

**FUNCIONES DE SOFTWARE COMERCIAL EN COLOMBIA PARA  
EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS TERRESTRES EN LA  
FORMACIÓN ACADÉMICA DE LA INGENIERÍA CIVIL**

**ATHALA EDELMIRA CABEZAS CABEZAS**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
de Colombia

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ  
2018**

**FUNCIONES DE SOFTWARE COMERCIAL EN COLOMBIA PARA  
EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS TERRESTRES EN LA  
FORMACIÓN ACADÉMICA DE LA INGENIERÍA CIVIL**

**ATHALA EDELMIRA CABEZAS CABEZAS**

**Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Civil**

**ALTERNATIVA  
Trabajo de investigación**

**Director  
HEBERTO RINCON RODRIGUEZ  
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ  
2018**



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**  
Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra  
hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

## PÁGINA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá D.C., Mayo de 2018

## **DEDICATORIA**

Dedicado principalmente a Dios por haberme permitido haber llegado a este punto importante de mi vida. Así mismo, dedico esta tesis a mis padres que con esfuerzo y amor me dieron todo el apoyo moral y económico para poder culminar mi carrera. A mis hermanos y familiares que siempre aportaron su granito de arena para que esto fuera posible.

También quiero dedicar esta tesis a mis profesores, gracias por la ardua labor transmitiéndome sus conocimientos para mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a Dios por darme la vida, fuerza y valentía para no rendirme en los momentos más difíciles. Dedico esta tesis especialmente a mis padres, mi madre YOLANDA CABEZAS y mi padre LUIS ROBERTO CABEZAS y a mis hermanos por el apoyo incondicional cuando más lo necesite que me permite hoy culminar mi carrera universitaria. Agradezco también a todos los amigos, compañeros y familiares que una u otra forma ayudaron para que este sueño fuese una realidad.

También agradezco a mi asesor, el ingeniero HEBERTO RINCON RODRIGUEZ por todo el apoyo, colaboración y asesoría brindada en la elaboración de este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

1.	GENERALIDADES .....	16
1.1.	ANTECEDENTES .....	16
1.2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	19
2.	OBJETIVOS .....	21
2.1.	OBJETIVO GENERAL .....	21
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
3.	JUSTIFICACIÓN .....	22
4.	DELIMITACIÓN .....	25
4.1	Espacio .....	25
4.2	Tiempo .....	25
4.3	Contenido .....	25
4.4	Alcance .....	25
5.	MARCOS DE REFERENCIA .....	26
5.1	MARCO CONCEPTUAL .....	26
5.2	MARCO HISTÓRICO .....	33
5.3	MARCO TEÓRICO .....	34
5.4	MARCO LEGAL .....	35
6.	METODOLOGÍA .....	37
7.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	38
8.	RESULTADOS .....	39
8.1.	IMÁGENES Y AUDIOVISUALES ACERCA DE LAS FUNCIONES DEL SOFTWARE PARA DISEÑO DE VIAS .....	39
9.	FUNCIONES BASICAS DEL SOFTWARE .....	43
9.1.	DATAGEOSIS .....	43

9.1.1.	Topografía.....	43
9.1.2.	Diseño Alineamiento horizontal.....	46
9.1.3.	Diseño Alineamiento vertical.....	48
9.1.4.	Secciones transversales.....	51
9.1.5.	Cálculo de Volúmenes.....	52
9.2.	MTD.....	53
9.2.1.	Topografía.....	54
9.2.2.	Diseño Alineamiento horizontal.....	56
9.2.3.	Diseño Alineamiento vertical.....	57
9.2.4.	Secciones transversales.....	59
9.2.5.	Cálculo de Volúmenes.....	61
9.3.	AUTOCAD CIVIL 3D.....	63
9.3.1.	Topografía.....	63
9.3.2.	Diseño Alineamiento horizontal.....	65
9.3.3.	Diseño Alineamiento vertical.....	65
9.3.4.	Secciones transversales.....	67
9.3.5.	Cálculo de Volúmenes.....	68
9.4.	PROTOPO.....	68
9.4.1.	Topografía.....	68
9.4.2.	Diseño Alineamiento horizontal.....	71
9.4.3.	Diseño Alineamiento vertical.....	72
9.4.4.	Secciones transversales.....	73
9.4.5.	Cálculo de Volúmenes.....	73
9.5.	EAGLE POINT.....	76

9.5.1.	Topografía.....	76
9.5.2.	Alineamiento horizontal, alineamiento vertical, secciones.....	78
9.5.3.	Diseño Alineamiento horizontal.....	78
9.5.4.	Diseño Alineamiento vertical.....	79
9.5.5.	Secciones transversales.....	79
9.6.	VIAS.....	80
9.6.1.	Definición de especificaciones.....	80
9.6.2.	Diseño Alineamiento horizontal.....	81
9.6.3.	Diseño Alineamiento vertical.....	82
9.6.4.	Secciones transversales y volumen.....	83
10.	PLAN DE ASIGNATURA DE PROYECTO DE CARRETERAS.....	83
10.1.	ICC COLOMBIA, CURSO DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS.....	84
10.2.	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.....	85
10.3.	UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.....	86
10.4.	UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ.....	87
10.5.	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA.....	88
10.6.	UNIVERSIDAD DE NARIÑO.....	90
10.7.	TEMAS EN COMUN.....	91
11.	UNA ALTERNATIVA DE GUIA CON LAS FUNCIONES PRINCIPALES PARA LA FORMACION EN EL AREA DE VIAS DE INGENIERIA CIVIL.....	95
12.	CONCLUSIONES.....	100
13.	RECOMENDACIONES.....	101

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Elementos del empalme circular simple .....	26
Figura 2. Dibujo de curva y cuadro de atributos, proceso con Software .....	27
Figura 3. Perfil longitudinal, proceso con Software .....	28
Figura 4. Sección transversal típica básica de una carretera de tipo autopista .....	29
Figura 5. Diseño de curvas verticales, proceso con Software .....	30
Figura 6. Plano de Planta-Perfil, proceso con Software .....	30
Figura 7. Vista dinámica, proceso con Software .....	31
Figura 8. Evolución del software .....	34
Figura 9. Metodología de investigación .....	37
Figura 10. Organización de carpetas .....	40
Figura 11. Carpetas de cada software .....	40
Figura 12. Carpetas DataGeosis .....	41
Figura 13. Carpetas MTD .....	41
Figura 14. Carpetas AutoCad Civil 3D .....	41
Figura 15. Carpetas Protopo .....	42
Figura 16. Carpetas Eagle Point .....	42
Figura 17. Carpetas VIAS .....	43
Figura 18. Configuración de sistema de Georreferenciamento. ....	45
Figura 19. Línea de cero en un plano con curvas de nivel .....	45
Figura 20. Punto de inflexión Horizontal .....	46
Figura 21. Cálculo el radio mínimo .....	47
Figura 22. Selección del tipo de curva para cada PIH .....	47
Figura 23. Curva horizontal, Modificación de coordenadas .....	48

Figura 24. Ventana para definir abscisas.....	49
Figura 25. Creación de perfil .....	49
Figura 26. Creación de perfiles por intervalos.....	50
Figura 27. Configuración, Creación de Secciones transversales.....	51
Figura 28. Sección típica, Secciones transversales .....	52
Figura 29. Volumen con terraplén .....	52
Figura 30. Volumen por superficie.....	53
Figura 31. Versiones del software MTD .....	54
Figura 32. Tabla para importación de puntos .....	54
Figura 33. Menú de importación de puntos.....	55
Figura 34. Líneas de ruptura y bloque en planta (puntos topográficos).....	55
Figura 35. Configuración de eje.....	56
Figura 36. Alineamiento horizontal .....	57
Figura 37. Datos del Alineamiento vertical.....	58
Figura 38. Menú de configuración de perfil longitudinal .....	58
Figura 39. Perfil longitudinal .....	59
Figura 40. Menú perfil transversal .....	60
Figura 41. Secciones transversales en planta.....	60
Figura 42. Visualización de secciones en perfil .....	61
Figura 43. Visualización de Cálculo de volúmenes .....	62
Figura 44. Sección típica en corte.....	62
Figura 45. Menú para importación de puntos .....	64
Figura 46. Visualización de puntos importados.....	64
Figura 47. Alineamiento horizontal .....	65

Figura 48. Alineamiento vertical.....	66
Figura 49. Alineamiento vertical.....	66
Figura 50. Secciones transversales, secciones tipo.....	67
Figura 51. Cálculo de volúmenes .....	68
Figura 52. Visualización de listado de coordenadas .....	69
Figura 53. Curvas de nivel .....	70
Figura 54. Trazado línea de cero.....	70
Figura 55. Menú Alineamiento horizontal.....	71
Figura 56. Alineamiento horizontal .....	71
Figura 57. Menú crear alineamiento vertical.....	72
Figura 58. Visualización de perfil longitudinal.....	72
Figura 59. Secciones transversales en perfil.....	73
Figura 60. Cálculo de volumen .....	74
Figura 61.Revisión de secciones.....	74
Figura 62.Calculo de volumen .....	75
Figura 63. Visualización de volúmenes .....	75
Figura 64. Menú para construir curva de nivel .....	77
Figura 65. Curvas de nivel.....	77
Figura 66. Editando propiedades de la curva .....	78
Figura 67. Menú de para perfil vertical .....	79
Figura 68. Menú de sección trasversal en planta .....	79
Figura 69. Secciones trasversales en planta.....	80
Figura 70. Especificaciones.....	81
Figura 71.Creando curva horizontal .....	82

Figura 72. Visualización de un perfil longitudinal .....	82
Figura 73. Sección tipo.....	83
Figura 74. Carpeta de plan de asignatura.....	83
Figura 75. Plan de estudios ICC.....	84
Figura 76. Plan de estudios Universidad Católica de Colombia.....	85
Figura 77. Plan de estudios Universidad de Antioquia.....	86
Figura 78. Plan de estudios Universidad de Ibagué .....	87
Figura 79. Plan de estudios Universidad Libre.....	88
Figura 80. Plan de estudios Universidad de Nariño .....	90

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Software seleccionados.....	39
Tabla 2 Cuadro comparativo de signatura de vías de cada universidad .....	92
Tabla 2 (continuación) Cuadro comparativo de signatura de vías de cada universidad .....	93
Tabla 2 (continuación) Cuadro comparativo de signatura de vías de cada universidad .....	94
Tabla 3 Guía para consultar tema de interés en manual y video recopilados .....	96
Tabla 3 (continuación) Guía para consultar tema de interés en manual y video recopilados .....	97
Tabla 3 (continuación) Guía para consultar tema de interés en manual y video recopilados .....	98

## **LISTA DE ANEXOS:**

Anexo 1: PROYECTO (DVD)

## **RESUMEN**

Esta investigación tiene como objetivo identificar las funciones más relevantes de algunos softwares comerciales en Colombia para el diseño geométrico de vías, con el fin de mostrar la importancia de incluir estos temas dentro de la enseñanza de la Ingeniería Civil.

La metodología utilizada permitió analizar 6 softwares de uso común en la industria del diseño geométrico de vías. Con ello, se construyó un documento que reúne las funciones más importantes de los programas estudiados. Así mismo, se consolidó un material audiovisual como complemento al proceso de enseñanza y aprendizaje de estas herramientas virtuales.

## INTRODUCCIÓN

Los ingenieros civiles son los encargados de crear infraestructura para la sociedad por medio del diseño, la supervisión y la construcción de carreteras, túneles, presas, puentes y obras civiles, por lo cual deben disponer de muchas destrezas y aprovechar las herramientas que facilite y optimice el proceso de los datos y el logro de los resultados.

Este trabajo tiene como objeto mostrar las utilidades y funciones más relevantes para el diseño geométrico de vías de algunos softwares comerciales en Colombia, a partir de un documento de referencia respecto a las características y usos de cada uno con la intención de que pueda ser consultando por los usuarios docentes y estudiantes del sector académico. Además, también se pretende aportar insumos para la formación académica en el área de vías en ingeniería civil mediante la descripción de las funciones de software para diseño geométrico, ya que en los procesos de formación de la universidad se hace necesario conocer el uso de las herramientas tecnológicas que permita a los estudiantes afianzar los conocimientos y prepararse para el mundo laboral. Para lograr lo antes mencionado, inicialmente se hará una recopilación de información de los softwares comerciales en Colombia con disponibilidad de información (texto imágenes y audiovisuales) para luego caracterizar y analizar sus funciones más relevantes para el diseño geométrico de vías y producir un documento de referencia.

# 1. GENERALIDADES

## 1.1. ANTECEDENTES

Los aportes de los sistemas de última generación para el desarrollo de proyectos de vías, engloba muchas materias de investigación. Para poder reunir todas las tecnologías (equipos y programas), se ha tenido que utilizar a lo largo del tiempo con diferentes herramientas mecánicas, ópticas, electrónicas, análogas, digitales y haber pasado por diferentes etapas de transición tecnológica. Se pasó de trabajar con las reglas de cálculo, ábacos, tablas escritas, instrumentos de dibujo hasta el uso de las computadoras, que migraron del Sistema Operativo DOS a actuales estándares como el del entorno Windows o de software libre, promoviendo una serie de programas para todo uso, no sólo para cálculos sino también para graficar los productos finales. En el contexto actual todavía se utilizan tecnologías mixtas, sin embargo, se realiza un esfuerzo permanente para optimizar los procesos de captura de información de campo, análisis y diseño de forma ordenada y lógica para facilitar y lograr un mejor desarrollo y resultados. En este recorrido, el diseño geométrico de vías dispone actualmente de unas herramientas de software muy flexible y potente, que se puede aplicar en diferentes carreteras en el mundo, y que también cumple con las normas del AASHTO y otras internacionales.

Las aplicaciones de Software de diseño de carreteras actualmente inician con la disponibilidad de una información de la Topografía de la zona que ya ha sido modelada con procesos de edición y algoritmos creando un modelo digital sobre el cual se implanta el diseño que considera la hidrología, la hidráulica, el relieve, y el catastro entre otros aspectos para definir con mucho detalle los diferentes elementos geométricos: eje planimétrico, eje altimétrico, curvas, enlaces, obras de arte, secciones de terreno y de proyecto, cálculo de volúmenes y posibilidades de presentación gráfica CAD con los estándares de cada usuario final.

