la Feature Line, la cual para ese momento no se encuentra en un ningún Site. Figura 80.

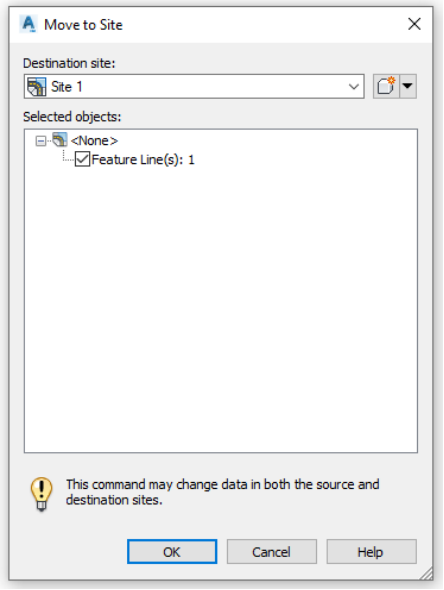
Figura 80 Ubicación en la pestaña Prospector de la Feature Line extraída



Fuente: Elaboración propia

Después de seleccionarla o ubicarla en la pestaña Prospector, hay que hacer clic derecho, Move to Site, y moverla al mismo Site donde se encuentra el grupo Grading creado anteriormente.

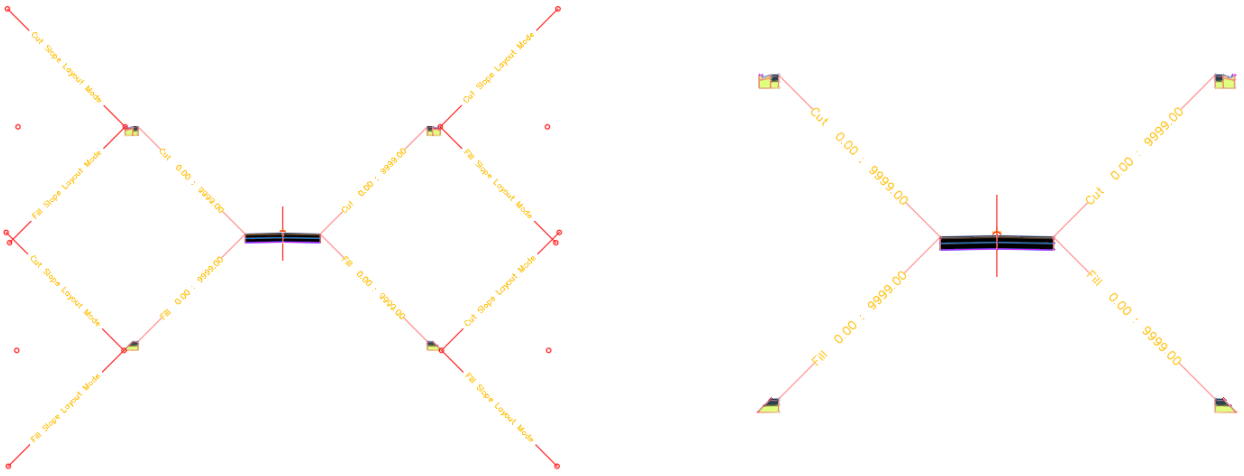
Figura 81 Mover la Feature Line al mismo Site del grupo Grading Talud