Actualmente la utilidad de los software de diseño de vías es innegable, los diferentes aspectos de análisis corresponden a la facilidad de acceso y uso, junto a los resultados de la aplicación de criterios y experiencia de los usuarios que además de tener conocimientos ingenieriles fundamentales, pertinentes y actualizados deben tener una lectura amplia de la complejidad que este proceso implica en los diferentes escenarios social, económico y técnico.

A continuación se presenta una descripción de los antecedentes relacionados con el tema central de este estudio.

Existen diversos trabajos documentados de software o aplicativos para el diseño geométrico de vías que pueden servir de fuente de información para completar e interpretar esta tarea, como la investigación “Herramienta software para el diseño asistido de vías” (Villarreal Díaz & Hernández Garces, 2010), el cual presenta referentes para construir una herramienta software que satisfaga las necesidades básicas del diseño vial.

Otro estudio importante es el trabajo “Creación de aplicativos con la plataforma Civil 3D, para el diseño geométrico de vía de cuarta generación” (Cruz, 2014), estos ejemplos de investigaciones muestran la necesidad de indagar cada vez en Colombia más sobre las nuevas alternativas de software para el diseño de una vía.

En el trabajo realizado por Ospina (2008), se muestra el desarrollo de un software llamado VIAS para el diseño geométrico de vías y cálculos topográficos. Permite incluir variables teniendo en cuenta las normas, recomendaciones y condiciones existentes en el medio que se quiera implementar. Posee comandos fáciles de usar, suministra una información clara y de fácil manejo e interpretación, trabaja bajo la plataforma de Autocad, ejecuta de manera completa y precisa cada una de las etapas de un diseño de una carretera. Dentro de las ventajas se destaca el cálculo del alineamiento horizontal utilizando curvas circulares o espirales; cálculo del diseño vertical; cálculo y diseño de manera automática del peralte; obtención de perfiles, secciones transversales; cálculo del movimiento de tierra, entre otras. Los datos se leen en Excel para mayor facilidad en el manejo.

Otra investigación a destacar es la realizada por Altamira, Graffigna y Marcet (2010) en Estados Unidos, en la cual trabajan con una herramienta llamada Sistema EOG05 que permite evaluar el diseño geométrico de un camino utilizando vistas tridimensionales del proyecto, la distancia de visibilidad disponible y el perfil de velocidad de operación estimado basándose en las ecuaciones consideradas por la Federal Highway Administration de los EEUU de Norte América. Dentro de sus funciones se mencionan: la modelación tridimensional del terreno, el trazado de caminos de pendiente constante, el análisis de drenaje de los terrenos, la definición pormenorizada de la planimetría del trazado con múltiples opciones para proyectar y modificar los elementos rectos y curvos que la constituyen, el proyecto de la rasante con una diversas posibilidades para optimizarla, la visualización simultánea de elementos de los trazados horizontal y vertical y de los perfiles transversales correspondientes; entre otras. Una de sus ventajas es la visualización tridimensional y en perspectiva

del camino diseñado.

En el estudio realizado por Romero, Almache, Bayona y Santos (2013), los autores utilizaron el software CivilCad para calcular el trazado horizontal y vertical de una carretera en Guayaquil, Ecuador, teniendo en cuenta los parámetros geométricos. El objetivo principal fue obtener el diagrama de masas, el cual es una representación gráfica de los volúmenes de tierra para determinar la mejor forma de distribuir los cortes y rellenos. Como resultados se pudieron apreciar con mayor exactitud las cantidades de corte y terraplén.

Además el desarrollo de un sistema eficaz de transporte por carretera es la necesidad principal de cualquier país en desarrollo y en vía de desarrollo y la mejora del sistema de red vial existente es esencial para los países desarrollados ya que la capacidad de las carreteras urbanas y no urbanas alcanzará el nivel de saturación con el paso del tiempo. Por lo tanto, el desarrollo de carreteras necesita un método de planificación adecuado. En el artículo de Kumar habla sobre el uso del software Civil 3D, el software 3D que ahora se utiliza comúnmente, se ha utilizado para el diseño geométrico y el diseño de drenaje. (Kumar, 2017) Además Cuando se ha realizado manualmente, el diseño geométrico es muy engorroso, lleva mucho tiempo y es muy susceptible a errores muy costosos. Las tendencias actuales están orientadas hacia el uso de programas de computadora para el diseño de geometría de carreteras. Los programas ofrecen una precisión increíble y ahorran mucho tiempo y esfuerzo. El artículo Geometric Design of a Highway Using Autocad Civil 3d (Diseño geométrico de una autopista usando Autocad Civil 3d) presenta un diseño geométrico completo de una carretera típica utilizando el software AutoCAD Civil 3D. El objetivo del proyecto fue demostrar cómo el diseño geométrico de las carreteras se puede realizar en muy poco tiempo con mucha facilidad y precisión (Raji, Zava, Jirgba, & Osunkunle, 2017). También el uso de software puede ayudar a encontrar soluciones eficaces a problemas de diseño en terrenos montañosos como como lo explica el artículo, A Case of Road Design in Mountainous Terrain with an Evaluation of Heavy Vehicles Performance (Un caso de diseño de carreteras en terreno montañoso con una evaluación del rendimiento de vehículos pesados)(Srnová, 2017).

## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad se cuenta con una oferta de software que sirve como herramienta complementaria o integral para el diseño geométrico de vías, si bien los software cuentan con un manual instrucciones y además documentos de guía para realizar el diseño vial, se hace necesario investigar sobre algunos software de fácil adquisición en Colombia, que estén disponibles en español y de fácil manejabilidad para luego caracterizar sus funciones más relevantes en el diseño geométrico de vías y que sirvan como documento para los usuarios en la labor de formación académica.

Aunque si es evidente la evolución que han tenido los software, se puede decir que algunos de los países llamados “subdesarrollados”, no cuentan con buena infraestructura vial ya sea por problemas socio políticos, o por malos diseños geométricos y/o del pavimento. Colombia esta, entre los países con peores carreteras de Latinoamérica. “Según el análisis del BM, Colombia, con un puntaje de 2,64, siendo 5 el máximo, está más cerca de Haití (2,27), el peor calificado de Latinoamérica, que de Chile (3,26), el mejor, que incluso supera a países europeos como Grecia (3,20)...” (ESPECTADOR, 2017). La destinación de recursos económicos para las obras viales no es el único factor que incide en la calidad de este tipo de infraestructura; la situación geográfica complica, la corrupción y otro factor que puede incidir en estos resultados son los diseños deficientes y la planificación de las obras, por eso se plantea aquí la necesidad de hacer un documento de referencia respecto a las funciones más relevantes de cada software con la intención de que sea consultando por los usuarios docentes y estudiantes del sector académico para que ayude a su formación académica con el fin de formar profesionales capaces de aumentar sus habilidades y destrezas con el uso de las herramientas tecnológicas.

Otra parte de la problemática a destacar es que dentro de los planes de estudios de las asignaturas enfocadas al diseño de vías, muy pocas universidades incluyen la utilización de software. Algunas como la Escuela Colombiana de Ingeniería julio Garavito, la Universidad EAFIT de Medellín, la Universidad Libre de Pereira y la Universidad de Nariño incluyen dentro de sus temáticas el manejo de algún software. Sin embargo, este número es aún pequeño si se tiene en cuenta que en Colombia hay alrededor de 20 universidades acreditadas para el estudio de la ingeniería civil (Shutterstock, 2017). La Universidad Católica de Colombia no incluye específicamente la formación con algún software dentro de las temáticas del plan de estudio de la asignatura proyecto de carreteras. A nivel laboral, esto se convierte en

una dificultad para el profesional ya que actualmente las empresas enfocadas al diseño de vías utilizan las herramientas computacionales para el diseño y desarrollo de sus proyectos. Por lo tanto, el recién graduado muchas veces puede ser rechazado por no cumplir con las competencias necesarias para ejercer a cabalidad un trabajo (Muñoz, 2015).

La siguiente pregunta fundamenta el planteamiento:

¿Qué funciones son más relevantes para la formación académica en diseño de vías con software comercial en Colombia?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Identificar las funciones más relevantes de algunos software comerciales en Colombia para el diseño geométrico de vías.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar la información escrita y audiovisual de las funciones más relevantes del software seleccionado.
- Crear un documento guía como alternativa adicional para la formación académica en el área de vías en Ingeniería Civil mediante la descripción de las funciones de software para diseño geométrico de vías.
- Determinar las funciones más relevantes de algunos software comerciales en Colombia para el diseño geométrico de vías.

### 3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad en las empresas del sector de la ingeniería civil, para sus diseños buscan herramientas y métodos eficaces, allí radica la importancia de la formación académica en el manejo de software para diseño geométrico de vías.

Según (Ospina, 2008) para la elaboración del software VIAS se ha trazado un objetivo general que es el “Desarrollo de un software para diseño geométrico de vías y cálculos topográficos teniendo en cuenta las normas, recomendaciones y condiciones existentes en el medio que se quiera implementar y que sea de fácil uso tanto para el área profesional como académica”.

En la actualidad, el software tiene un papel dual. Es un producto y al mismo tiempo es el vehículo para entregar un producto, el software es un transformador de información —produce, administra, adquiere, modifica, despliega o transmite información que puede ser tan simple como un solo bit o tan compleja como una presentación con multimedios generada a partir de datos obtenidos de decenas de fuentes independientes (Pressman, 2010).

El diseño geométrico es quizás la parte más importante del proyecto de una carretera. Este proceso define la configuración geométrica a partir de una serie de condicionantes previos, con el ánimo de alcanzar los siguientes objetivos: funcionalidad, seguridad, comodidad, integración ambiental, armonía o estética, economía y elasticidad. Siendo la carretera una realidad tridimensional, no siempre se percibe de esa manera. El proceso de diseño tradicional consiste en centrarse sobre cada una de sus partes o proyecciones (planta, alzado y sección transversal), analizando el cumplimiento de la normativa y el conjunto de criterios u objetivos, como lo menciona (García, Camacho, Pérez, & Tsui, 2013) para el caso de España. Sin embargo, estos métodos tradicionales no dan la posibilidad de satisfacer la totalidad de los mismos ni de medir su grado de cumplimiento, ya que los procesos tradicionales parten de una serie de condiciones previas para definir la configuración geométrica definitiva para satisfacer la funcionalidad, seguridad, comodidad, integración ambiental, armonía o estética, economía y elasticidad. Esto ha llevado a la utilización de herramientas computacionales que permitan tener en cuenta todos estos factores.

Otro factor importante es la necesidad de incluir dentro de los currículos académicos el manejo de plataformas computacionales como apoyo en la labor del ingeniero para complementar las

competencias exigidas en el mundo laboral. Cada vez son más los ingenieros civiles que se gradúan, por lo tanto se hace necesario formar de la mejor manera, profesionales aptos para desenvolverse en el ámbito laboral.

Este trabajo de investigación tiene como objetivo caracterizar las funciones más relevantes de los software comerciales en Colombia y es de importancia porque brinda un acercamiento preliminar básico de las herramientas que ofrecen los software a estudiantes de ingeniería civil y carreras afines para el diseño geométrico de vías, frente a la necesidad de formar ingenieros que tengan habilidades para diseñar y construir carreteras utilizando la tecnología para optimizar los resultados.

Siendo el software una herramienta fundamental para el diseño de vías y un instrumento necesario para el desempeño del ingeniero civil en el mundo laboral, en este trabajo se investigara sobre la información de software comercial en Colombia con programas que ayuden a diseñar, calcular y dibujar el alineamiento horizontal de una vía teniendo en cuenta los diferentes tipos de curvas y controlando las especificaciones mínimas requeridas definidas principalmente por la velocidad de diseño, que permitan:

1. Crear Superficies: Curvas de Nivel,
2. Importar puntos para la selección o visualización de la ruta,
3. Crear Alineamiento Horizontal,
4. Diseñar, calcular y dibujar el peralte de una vía a partir del diseño horizontal teniendo en cuenta las especificaciones y el tipo de curva utilizado,
5. Trazo de Rasante en Alineamiento Vertical,
6. Insertar Cuadros de elementos de Curvas, Insertar Perfil Longitudinal ó Alineamiento Vertical,
7. Insertar Sección Transversal,
8. Visualización del Reporte Movimiento de Tierra,
9. Generar el movimiento de tierra de una carretera de modo que se obtenga toda la información necesaria, tanto para el presupuesto como para la construcción de la misma, a partir de los diseños horizontal, vertical y transversal.
10. Generar los planos de Planta – Perfil de una vía, necesarios para su construcción, de una manera ágil y clara y que cumplan con los requerimientos de las entidades oficiales”. (Ospina, 2008),
11. Recorrido Virtual de la Vía. Etc. (Novoa, 2016).

Debido a lo mencionado anteriormente en torno a la diligencia de incluir en la formación de ingenieros civiles el manejo de software que facilite los cálculos del diseño geométrico de vías, surge la necesidad de construir una propuesta para identificar las funciones más relevantes de algunos softwares comerciales en Colombia para el diseño geométrico de vías, con el fin de que los futuros profesionales dispongan de todas las competencias necesarias para su eficiencia en el ámbito laboral.

Por medio de esta investigación se busca contribuir y dar solución a la problemática sobre la poca relevancia que se le ha dado a la enseñanza de las herramientas computacionales desde la escuela universitaria. Así mismo, este proyecto beneficiará a la academia ya que permite evidenciar la necesidad de incluir dentro de los planes de estudio la enseñanza del software, logrando que los futuros profesionales del área salgan mejor preparados para afrontar lo que el mundo laboral les demanda. De la misma manera, este proyecto beneficia a la industria ya que entre más preparados estén los ingenieros civiles a la hora de ejercer, más competentes serán y podrán ejercer su labor con mayores posibilidades de producción eficiente, menores tiempos, mayor control y adecuados resultados. De esta forma, no sólo se contribuye a la academia sino a toda la comunidad en general. La creación de mejores vías tiene un impacto social importante ya que promueve el desarrollo y mejora la calidad de vida de los ciudadanos. Para un país es estratégico desarrollar su sistema vial puesto que las vías permiten satisfacer las necesidades básicas de educación, trabajo, alimentación y salud, principales actividades de un país.

Según el artículo ROAD: herramienta de diseño geométrico interactivo para Educación y Entrenamiento en Transporte. Tradicionalmente, los estudiantes de ingeniería de transporte han utilizado técnicas de dibujo de ingeniería para trazar líneas y curvas manualmente sobre los mapas de contorno para el diseño geométrico de carreteras. El proceso de diseño requiere numerosos cálculos de distancia visual de parada, radio mínimo de giro y alineamientos de curva para minimizar el impacto económico y ambiental y los costos de construcción. Los estudiantes generalmente realizan cálculos iterativos para cumplir manualmente los criterios de diseño y las limitaciones ambientales. El enfoque tradicional de aprendizaje del diseño geométrico es engorroso y prolongado, lo que limita a los estudiantes a tomar una perspectiva más amplia del diseño geométrico. (Liao & Levinson, 2013). Por lo cual es de vial tal importancia enfocar el proceso de enseñanza y aprendizaje a la utilización de estas herramientas computacionales.

## **4. DELIMITACIÓN**

### **4.1 Espacio**

La información de las herramientas del software, los manuales y algunos audiovisuales estuvieron determinados por la disponibilidad existente en el sector profesional y académico que facilite el desarrollo de este trabajo.

El espacio físico representado en el CAD donde se visualiza la aplicación de las funciones del software para el diseño de vías, estará definido en los ejemplos según la disponibilidad de los proveedores o usuarios que faciliten el desarrollo de este trabajo.

### **4.2 Tiempo**

El trabajo se desarrolló en un tiempo de 62 días, iniciando el 14 de marzo de 2018 y finalizando 2 de mayo del 2018

### **4.3 Contenido**

Los entregables tendrán la siguiente extensión:

- Trabajo escrito, 80 páginas.
- Artículo, 10 páginas.
- Poster, Una unidad de 70 \* 100 cm a color.

### **4.4 Alcance**

El trabajo se considera como un acercamiento preliminar básico a la herramienta que ofrece el software comercial en Colombia, mostrando sus funciones más relevantes, en el contexto de la formación académica básica en diseño geométrico de vías de la ingeniería civil.

## 5. MARCOS DE REFERENCIA

### 5.1 MARCO CONCEPTUAL

Como referente conceptual se establecen pertinentes e importantes en las referencias del documento, los conceptos relacionados con el diseño geométrico de vías según el INVIAS. (Ministerio de transporte, 2008). Al respecto se menciona aspectos fundamentales a tratar en este trabajo.

Respecto al diseño en planta del eje de la carretera con software, el alineamiento horizontal está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y curvas de grado de curvatura variable que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente. El alineamiento horizontal debe permitir una operación segura y cómoda a la velocidad de diseño. En el alineamiento horizontal, las curvas horizontales son de diferente tipo y tienen empalmes distintos, los cuales se relacionan a continuación siendo parte importante de análisis y determinación con las herramientas y funciones del software.

El empalme circular simple (curva circular simple), para curvas circulares que presentan una curvatura constante, la cual es inversamente proporcional al valor del radio. En el diseño de carreteras corresponde a un elemento geométrico de curvatura rígida con los siguientes puntos y elementos geométricos:

**PI:** Punto de cruce de dos tangentes que forman el empalme.

**PC:** Punto de inicio del empalme.

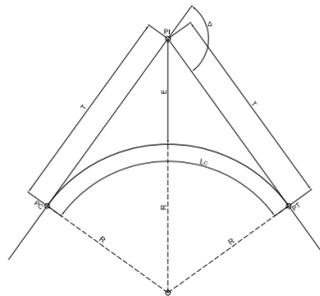
**PT:** Punto final del empalme.

**$\Delta$ :** Ángulo de deflexión en el PI, en grados o radianes.

**R:** Radio del arco circular, en metros. **LC:** Longitud del arco circular, en metros.

**T:** Tangente del empalme, en metros.

Figura 1. Elementos del empalme circular simple



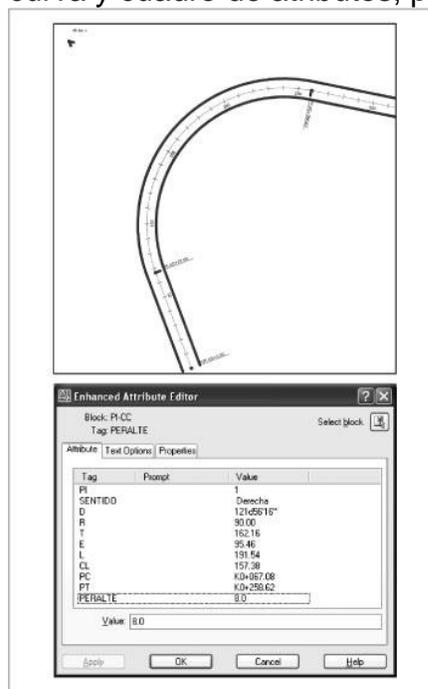
Fuente: (Ospina, 2008)

En una curva espiral o clotoide encontramos un empalme entre una recta y arco circular de radio  $R_c$ . Es el empalme básico para conformar los diferentes tipos de curvas espiralizadas. La espiral es la que tiene más uso en el diseño de carreteras ya que sus bondades con respecto a otros elementos geométricos curvos permiten obtener carreteras cómodas, seguras y estéticas.

El empalme espiral – círculo – espiral, corresponde al empalme de dos líneas rectas con un ángulo de deflexión ( $\Delta$ ) mediante arcos de transición y un arco circular de Radio ( $R_c$ ). Los arcos de transición corresponden a espirales Clotoides que pueden ser de igual o diferente parámetro ( $A$ ), es decir el empalme espiralizado puede ser simétrico de igual parámetro o asimétrico de diferente parámetro  $A_1$  y  $A_2$  para cada espiral.

El empalme espiral – espiral, corresponde al empalme de dos alineamientos rectos mediante dos ramas de espiral con un radio único en el centro, pero sin tramo circular ( $\Delta C = 0$  y  $LC = 0$ ).

Figura 2. Dibujo de curva y cuadro de atributos, proceso con Software



Fuente: (Ospina, 2008)

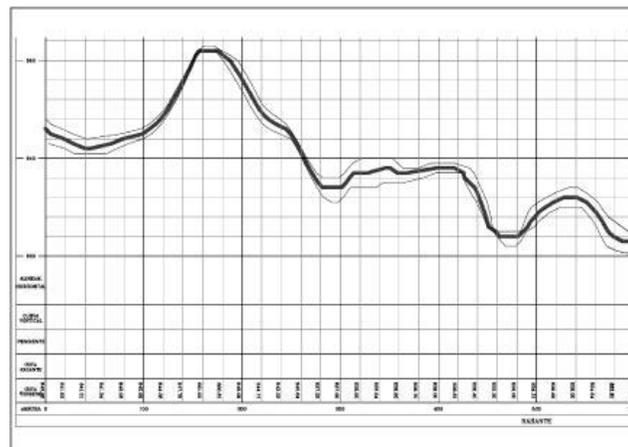
El empalme en “S”. (Espiral – espiral inversa), corresponde al empalme de dos arcos circulares de sentido contrario, mediante dos arcos de transición simétricos de igual parámetro ( $A_1 = A_2$ ) o arcos de transición asimétricos ( $A_1$

≠ A2) unidos por los lados de curvatura igual a cero (0), en un punto común llamado de inflexión; a este tipo de unión se le conoce como empalme en “S”.

El empalme en “C”. (Espiral que une dos círculos de igual sentido), corresponde al empalme de dos arcos circulares de igual sentido y radio diferente  $R1 \neq R2$  unidos mediante un arco de transición de parámetro  $Aei$  y longitud  $Lei$ , la cual está formado teóricamente por dos ramas de espiral  $L1$  y  $L2$  que parten del mismo origen y se cumple que  $Lei = L2 - L1$ . Este tipo de empalme puede ser utilizado en sitios donde es necesario diseñar curvas regresivas o lupas especialmente en curvas ubicadas en los filos o en cañadas y laderas donde es indispensable alcanzar el sobrepaso de una cordillera.

Respecto a la transición del peralte, las longitudes de transición se consideran a partir del punto donde el borde exterior del pavimento comienza a elevarse partiendo de un bombeo normal, hasta el punto donde se forma el peralte total de la curva.

Figura 3. Perfil longitudinal, proceso con Software



Fuente: (Ospina, 2008)

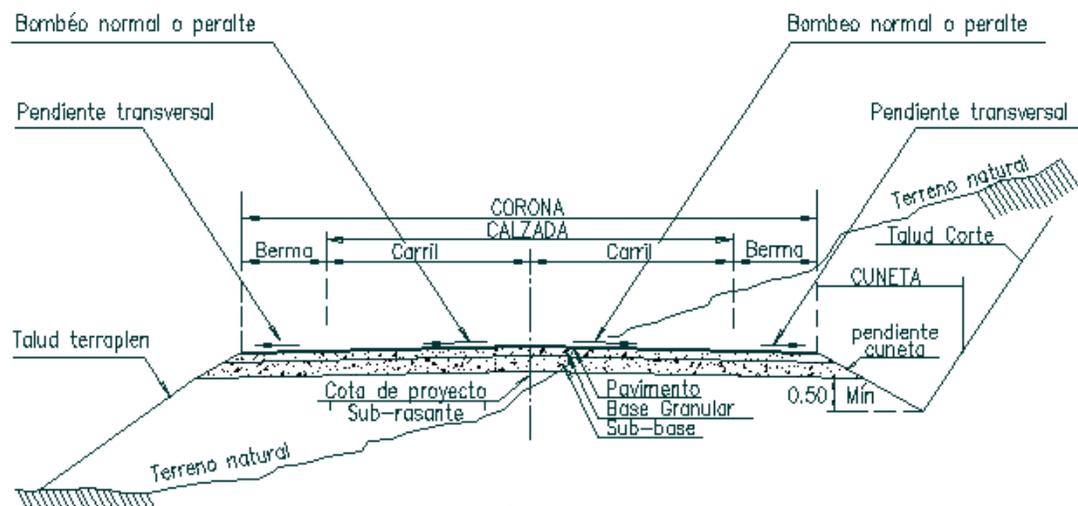
Cuando un vehículo circula por una curva horizontal, a una prudente velocidad según la información y señalización de la vía y según el diseño de la vía, al transitar una curva la experiencia debe ser segura y confortable. Para lograr este fin es necesario recurrir en el diseño a las leyes de la física mediante una ecuación de equilibrio, esta ecuación permite establecer la relación entre la radio (RC) de la curva horizontal, la Velocidad Específica (VCH), el peralte (e) y la fricción transversal (fT). Algunos software permiten lo anterior mediante el diseño de peralte, los programas cuentan con tres comandos para el cálculo del peralte. uno para el cálculo del perímetro de

curvas circulares, otro para curvas espiralizadas y un tercero para el dibujo del diagrama.

El software tiene funciones para el diseño en perfil del eje de la carretera donde el alineamiento vertical está formado por una serie de rectas enlazadas por arcos parabólicos o circulares de gran radio, a los que dichas rectas son tangentes. La inclinación de las tangentes verticales y la longitud de las curvas dependen principalmente de la topografía de la zona, del alineamiento horizontal, de la visibilidad, de la velocidad del proyecto, de los costos de construcción, de los costos de operación, del porcentaje de vehículos pesados y de su rendimiento en los ascensos.

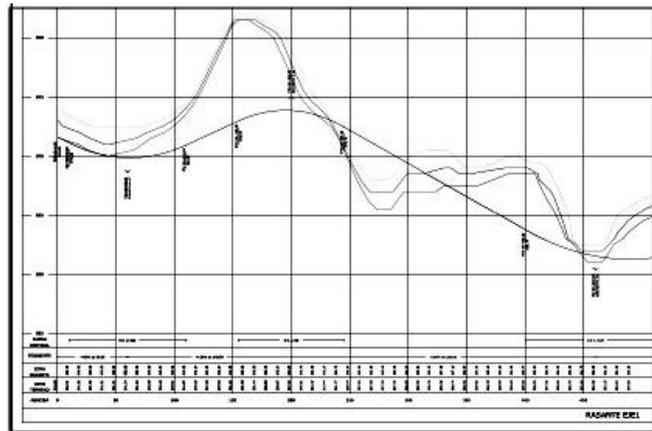
En cuanto al diseño de la sección transversal de la carretera esta describe los elementos de la carretera en un plano normal a su eje Figura 1. Sección transversal típica básica de una carretera de tipo autopista Con el software también se puede hacer los cálculos para los movimientos de tierras en cuanto a volúmenes (corte y relleno de terraplén).

Figura 4. Sección transversal típica básica de una carretera de tipo autopista



Fuente: (Álvarez, 2017)

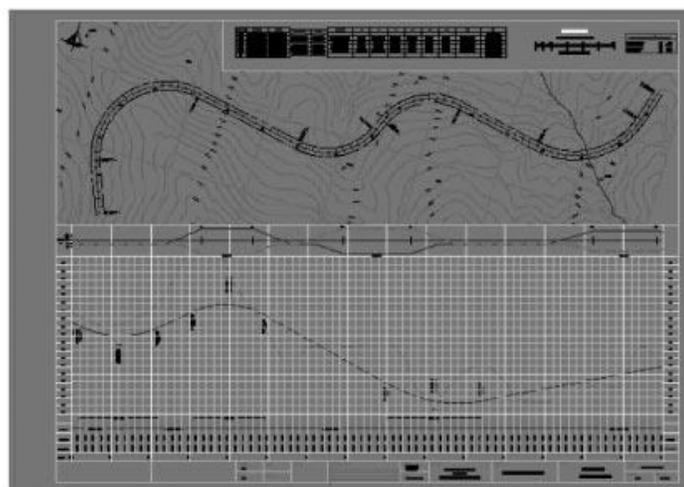
Figura 5. Diseño de curvas verticales, proceso con Software



Fuente: (Ospina, 2008)

Acerca de la tangente vertical, se consideran las pendientes de los alineamientos donde la pendiente mínima longitudinal de la rasante debe garantizar especialmente el escurrimiento fácil de las aguas lluvias en la superficie de rodadura y en las cunetas. La pendiente mínima que garantiza el adecuado funcionamiento de las cunetas debe ser de cero punto cinco por ciento (0.5%) como pendiente mínima deseable y cero punto tres por ciento (0.3%) para diseño en terreno plano o sitios donde no es posible el diseño con la pendiente mínima deseable. En la selección de uno de los dos valores anteriores se debe tener en cuenta el criterio de frecuencia, intensidad de las lluvias y el espaciamiento de las obras de drenaje tales como alcantarillas y aliviaderos.