Fuente: Elaboración propia

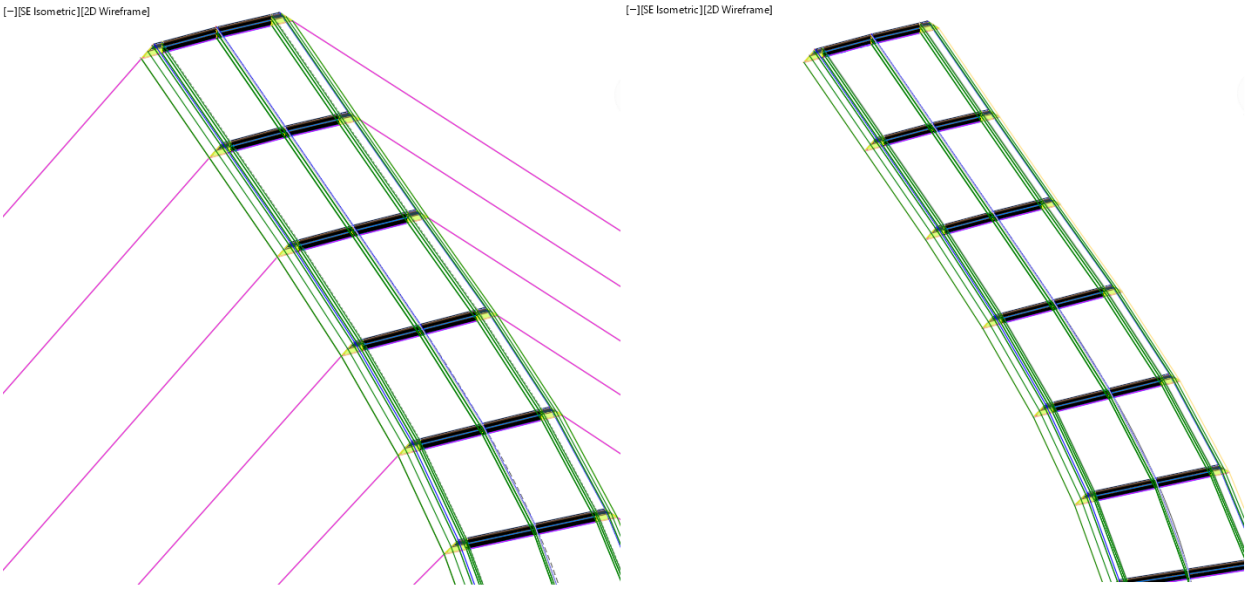
El siguiente paso es quitarle los taludes al Assembly asociado al corredor. En la Figura 82 se observa al costado izquierdo con taludes, y al costado derecho sin ellos.

Figura 82 Sección transversal con taludes y sin ellos



Fuente: Elaboración propia

Figura 83 Vista isométrica del corredor antes y después de quitar los taludes



Fuente: Elaboración propia

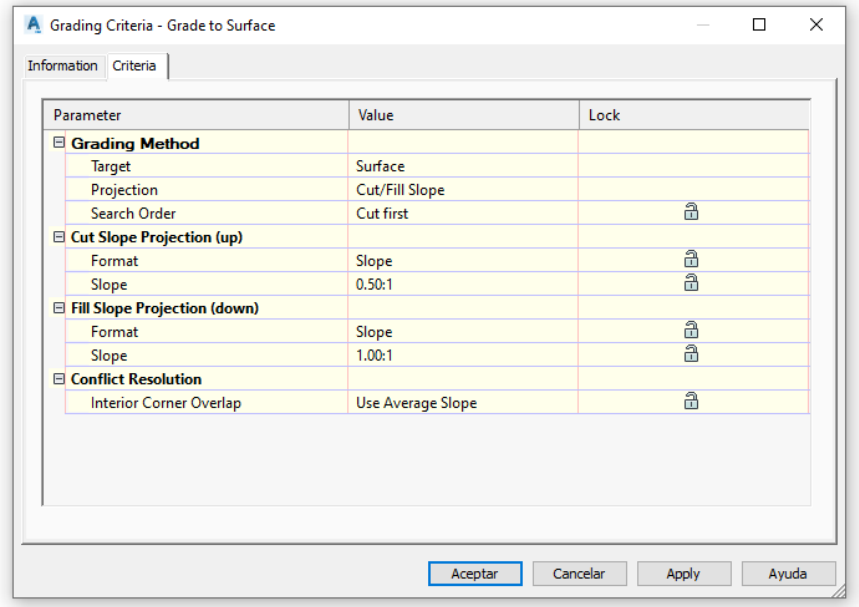
Con la feature line extraída, el grading group creado, los taludes eliminados de la sección transversal, y completada la verificación de no haber eliminado nada más desde la vista isométrica, hay que dirigirse nuevamente a las herramientas de creación de explanación o Grading Creation Tools, seleccionar Grading to Surface y editar la selección actual, donde se establecen los valores de corte y relleno.

Figura 84 Grade to Surface



Fuente: Elaboración propia

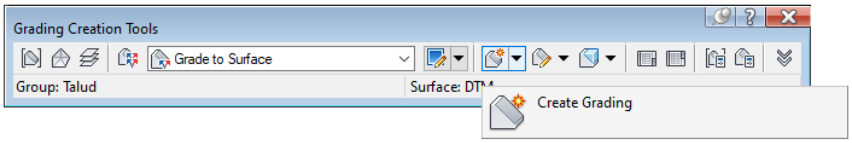
Figura 85 Cuadro de diálogo Grading Criteria - Grade to Surface



Fuente: Elaboración propia

Configurado el cuadro de diálogo Grading Criteria – Grade to Surface con los taludes según los subassembly creados en la sección transversal, hacer clic en Aceptar, para posteriormente seleccionar el icono de Create Grading.