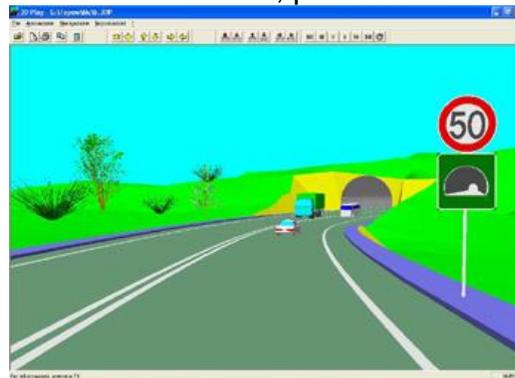
Figura 6. Plano de Planta-Perfil, proceso con Software



Fuente: (Ospina 2008)

La pendiente máxima de una tangente vertical está en relación directa con la velocidad a la que circulan los vehículos, teniendo en dicha velocidad una alta incidencia el tipo de vía que se desea diseñar. Para vías Primarias las pendientes máximas se establecen considerando velocidades altas, entre sesenta y ciento treinta kilómetros por hora (60 - 130 km/h). En las vías Terciarias las pendientes máximas se ajustan a velocidades entre veinte y sesenta kilómetros por hora (20 - 60 km/h), en donde la necesidad de minimizar los movimientos de tierra y superficie de rodadura son las condiciones dominantes.

Figura 7. Vista dinámica, proceso con Software



Fuente: (Carazzai, 2017)

Son los anteriores conceptos asociados al diseño geométrico los asuntos más importantes a analizar mediante las funciones del software con el fin de lograr un documento de referencia como apoyo al usuario docente y o estudiante en formación académica de la Ingeniería Civil.

Se considera pertinente definir y entender lo que significa disponer de un software, a continuación se dará algunas definiciones referentes a software, las generalidades más relevantes.

Para el diseño geométrico de carretera, (Garrillo, 2006), dice que se debe tener en cuenta que con una computadora se puede realizar distintas tareas, ya que no solo se logra introducir datos para procesar, sino también, las instrucciones que indican como se procesan.

Se denomina programa al conjunto de ordenadores de instrucciones que indican a la computadora las operaciones que se deben llevar a cabo para realizar una determinada tarea. Hardware es la parte física del sistema, es decir el conjunto de dispositivos, cables, transistores, etc., que lo conforman. **Software** es la parte lógica, es decir el conjunto de programas.

El software es una herramienta indispensable para el funcionamiento del computador. Está formado por una serie de instrucciones y datos, que permiten aprovechar todos los recursos que el computador tiene, de manera que pueda resolver gran cantidad de problemas. El cual tiene como función; administrar los recursos computacionales, proporcionar las herramientas para optimizar estos recursos, actuar como intermediario entre el usuario y la información almacenada. (Fraba.galeon.com, 2017).

Probablemente la definición más formal de software es la atribuida a la IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), en su estándar 729: la suma total de los programas de cómputo, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados que forman parte de las operaciones de un sistema de cómputo. (Culebro Juarez, Gomez Herrera, & Torres Sanchez, Software libre vs software propietario, 2006).

El **software comercial** puedes ser libre o privado. Si bien en la mayoría de los casos el software comercial disponible en el mercado se corresponde con el software privado, también encontramos casos de software libre comercial como es el caso de GNU que se distribuye de forma libre pero cuenta con soporte y mantenimiento bajo un modelo comercial. (OK HOSTING | Hospedaje Web, Dominios, Desarrollo de Software, Marketing Online, SEO, 2017)

El **software libre** es aquel que puede ser distribuido, modificado, copiado y usado; por lo tanto, debe venir acompañado del código fuente para hacer efectivas las libertades que lo caracterizan. Dentro de software libre hay, a su vez, matices que es necesario tener en cuenta. Por ejemplo, el software de dominio público significa que no está protegido por el copyright, por lo tanto, podrían generarse versiones no libres del mismo, en cambio el software libre protegido con copy left impide a los redistribuidores incluir algún tipo de restricción a las libertades propias del software así concebido, es decir, garantiza que las modificaciones seguirán siendo software libre. El **software no libre** también es llamado software propietario, software privativo, software privado o software con propietario. Se refiere a cualquier programa informático en el que los usuarios tienen limitadas las posibilidades de usarlo, modificarlo o redistribuirlo (con o sin modificaciones), o que su código fuente no está disponible o el acceso a este se encuentra restringido. (Culebro Juarez, Gomez Herrera, & Torres Sanchez, Conceptos fundamentales sobre, 2006).

Estas definiciones nos dan una visión más clara de lo que es un software y para qué sirve, quedando en evidencia que el software para el diseño geométrico de vías, es de mucha utilidad para optimizar resultados al momento de hacer el diseño de carretera.

## 5.2 MARCO HISTÓRICO

Se cree que los primeros caminos fueron rutas de tipo peatonal para la búsqueda de alimentos y desde que los hombres aprendieron a vivir en comunidad y en asentamientos estables los caminos peatonales tuvieron finalidades religiosas, comerciales y de conquista. Con la invención de la rueda aparece la carreta jalada por personas o animales, por ello fue necesario mejorar los caminos. Y conforme a la finalidad de las carreteras, estas fueron cambiando y se hizo importante la búsqueda de materiales y procesos constructivos para obtener una pavimentación y una geometría confortable y duradera. (Velasquez, 2008).

“Los mesopotámicos fueron uno de los primeros constructores de carreteras hacia el año 3500 a.C”, “Le siguieron los chinos, los cuales desarrollaron un sistema de carreteras en torno al siglo XI a.C., y construyeron la Ruta de la Seda (la más larga del mundo) durante 2.000 años; Los incas de Sudamérica construyeron una avanzada red de caminos que no se consideran estrictamente carreteras, ya que la rueda no era conocida por los incas.” (Arqhys.com, 2017).

Los romanos tienen el crédito de haber hecho contribuciones significativas a la ingeniería. Aún existen algunas de las antiguas carreteras. Las más antiguas fueron construidas por los romanos. La vía Apia empezó a construirse alrededor del 312 a.C., y la vía Faminia hacia el 220 a.C (Wright, 2010)

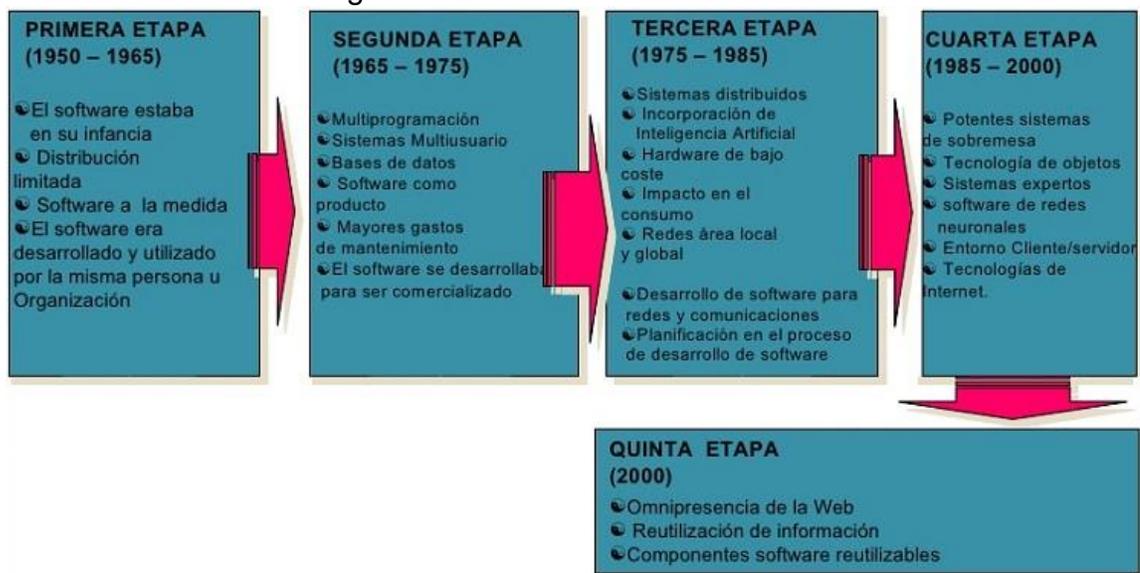
Respecto a la historia del software, se inició hablando de la computadora que es medio por el cual se ejecutan los software y programas, “Las primeras computadoras electrónicas digitales surgen a finales de la segunda guerra mundial, básicamente como calculadoras de alto rendimiento; como consecuencia de esta especialización, la programación tanto de sistemas como de aplicaciones simplemente no existía. En 1951, la aparición de la UNIVAC (Universal Automatic Computer) marca un hito al ser el primer equipo pensado para su venta como una computadora de propósito general (universal); a partir de entonces comienza a tomar fuerza la idea de que una misma computadora pueda realizar tareas totalmente diferentes, únicamente cambiando su secuencia de órdenes (programa). Así van surgiendo los sistemas operativos, los lenguajes de programación y los compiladores, dando origen a la programación de sistemas, en una dinámica que se mantiene hoy en día.” (Vega Alvarado, Toledo Molano, & Molinos Vilchis, 2007).

La primera teoría sobre el software fue propuesta por Alan Turing en su ensayo de 1935 sobre números computables, con una aplicación destinada a la toma de decisiones. El término "software" fue utilizado por primera vez

de forma escrita por John W. Tukey en 1958. (Tiposdesoftware.com, 2017). En la figura 1 .Evolución del software, es un resumen de la evolución que ha tenido la tecnología del software en cinco etapas.

La ingeniería civil está en constante evolución, la informática y los nuevos materiales permiten la innovación de esta disciplina de la ingeniería, y el área de vías no es la excepción con la ayuda de los software para el diseño geométrico de carreteras, se hace posible diseñar y calcular para construcciones de gran envergadura con mejores resultados y de manera vertiginosa que hace unos años o siglos atrás sería imposibles de hacer.

Figura 8. Evolución del software



Fuente: (Tiposdesoftware.com, 2017).

### 5.3 MARCO TEÓRICO

Este trabajo se fundamenta en las ciencias exactas y físicas que dan conceptos y argumentos geométricos, trigonométricos, matemáticos y físicos a la disciplina de estudio de la Ingeniería Civil para realizar un diseño geométrico de vía vehicular mediante fórmulas, procedimientos, algoritmos y análisis realizados con las funciones más relevantes del software.

En este trabajo se recopiló una información de software comercial en Colombia con software que permite diseñar, calcular y dibujar el alineamiento horizontal de una vía vehicular teniendo en cuenta los diferentes tipos de curvas y de modo que se controlen las especificaciones mínimas requeridas

definidas principalmente por la velocidad de diseño.

Se realizó una recopilación de la información existente acerca del diferente software comercial en Colombia que permitió analizar las funciones mencionadas y generar un texto descriptivo con las funciones más relevantes de este software para el diseño geométrico de vía que facilite la formación académica de estudiantes de ingeniería civil.

Se exponen algunos términos y conceptos teóricos generales para poner en contexto y dar solución al problema; Entre algunos software a evaluar e incluir para el diseño vial están Eagle point, Civil Cad, protopo , Mx road diseño de carreteras, DataGeosis, Civil 3D, Cartomap, Strato y VIAS etc., que resulta de gran ayuda al momento del diseño y ejecución de una carretera con el objeto de diseñar el trazado vial según las necesidades y lo que indica las normas de diseños (INVIAS) para el caso de Colombia.

Como un asunto del desarrollo histórico del software en general. “Un factor que ha sido relevante en este desarrollo de tecnologías ha sido el Software, ya que ha facilitado y agilizado varios procesos que ya se manejaban con anterioridad” (Tiposdesoftware.com, 2017). El diseño geométrico de vías es un proceso que se puede hacer manual, sin embargo con los softwares creados para ayudar a este proceso resultan una herramienta vital para optimizar y tener mejor resultados en el diseño.

En la actualidad, el software tiene un papel dual. Es un producto y al mismo tiempo es el vehículo para entregar un producto, el software es un transformador de información, produce, administra, adquiere, modifica, despliega o transmite información que puede ser tan simple como un solo bit o tan compleja como una presentación con multimedios generada a partir de datos obtenidos de decenas de fuentes independientes. (Pressman, 2010).

#### **5.4 MARCO LEGAL**

Algunos de los softwares para el diseño de vías no se rigen completamente bajo las normas INVIAS según el manual para el diseño geométrico de carreteras 2008 que menciona “este es el manual base para el diseño de vías, que presenta los criterios y parámetros para en diseño geométrico basado en la experiencia obtenida en Colombia y otras naciones (Ministerio de transporte, 2008), el INVIAS (entidad a cargo de normativa vigente para diseño geométrico en Colombia). Sin embargo las herramientas informáticas para la generación de diseños de infraestructura vial, se han desarrollado tomando como base la normatividad generada por la AASHTO (Cruz, 2014)

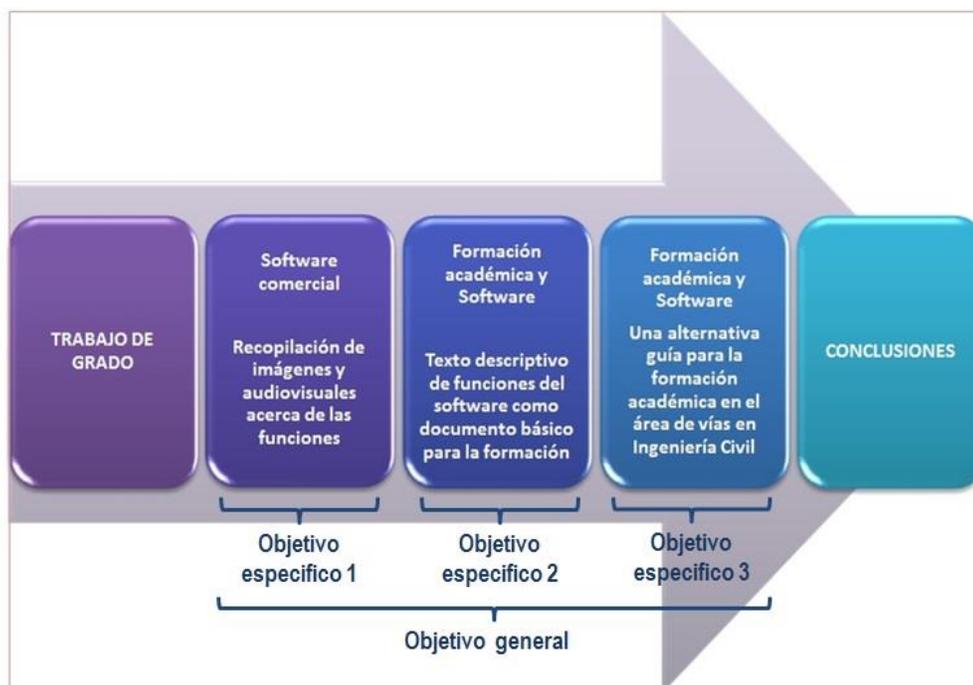
En el caso del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) como un establecimiento público creado por la Alcaldía de Bogotá destinado a desarrollar las obras viales de la ciudad junto con el espacio público y las obras de infraestructura vial, dispone del documento Guías para el diseño de vías urbanas para Bogotá. (Idu.gov.co, 2017) donde menciona que los proyectos de construcción vial deben tener en cuenta las condiciones propias de la dinámica de lugar de ejecución.

Es de importancia conocer sobre normativas que regulan los derechos de autor, el DECRETO NUMERO 1360 DE 23 JUN. 1989 Por el cual se reglamenta la inscripción del soporte lógico (software) en el Registro Nacional del Derecho de Autor. , El decreto numero 1360 es una de ellas ya que como lo indica (IPR helpdesk, 2017) “Con limitadas excepciones, ilícito que un tercero distinto al titular de los derechos ejecute, copie, transforme o distribuya el programa, salvo con previa autorización del titular de los derechos”. También tener se ha de tener en cuenta la licencia de uso de cada software que estas varían según cada propietario. “En la gran mayoría de los casos, el software se entrega con una licencia de uso. Dicha licencia es un contrato entre el productor y el usuario que establece cuáles son los derechos y obligaciones de cada una de las partes. Al instalar, utilizar o copiar un producto de software bajo licencia, el usuario está aceptando las condiciones estipuladas en la misma y queda obligado por los términos de dicho contrato.” ( Brocca & Casamiquela, 2005).

## 6. METODOLOGÍA

La metodología para desarrollar el trabajo de investigación tiene un enfoque cualitativo descriptivo respecto a una aplicación tecnológica de software, se proponen tres fases, que a continuación se describen con sus actividades:

Figura 9. Metodología de investigación



Fuente: Autora

### Fase 1: Software comercial

- Obtención de información de aplicaciones de software comerciales para diseño de vías, existentes y disponibles en Colombia, versión en español. Se buscare información de software como Eagle point, CivilCad, protopo, Mx road diseño de carreteras, DataGeosis, Civil 3D, Cartomap, Strato y VIAS, se establecerán los seleccionados de acuerdo a la información que esté disponible en el mercado.
- Selección de las herramientas software con disponibilidad de manuales y audiovisuales para el usuario.
- Identificación de las etapas de trabajo con cada software.
- Identificación de las funciones más importantes en cada etapa del diseño.
- Descripción de las funciones más relevantes.
- Recopilación de materiales de imágenes y audiovisuales disponibles. acerca de las funciones de los software.

## **Fase 2: Formación académica y Software**

- Información del plan de asignatura de proyecto de carreteras en ingeniería civil, Universidad Católica.
- Análisis de las funciones más relevantes del software para la formación académica en diseño geométrico de vías.
- Elementos de imágenes y audiovisuales de las funciones de los software como documento básico para la formación.
- Texto descriptivo de las funciones del software como documento básico para la formación.
- Una alternativa guía para la formación académica en el área de vías en Ingeniería Civil mediante la descripción de las funciones de software para diseño geométrico de vías.

## **Fase 3 Conclusiones**

### **7. DISEÑO METODOLÓGICO**

Esta investigación reúne tres tipos de estudios: exploratorio, cualitativo y descriptivo. Los estudios de esta investigación se sustentan en la información encontrada en los manuales, los programas de estudios de diferentes instituciones académicas, así como en los estudios realizados por otros autores, tanto a nivel nacional como internacional; identificando, depurando y analizando las características que puedan servir como insumo para la construcción de un documento sobre las funciones de software comercial en Colombia para el diseño geométrico de vías vehiculares terrestres.

Esta investigación se desarrolló en varias etapas. En primer lugar se hizo una revisión de la información actual sobre los softwares existentes. Para la elaboración del proyecto se tuvo en cuenta los diferentes manuales de cada software. Luego se identificaron las diferentes funciones de cada software y se hizo la recopilación de materiales de imágenes y audiovisuales disponibles acerca de las funciones de los softwares.

Con la información recogida en las etapas anteriores, se realizó un texto descriptivo de las funciones del software como documento guía básico para la formación.

Finalmente se revisó la información del plan de asignatura de proyecto de carreteras en ingeniería civil de la Universidad Católica de Colombia para analizar la pertinencia del proyecto.

## 8. RESULTADOS

Con la metodología anterior, se realiza la siguiente documentación y guía para uso de los softwares en el diseño geométrico de vías.

### 8.1. IMÁGENES Y AUDIOVISUALES ACERCA DE LAS FUNCIONES DEL SOFTWARE PARA DISEÑO DE VIAS

Para el desarrollo de esta investigación se seleccionaron seis softwares relacionados con el diseño geométrico de vías. Estas aplicaciones se seleccionaron debido a que son las que actualmente se utilizan en la industria para el modelamiento de carreteras. También se encontró software como Carlson, CartoMap y Strato entre otros que se descartaron, pero falta de información y limitación de tiempo.

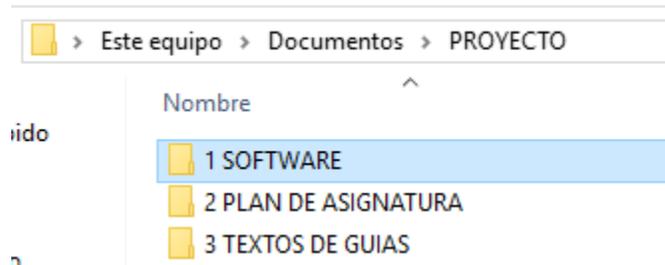
Tabla 1. Software seleccionados

<b>SOFTWARE</b>
DataGeosis.
MTD.
AutoCAD Civil 3D.
Protopo.
Eagle point.
Vias.

Fuente: Autora

Para realizar este trabajo, se realizó una búsqueda de información de datos en manuales y videos que se encuentran relacionados con los software para diseño geométrico de vías. Los archivos se almacenaron en tres (3) carpetas nombradas y adjuntas en medio magnético DVD a este trabajo, visualizadas como se muestra en la siguiente Figura 10.

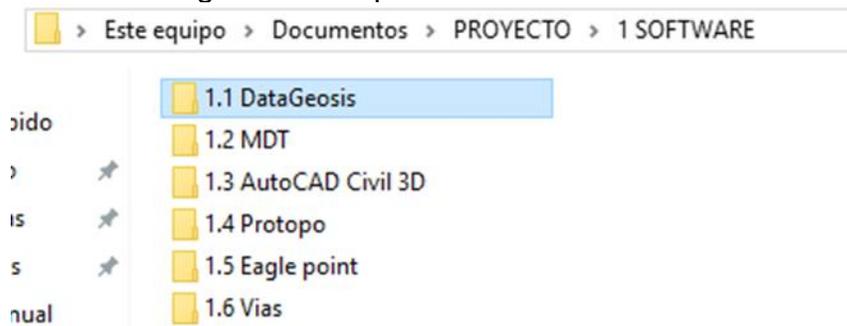
Figura 10. Organización de carpetas



Fuente: Autora

En el DVD en el anexo 1 del proyecto contiene 58 archivos, 24 carpetas contenidas en la carpeta PROYECTO se encuentran 3 carpetas: **1 SOFTWARE** tiene 48 archivos y 19 carpetas, **2 PLAN DE ASINATURA** tiene 6 archivos y 0 carpetas y **3 TEXTO DE GUIAS** tiene 2 archivos y 2 carpetas. Todo con un tamaño de disco de 1,64 GB (1.765.101.568 bytes). En la carpeta número 1 se crearon 6 carpetas, de las cuales cada una tiene dos carpetas, una de manuales y otras de videos recopilados. Esto se observa en la siguiente figura 11.

Figura 11. Carpetas de cada software



Fuente: Autora

A continuación se describen los contenidos de cada una de ellas:

### 8.1.1 DataGeosis

- 8.1.1.1 **Manual** en donde se encuentra el manual de este software en formato pdf con un tamaño en disco de 5,49 MB (5.763.072 bytes).
- 8.1.1.2 **Video** que contiene 6 videos con un tamaño en disco de 128 MB (135.024.640 bytes) Ver figura 12.

Figura 12. Carpetas DataGeosis



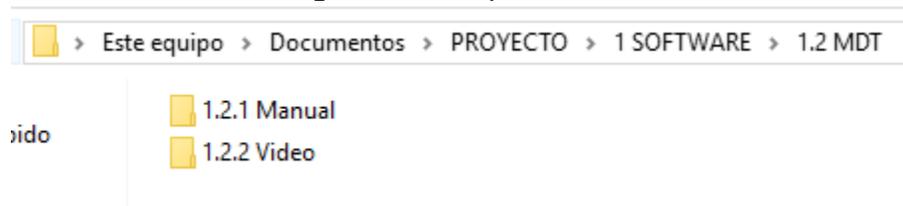
Fuente: Autora

### 8.1.2 MTD

**8.1.2.1.1 Manual** en esta carpeta se encuentra el manual de este software en formato PDF con un tamaño en disco de 13,3 MB (14.032.896 bytes).

**8.1.2.1.2 Video** con 5 videos en un tamaño en disco 345 MB (362.422.272 bytes) Ver figura 13.

Figura 13. Carpetas MTD



Fuente: Autora

### 8.1.3 AutoCAD Civil 3D

**8.1.3.1 Manual** se encuentra dos el pdf del manual de este software con un tamaño en disco de 32,3 MB (33.902.592 bytes).

**8.1.3.2 Video**, con 6 videos en un tamaño en disco 540 MB (566.407.168 bytes) Ver figura 14.

Figura 14. Carpetas AutoCad Civil 3D



Fuente: Autora

## 8.1.4 Protopo

**8.1.4.1.1 Manual** se encuentra el un vínculo a la página del manual de este software con un tamaño en disco de 160 KB (163.840 bytes).

**8.1.4.1.2 Video** con 2 videos y un tamaño en disco de 167 MB (175.435.776 bytes) Ver figura 15.

Figura 15. Carpetas Protopo



Fuente: autora

## 8.1.5 Eagle point

**8.1.5.1.1 Manual** se encuentra el pdf del manual de este software con un tamaño en disco de 612 KB (626.688 bytes).

**8.1.5.1.2 Video** con 16 videos y tamaño en disco de 339 MB (355.840.000 bytes) Ver figura 16.

Figura 16. Carpetas Eagle Point



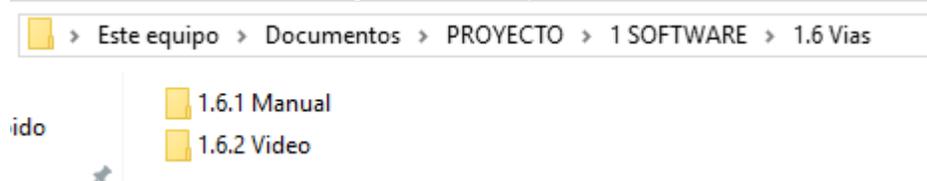
Fuente: Autora

## 8.1.6 Vias

**8.1.6.1.1 Manual** se encuentra el pdf del artículo explicativo de este software con un tamaño en disco de 2,78 MB (2.920.448 bytes).

**8.1.6.1.2 Video** con un video y un tamaño en disco de 59,2 99,4 MB (104.329.216 bytes) Ver figura 17.

Figura 17. Carpetas VIAS



Fuente: Autora

## 9. FUNCIONES BASICAS DEL SOFTWARE

A continuación se mencionan inicialmente las características básicas de cada uno de los softwares seleccionados en el numeral anterior observadas como secuencia: Topografía, Diseño horizontal, Diseño vertical, Secciones y volúmenes.

### 9.1. DATAGEOSIS

DataGeosis es un software de origen brasilero, creado especialmente para el desarrollo de aplicaciones topográficas, cumpliendo con los requerimientos de precisión y productividad necesarios en el medio. Dentro de sus funciones se destaca que trabaja por capas lo cual facilita la clasificación de información, calcula los tipos de poligonal utilizados en Colombia, realiza compensación de poligonales por cuatro métodos, permite identificar la naturaleza de cada punto, el rango permisible de error puede ser escogido por el usuario y facilita el cálculo con coordenadas reales o arbitrarias (Topoequipos, 2018). Así mismo, DataGeosis posee varias herramientas para la construcción y edición de dibujos, algunas desarrolladas especialmente para fines de dibujos topográficos. No requiere de otro software de dibujo. Tienen cuatro versiones, dependiendo de las necesidades: Standard, Standard plus, Standard Vias y Professional.

#### 9.1.1. Topografía.

Para el cálculo de poligonales topográficas, DataGeosis permite calcular poligonales en el sistema Abierto, Cerrado, Cerrado con Punto de Apoyo y Apoyado en 2 Puntos. El camino de la poligonal es reconocido automáticamente, sin la necesidad de una secuencia específica en la planilla de cálculo. Para los sistemas: poligonal Cerrada, Cerrada con Punto de Apoyo o Apoyada en 2 Puntos, se puede calcular la distribución de errores para compensación por el Método de los Mínimos Cuadrados, proporcional a las distancias o

proporcional a las proyecciones. El usuario podrá definir todas las precisiones deseadas y el DataGeosis verificará si está dentro de las tolerancias solicitadas antes de continuar con los cálculos y mostrar el informe de cálculo y ajuste de la poligonal. Así mismo, posee una herramienta automática que permite identificar los vértices con mayores contribuciones de errores, facilitando la búsqueda por puntos con datos incorrectos (topoequipos, 2015).