Figura 86 Create Grading

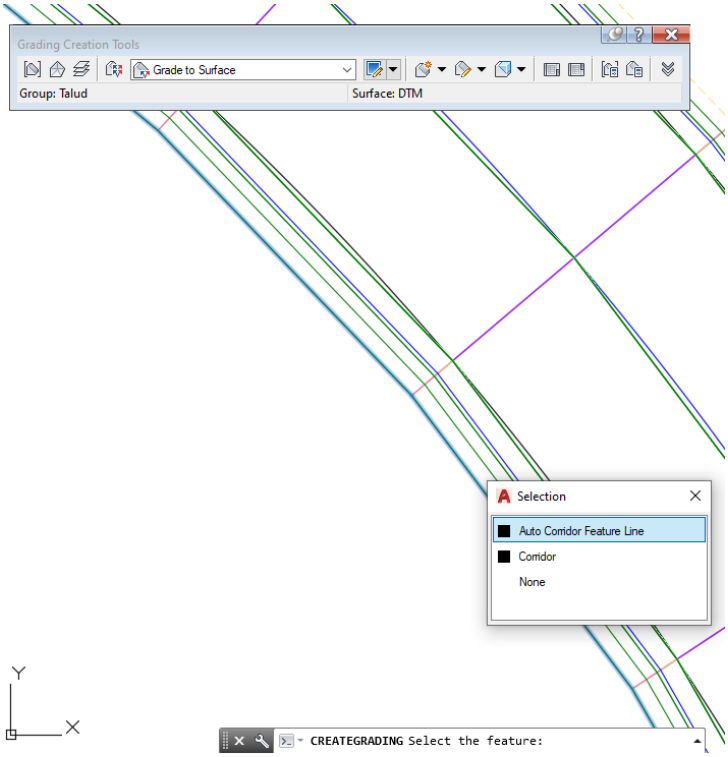


Fuente: Elaboración propia

En el cuadro de dialogo se puede observar que el software pide seleccionar la entidad, es decir, la feature line. Figura 87.

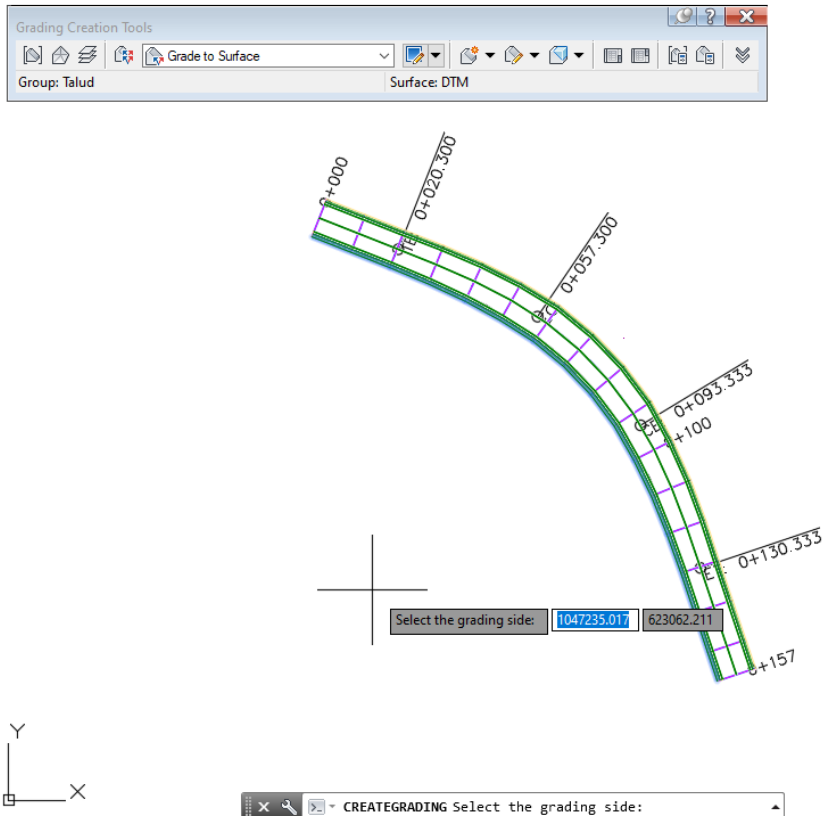
Posteriormente, hay que indicar el lado en el cual se creará el grading, que para este caso es el lado interior de la curva. Figura 88.