A continuación se describen los pasos para el cálculo de poligonales topográficas utilizando DataGeosis. Esto también se puede observar en el video de la carpeta 1.1.2 Videos del DVD anexo:

1. Creación de cuatro libretas: de coordenadas, electrónica, taquimétrica y reducida, asignándoles un nombre y definiendo el tipo.
2. Selección del equipo utilizado en el levantamiento de campo.
3. Para la libreta de coordenadas, insertar información de campo: datos de cada punto, descripción y coordenadas X, Y y Z.
4. Para la libreta electrónica, taquimétrica y reducida, definir los puntos de partida y de referencia, así como la información de campo del punto anterior.
5. Creación de MDT , para luego carga curvas de nivel para crea las poligonales topográficas ver figura.19 Línea de cero en un plano con curvas de nivel , imagen extraída del video 2 de la carpeta 1.1.2 Videos.

Para configurar el sistema para Georreferenciamento por Poligonal Topográfica, se debe, seleccionar la opción Geodesia en el menú Archivo >> Configuraciones Generales >> Geodesia >> Opciones >> Georreferenciamento poligonal topográfica. Se debe seleccionar los punto se origen, de control y las coordenadas geodésicas en el sistema UTM. Al final se obtendrá una plantilla como se observa en la siguiente Figura 18.

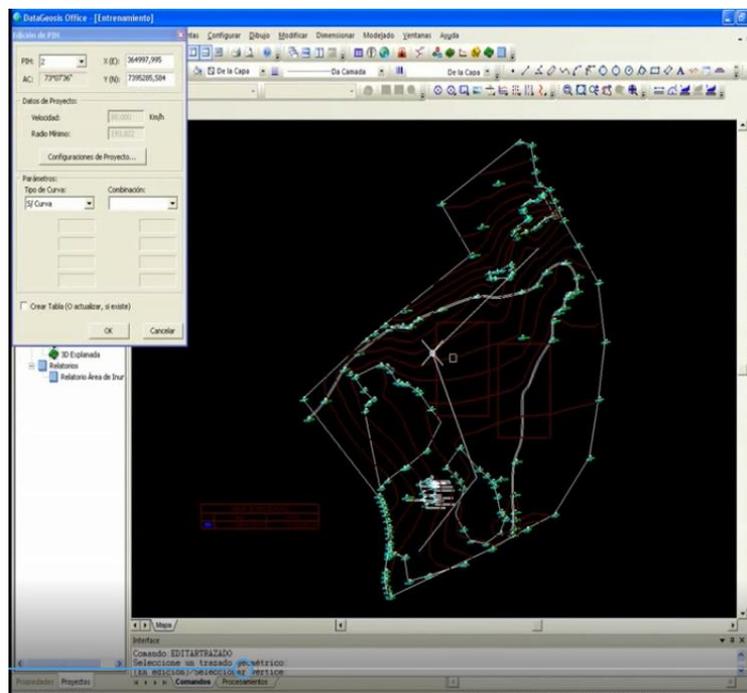


### 9.1.2. Diseño Alineamiento horizontal.

Para el cálculo de las curvas horizontales, en primer lugar se debe crear el Eje de la Vía asegurándose que quede en Trazado Geométrico. Luego debe definirse las dimensiones, empezando por el PIH o Punto de Inflexión Horizontal. En seguida, definir los parámetros deseados para calcular el valor del radio mínimo para la curva horizontal. El tipo de curva puede ser: circular, circular compuesta, con transición o con transición compuesta. Después de esto, calcular la súper elevación y la súper ancho, teniendo en cuenta que es necesario previamente dimensionar las curvas horizontales deseadas. Es importante mencionar que esta herramienta solo está disponible para la versión Standard Vías.

Tras la creación del eje, dé un doble clic en él o seleccione el menú Modificar à Trazado Geométrico y luego seleccione el trazado. Será presentada la ventana de edición de PIH (Punto de inflexión Horizontal), como se muestra en la figura 20 (Ferreira & Virgínia, 2009). Este en información la puede ver con mayor claridad en el anexo del DVD carpeta 1, luego carpeta 1.1, y posteriormente en la 1.1.2 video 3 calculando curvas horizontales y el manual en el capítulo XVIII: Calculando Curvas Horizontales.

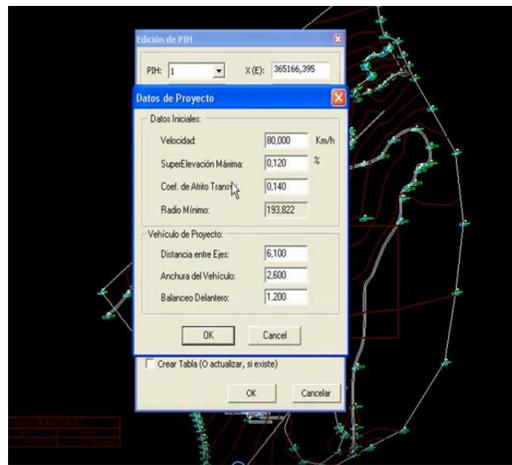
Figura 20. Punto de inflexión Horizontal



Fuente: (Ferreira & Virgínia, 2009)

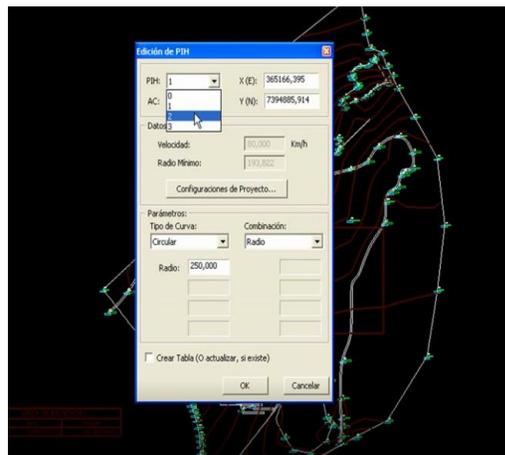
Después se abrirá la siguiente ventana como se muestra en la figura 21 para calcular el radio mínimo con los parámetros de diseño definidos. Después se selecciona ok, muestra la ventana como se muestra en la figura 22 para seleccionar el tipo de curva para cada PIH. Así mismo, el programa muestra una ventana con los elementos de cada curva. El eje se modifica y dibuja la curvar horizontales en planta como se muestra en la figura 23. (Ferreira & Virgínia, 2009). Este en información la puede ver con mayor claridad en el anexo del DVD carpeta 1, luego carpeta 1.1, y posteriormente en la 1.1.2 video calculando curvas horizontales y el manual en el capítulo XVIII: Calculando Curvas Horizontales.

Figura 21. Cálculo el radio mínimo



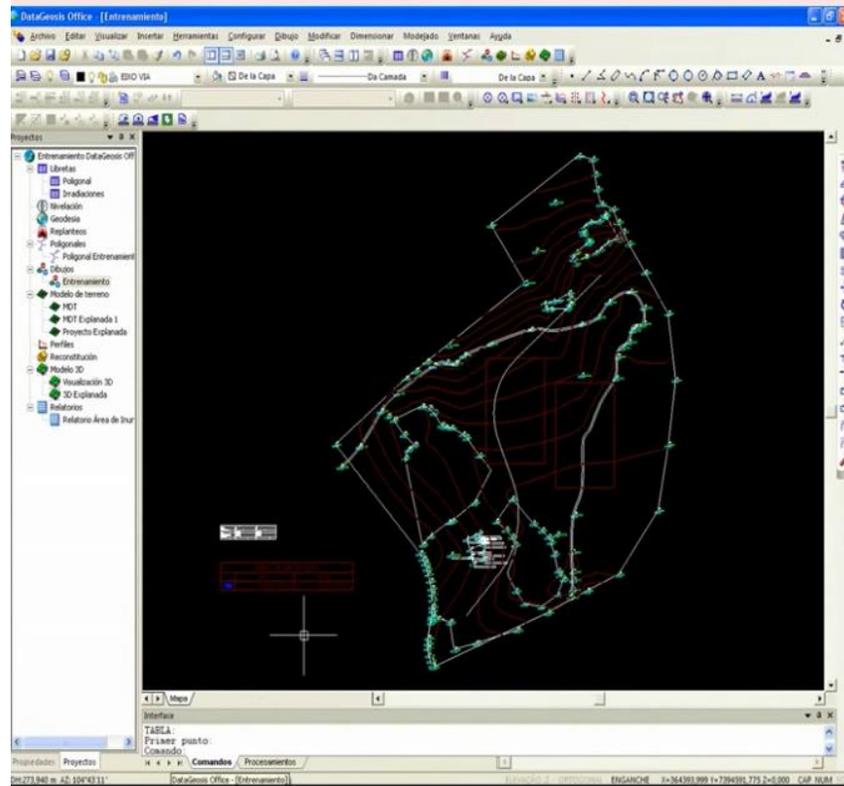
Fuente: (Ferreira & Virgínia, 2009)

Figura 22. Selección del tipo de curva para cada PIH



Fuente: (Ferreira & Virgínia, 2009)

Figura 23. Curva horizontal, Modificación de coordenadas

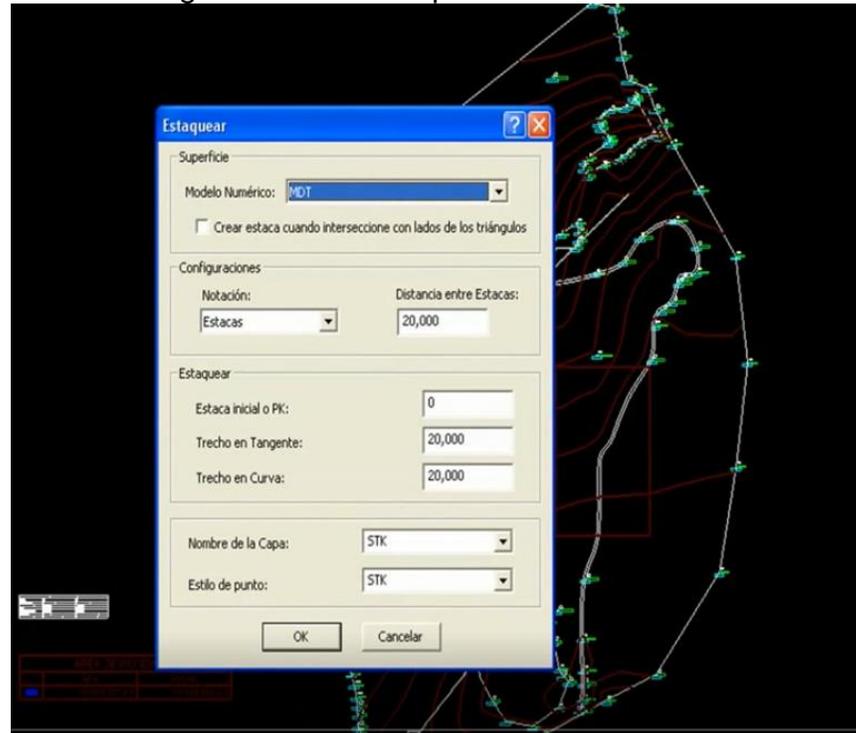


Fuente: (Ferreira & Virgínia, 2009)

### 9.1.3. Diseño Alineamiento vertical.

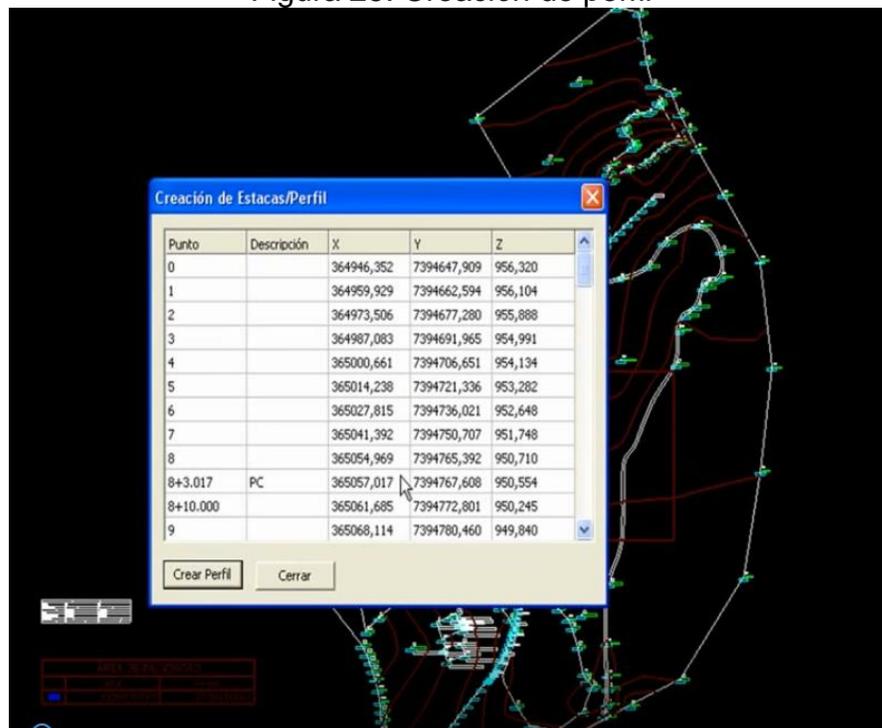
Para crear un perfil siempre debemos tener un Trazado Geométrico creado, Para iniciar el cálculo del perfil, en el ambiente del diseño, seleccione el menú Herramientas à Calcular Estaqueamiento (abscisado) / Perfil (Ferreira & Virgínia, 2009). En la Barra Interfaz se solicita que se seleccione entidades, así que pulse en el inicio del eje y presione ENTER. Será presentada ventana como se muestra en la figura 24 para definir el modelo numérico MDT, definir distancian entre abscisas y la distancia entre abscisas para trecho en tangente y la distancia entre abscisas para trecho en curva. Para posteriormente crear el perfil como se muestra en la figura 25.

Figura 24. Ventana para definir abscisas



Fuente: (Ferreira & Virginia, 2009)

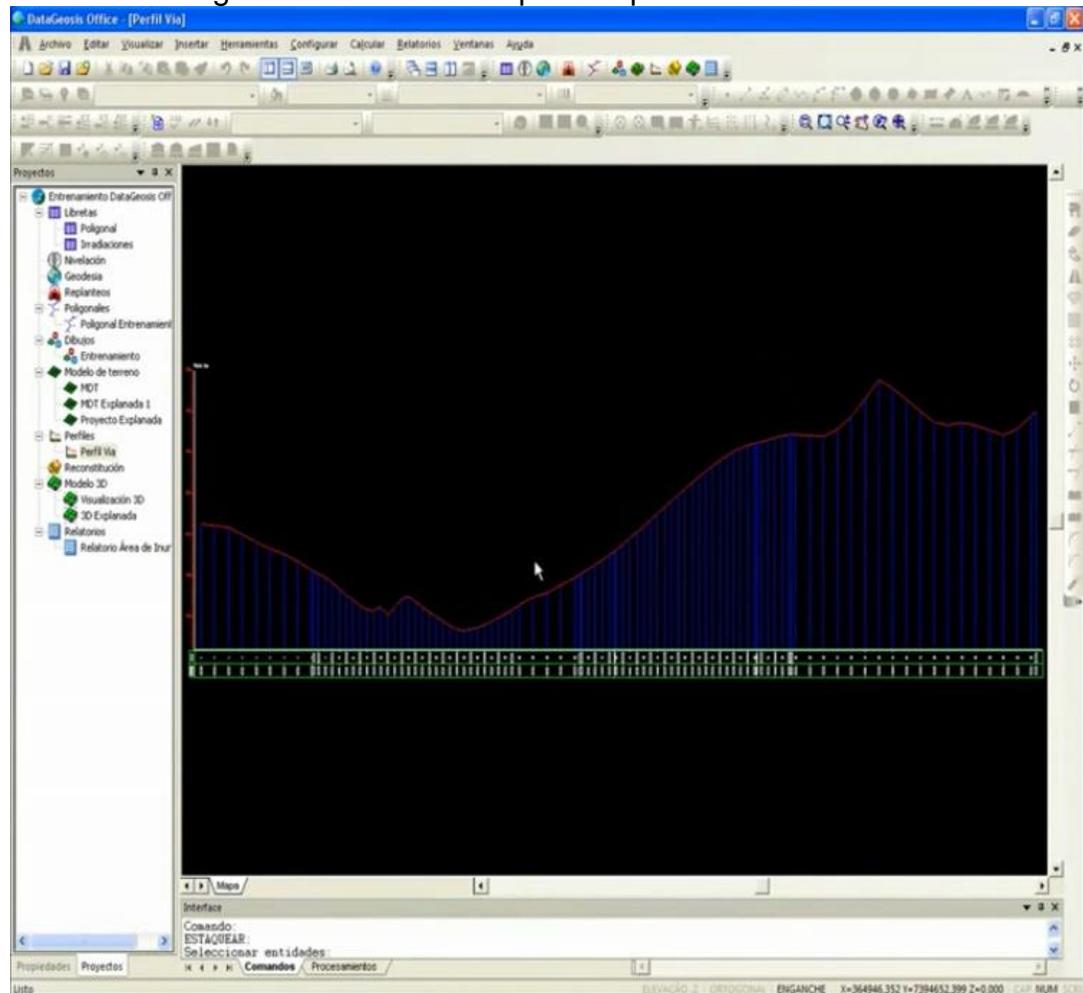
Figura 25. Creación de perfil



Fuente: (Ferreira & Virginia, 2009)

El software permite crear perfiles por intervalos o uno solo para todo el eje como se muestra en la figura 26. Cuando se crea el perfil una capa de nombre TERRENO es creada automáticamente. Es posible todavía crear otras capas para almacenar los datos de proyecto. Para eso, en el ambiente del perfil, seleccione el menú Configurar à Capas (Ferreira & Virginia, 2009).

Figura 26. Creación de perfiles por intervalos



Fuente: (Ferreira & Virginia, 2009)

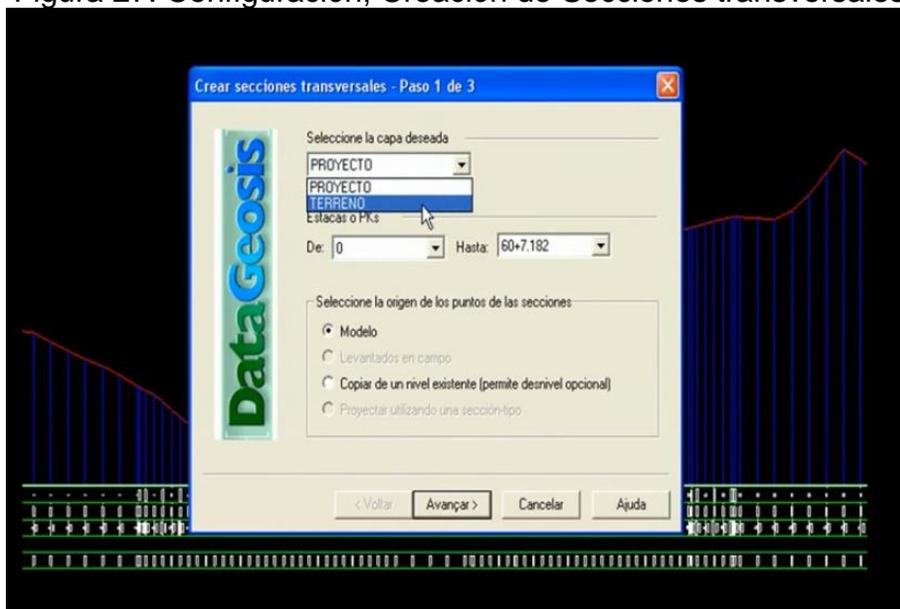
Para el cálculo de las curvas verticales, en primer lugar se debe crear un perfil longitudinal y una rasante. Para ello se debe seleccionar la superficie que será considerada para la generación del perfil y definir la distancia entre las abscisas. Así mismo, es necesario editar el PIV de la rasante, definiendo la cota y distancia. Los tipos de curvas verticales que se pueden obtener son: circular, parábola y parábola compuesta. Para curvas del tipo Circular es posible definir las a

partir del radio, del desarrollo o de la distancia horizontal. Para curvas del tipo Parábola se permite definir las a partir del radio, de la longitud de la parábola o de la distancia horizontal. Para curvas del tipo Parábola Compuesta es posible definir las a partir de la longitud de la primera y segunda parábola.

#### 9.1.4. Secciones transversales.

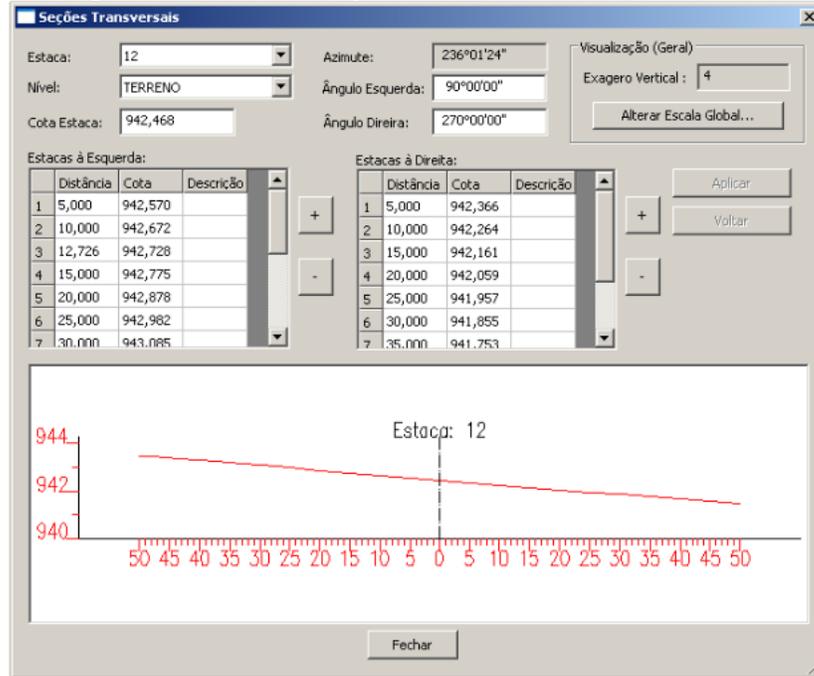
Para el cálculo de las secciones transversales, en primer lugar se debe crear un perfil transversal. Para ello se debe seleccionar la capa donde van a ser creadas las secciones transversales. Así mismo, se debe definir el intervalo de abscisas para las cuales van a ser creados perfiles transversales y, enseguida, seleccionar el origen de los puntos de las secciones. También se debe definir el modelo deseado, el ancho de las secciones, tanto por la izquierda como por la derecha, y la distancia entre los puntos.

Figura 27. Configuración, Creación de Secciones transversales



Fuente: (Ferreira & Virgínia, 2009)

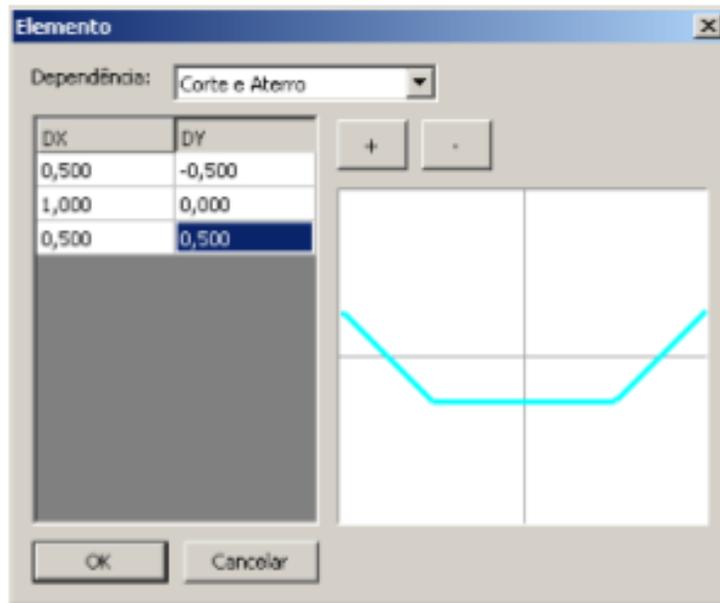
Figura 28. Sección típica, Secciones transversales



Fuente: (Ferreira & Virgínia, 2009)

### 9.1.5. Cálculo de Volúmenes.

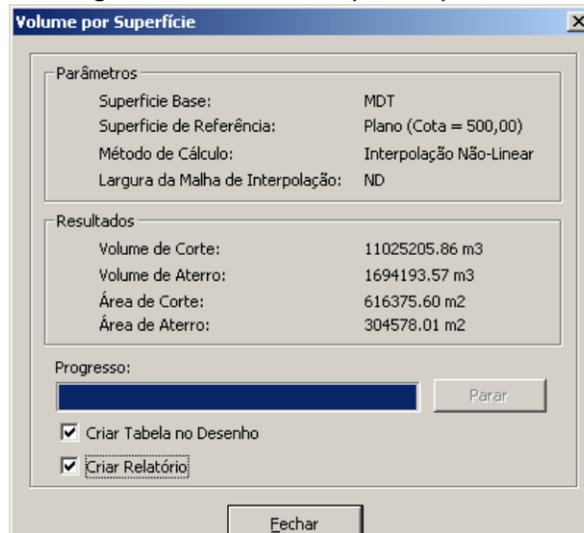
Figura 29. Volumen con terraplén



Fuente: (Ferreira & Virgínia, 2009)

Para el cálculo de los volúmenes, se puede usar el menú Herramientas. Puede hacerse de dos maneras: superficie y un plano, y dos superficies. La primera se hace a partir de la definición de una cota insertada por el usuario. Es necesario seleccionar el Modelo Numérico. El resultado se puede observar en la siguiente figura:

Figura 30. Volumen por superficie



Fuente: (Ferreira & Virgínia, 2009)

Para el cálculo de un volumen con dos superficies, se debe definir las superficies que van a ser comparadas, escoger entre los métodos de cálculo por interpolación lineal e interpolación no lineal, determinar si desea calcular corte y terraplén, solamente corte o solamente terraplén y, aún, especificar el ancho de la malla de interpolación. Cuanto menor es el ancho de la malla de interpolación más preciso será el volumen calculado, pero mayor será el tiempo de procesamiento.

## 9.2. MTD

MTD es un software desarrollado por APLITOP especialmente diseñado para aplicaciones de geingeniería: administraciones públicas, empresas constructoras, estudios de ingeniería, arquitectura, urbanismo y empresas dedicadas a movimientos de tierra, explotaciones de canteras, minería, medio ambiente, entre otras. Esta herramienta trabaja bajo diferentes versiones de AutoCAD. Tiene dos versiones, estándar o profesional, de acuerdo a las necesidades del usuario. Así mismo, tiene una serie de módulos opcionales especializados en topografía, imágenes y nubes de puntos.

Figura 31. Versiones del software MTD



Fuente: <http://www.geofumadas.com/mdt-una-potente-programa-para-geo-ingenieria/>

### 9.2.1. Topografía.

En el módulo especializado en topografía, es útil para procesar observaciones de estación total, calcular coordenadas de puntos, compensar poligonales y redes, así como realizar transformaciones de coordenadas entre sistemas de referencia geodésicos y proyectados (Aplitop, 2017).

El software parte de archivos de coordenadas de puntos generado por cualquier programa de topografía, mediante introducción manual de datos o libreta electrónica cuyos campos son: número de punto, coordenada X, coordenada Y, coordenada Z y pueden visualizarse como se muestra en la figura 32. (Aplitop, 2017).