Figura 87 Seleccionar la entidad para crear el grading



Fuente: Elaboración propia

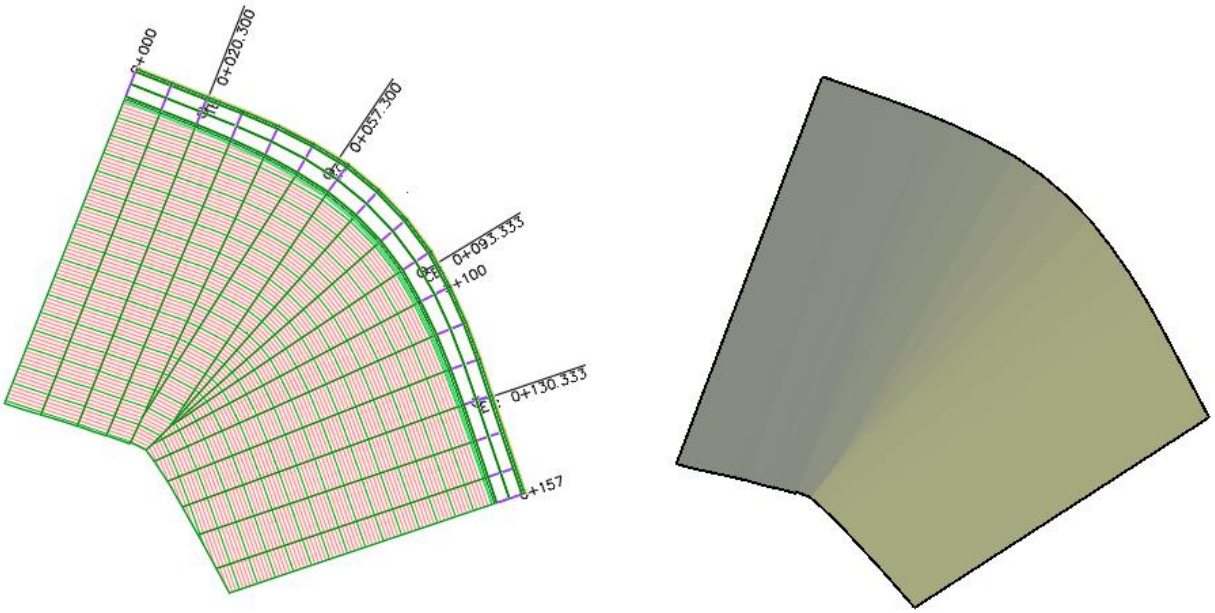
Figura 88 Indicar el sitio en donde se creará el grading



Fuente: Elaboración propia

El software pregunta si aplicar en toda la longitud, se selecciona Sí, y finalmente los formatos de corte y relleno, donde se seleccionará Slope para ambos casos, los valores ya están configurados así que se oprime Enter. En la Figura 89 se muestra el resultado, donde los taludes ya no se cruzan y la superficie es generada correctamente.

Figura 89 Taludes y superficie generados a partir de Feature Line y Grading



Fuente: Elaboración propia

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La herramienta Parcel puede aplicarse correctamente en una de las fases más importantes del diseño de un alcantarillado, como lo es la determinación de las áreas de drenaje aferentes a los colectores, gracias a las múltiples alternativas que posee para subdividir el terreno, y que, combinada con alineamientos, se convierte en una herramienta más poderosa aun para tal fin, aminorando el tiempo empleado.

Entre los 3 métodos que ofrece la herramienta Traverse para el ajuste de una poligonal cerrada, no se presenta una diferencia muy amplia de los valores de entrada de Este, Norte, y distancia de cada línea, comparados con los valores después de ajustar, estando la diferencia entre 1 milímetro y 3 milímetros, por lo que escoger un método u otro, no tendrá mayor impacto; pero si se comparan con el método de mínimos cuadrados que ofrece la herramienta Mapcheck, la disimilitud de las coordenadas puede ascender incluso a los 24 milímetros en algunos vértices, y la diferencia en distancia de cada línea según los valores antes y después de ajustar es menor, por lo cual es más apropiado acudir a este método por medio de Mapcheck. Se recomienda que se realicen más estudios y cálculos de esta índole para ratificar esta información.

Las Feature Lines extraídas del corredor son idóneas para ser la base de la creación y el diseño de explanaciones mediante la herramienta Grading, la cual permite elaborar de manera rápida y eficiente taludes según criterios especificados, así como generar superficies de manera automática, esto con el fin de solventar el cruce de taludes en el interior de una curva, el cual se puede presentar por excavaciones o por vías con un talud muy grande.

El concepto de Site en Civil 3D resulta fundamental, ya que gracias a él se puede lograr una interacción entre los distintos objetos de un proyecto, como Parcelas y Alineamientos, Grading

y Feature Line, siempre y cuando se encuentren en el mismo Site, potenciando de esta manera la tarea específica que se encuentre desarrollando el diseñador.

REFERENCIAS

Autodesk Knowledge Network. (2009). *Acerca de explanaciones*. Recuperado de: https://autode.sk/31B06Wi

Autodesk Knowledge Network. (2009). *Acerca de los emplazamientos*. Recuperado de: https://autode.sk/2Z1N5DD

Autodesk Knowledge Network. (2009). *Acerca de las líneas características.* Recuperado de: https://autode.sk/31GC38e

Botía, C., Rincón, M. & Vargas, W. (2011). *Altimetría*. Bogotá, Colombia: Editorial UD.

Botía Flechas et al. (2014). *Topografía aplicada para ingenieros.* Bogotá, Colombia: Editorial UD.

Chappell, E. (2011). *AutoCAD® Civil 3D® 2012 ESSENTIALS.* Estados Unidos: ASCENT Center for Technical Knowledge®. SDC PUBLICATIONS.

Cipriano, L. (2013). *Análisis comparativo y propuesta de diseños de caminos rurales utilizando métodos informáticos* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Gamboa, J. (2008). *Manual de Autocad aplicado a topografía* (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

Graham, R. & Holland, L. (2011*). Mastering AutoCAD® Civil 3D® 2012.* New York, Estados Unidos: Autodesk® Official Training Guide. Wiley Publishing, Inc.

Holland, L., Davenport, C. & Chappel, E. (2013). *Mastering AutoCAD® Civil 3D® 2014*. [Dominar AutoCAD® Civil 3D® 2014]. Indianápolis, Indiana: Autodesk® Official Press. John Wiley & Sons, Inc.

López, R. (1995). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

López, O. & Castellano, A. (2018). Metodología para el cálculo automatizado de las avenidas de diseño en proyectos viales utilizando el software AutoCAD Civil 3D. *Revista Científica de la Universidad Máximo Gómez Báez de Ciego de Ávila*. 7 (3), 205-220.

McEachron, S. & Wedding, J. (2010). *Mastering AutoCAD® Civil 3D® 2011*. Indianápolis, Indiana: Autodesk® Official Training Guide. Wiley Publishing, Inc.

Mehrabian, A. & Ali, T. (2007). A New Dimension to Land Development and Subdivision Design: Application of AutoCAD Civil 3D®. *International Journal of Modern Engineering.* 8 (1), 143-147

Mercier, K. & Holland L. (2012). *Mastering AutoCAD® Civil 3D® 2013.* Indianápolis, Indiana: Autodesk® Official Training Guide. Wiley Publishing, Inc.

Mora, J. (2006). *AutoCAD aplicado a la Topografía*. Valencia, España: Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

Nuñez, C. (2012). *Creación de un tutorial paso a paso de uso académico para el software Autodesk AutoCAD Civil 3D 2012* (Tesis de pregrado). Universidad Pontifica Bolivariana, Bucaramanga, Colombia.

Pantigoso, H. (2010). *AutoCAD Civil 3D 2010*. Lima, Perú: Grupo Editorial Megabyte S.A.C.

Probert, D., Wedding, J., Scacco, M. & Hickey, J. (2007). *Mastering AutoCAD® Civil 3D® 2008*. Indianápolis, Indiana: Wiley Publishing, Inc.

Rincón, M., González, C. & Vargas, W. (2017). *AutoCAD aplicado a Topografía y vías.* Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.

Rincón, M., Vargas, W. & González, C. (2018). *DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS CON CIVIL 3D*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.

Rincón, M., Vargas, W. & González, C. (2015). *Manual de civil 3D aplicado a proyectos viales.* Bogotá, Colombia: Editorial UD.

Rincón, M., Vargas, W. & González, C. (2013). *Planimetría*. Bogotá, Colombia: Editorial UD.

Rodríguez, J. (2019). *Topografía con AutoCAD Civil 3D. Técnicas y herramientas para ingeniería.* Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.

Ugarte, C. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras con AutoCAD Civil 3D.* Lima, Perú: MACRO.

Yáñez, V. (2019). *Aplicación del Software AutoCAD Civil 3D al diseño de un vertedero de residuos inertes en A Rúa* (Tesis de maestría). Universidad de Sevilla, España.