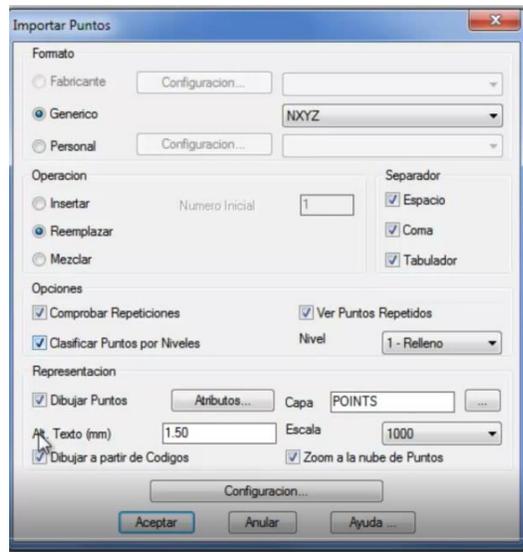
Figura 32. Tabla para importación de puntos

Código	Nivel	Tipo	Capa	Color	Grueso	Simbolo
ARBOL	Referencia	Punto	ARBOLES	3	Por Defecto	Abol
ARCEN	Referencia	Línea	ARCEN	7	Por Defecto	Continuas
AT	Referencia	Línea	ALTO_TALUD	4	Por Defecto	Continuas
BT*	Información	Punto	BASES	4	Por Defecto	Abol
BT	Referencia	Línea	BAJO_TALUD	6	Por Defecto	Continuas
CAMINO	Referencia	Línea	CARRIL	7	Por Defecto	Continuas
CAS	Referencia	Punto	LINEA_ELEC	4	Por Defecto	Cap
CP	Referencia	Línea	CP	5	Por Defecto	TRAZOS
CT	Referencia	Línea	CT	2	Por Defecto	TRAZOS
EDP*	Información	Línea	EDP	1	Por Defecto	TRAZOS_V_PUNTO
EDP	Referencia	Línea	EDP	6	Por Defecto	TRAZOS
LEB	Referencia	Línea	LEB	4	Por Defecto	TRAZOS
LB	Referencia	Línea	LB	3	Por Defecto	TRAZOS
OP	Referencia	Línea	OP	1	Por Defecto	Continuas
PT	Referencia	Punto	PT	2	Por Defecto	Punto
TAPA	Referencia	Línea	EDF	1	Por Defecto	Continuas

Fuente: (Aplitop, 2017)

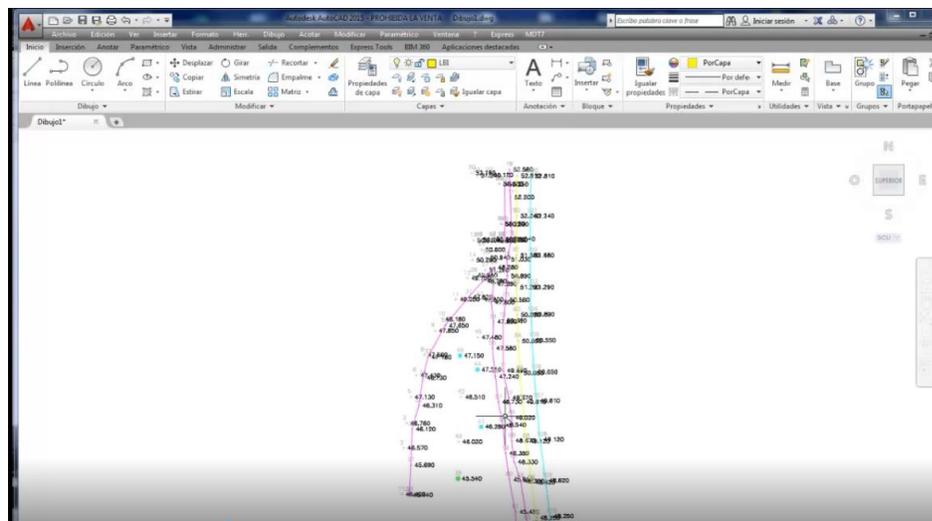
Parte de un archivo de coordenadas de puntos generado por cualquier programa de topografía, mediante introducción manual de datos o libreta electrónica. Para importar los puntos, elegir la opción del menú Puntos > Importar (o bien en la cinta de opciones Puntos > Creación > Importar). Seleccionar el formato NXYZ. Los puntos definidos en el archivo serán representados en pantalla

Figura 33. Menú de importación de puntos



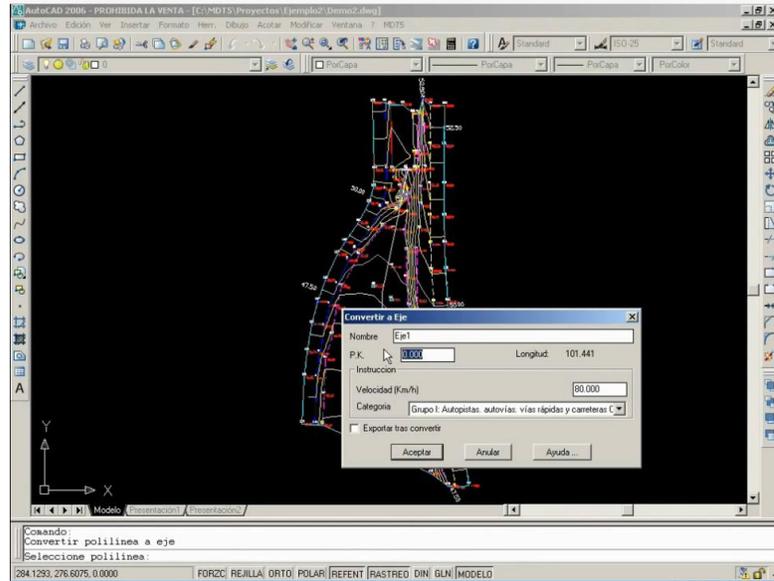
Fuente: (Aplitop, 2017).

Figura 34. Líneas de ruptura y bloque en planta (puntos topográficos)



Fuente: (Aplitop, 2017)

Figura 35. Configuración de eje

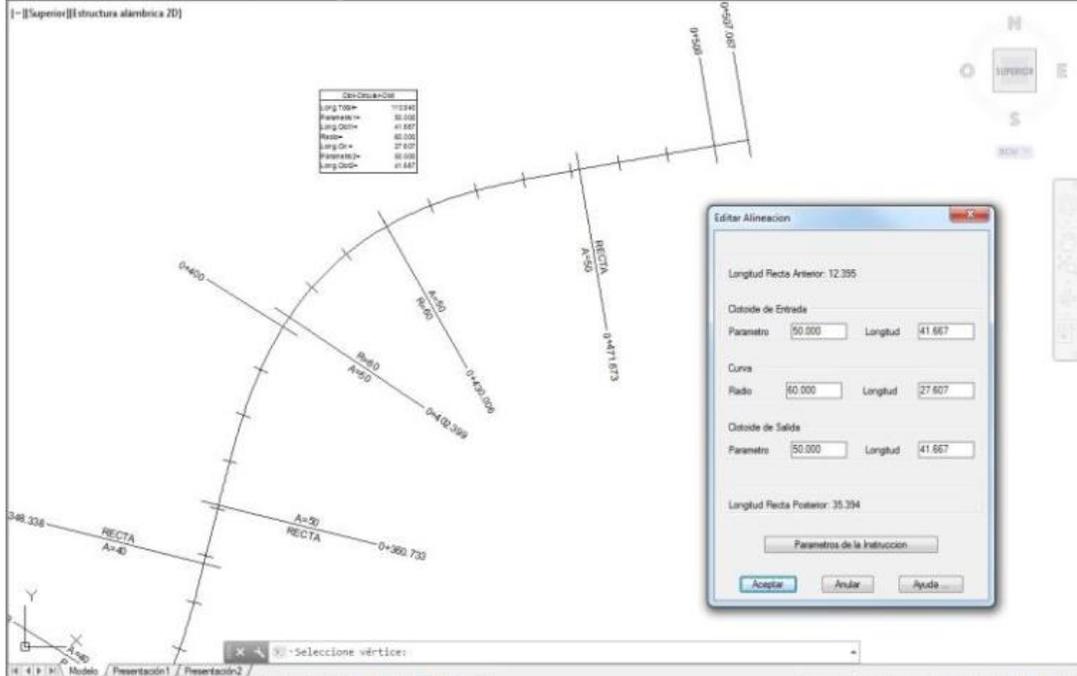


Fuente: (Aplitop, 2017).

## 9.2.2. Diseño Alineamiento horizontal.

Para el cálculo de las alineaciones, el programa incorpora los conceptos de alineaciones fijas, acopladas, giratorias, móviles y de enlace. Las alineaciones horizontales pueden crearse de forma interactiva utilizando tramos de rectas, curvas o clotoides, y también a partir de polilíneas. Este software permite la acotación de ejes con estilos personalizables, rotulación de cuadros de curvas, entre otros. Así mismo, incluye opciones para obtener listados de puntos a intervalos y calcular distancias e intersecciones entre ejes.

Figura 36. Alineamiento horizontal



Fuente: (Aplitop, 2017).

### 9.2.3. Diseño Alineamiento vertical.

Para el cálculo de las alineaciones verticales se debe tener en cuenta los perfiles longitudinales. En esta plataforma, los perfiles guardan información relacionada con la distancia al origen y la cota de terreno. Se almacenan en archivos ASCII con extensión .LON, y se clasifican a partir de códigos. Se debe definir un archivo de ejes o la designación gráfica de una polilínea que constituye la traza del perfil que se desea obtener. Los ejes son las líneas y polilíneas. Estas pueden tener tramos rectos y curvos. Para procesar tramos de tipo clotoide debe ser un eje necesariamente. Los datos son entregados de la siguiente manera:

Figura 37. Datos del Alineamiento vertical

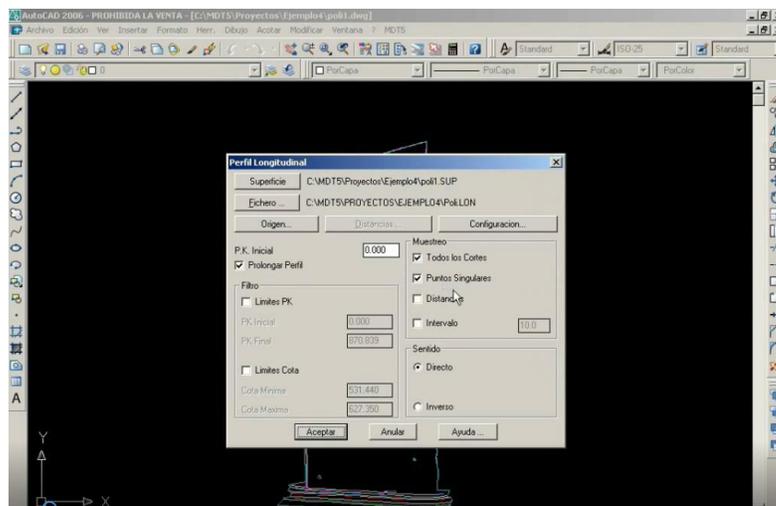
Ejemplo: DEMO.LON

0.000	152.888	Punto Singular
12.049	152.446	10050000
25.222	151.963	10050000
34.837	150.000	20010000
108.468	140.000	20010000
124.500	137.735	Distancia Especificada
144.079	135.000	20010000
151.677	134.451	11120000
153.921	135.000	20010000
156.594	136.093	Punto Singular
166.144	140.000	20010000!
199.857	154.437	10050000!
204.713	154.729	10050000
211.550	160.000	20010000
221.007	164.758	Punto Singular
221.487	165.000	20010000
293.591	175.000	20010000
301.020	172.628	10050000
314.621	175.000	20010000
327.384	175.606	Punto Singular

Fuente: (Aplitop, 2017).

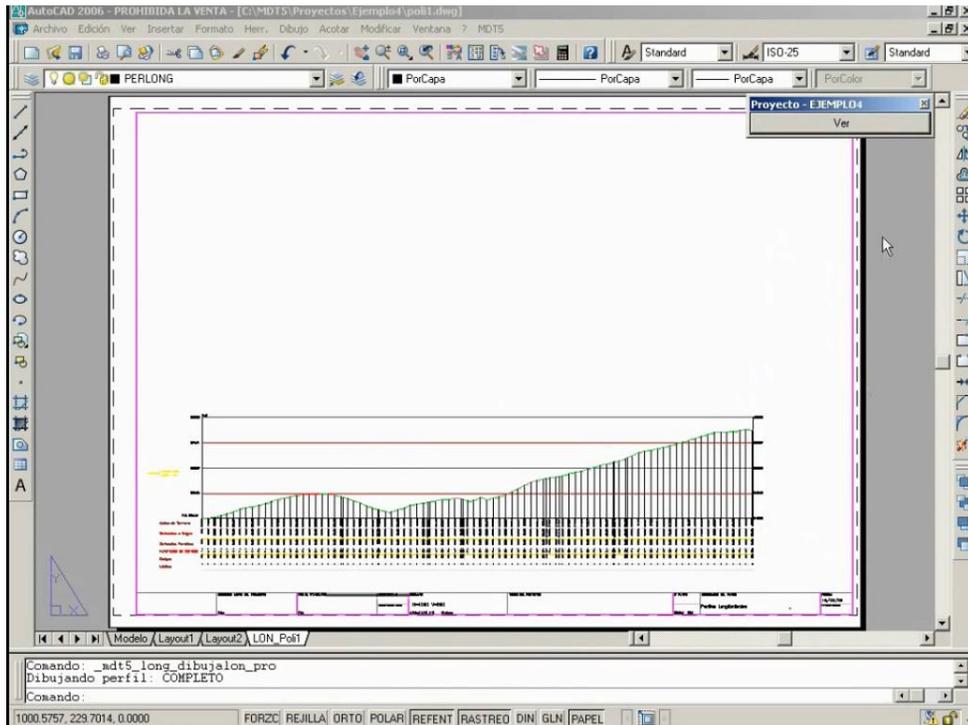
Para obtener perfil longitudinal ejecutamos el comando MDT > Longitudinales > Obtener Perfiles, designamos gráficamente el eje y a continuación nos aparecerá la siguiente ventana donde estableceremos los parámetros de generación. Y se pueden visualizar como se muestra en la figura 38 y después de la actualización se puede visualizar la el perfil como se mira en la figura 39.

Figura 38. Menú de configuración de perfil longitudinal



Fuente: (Aplitop, 2017).

Figura 39. Perfil longitudinal



Fuente: (Aplitop, 2017).

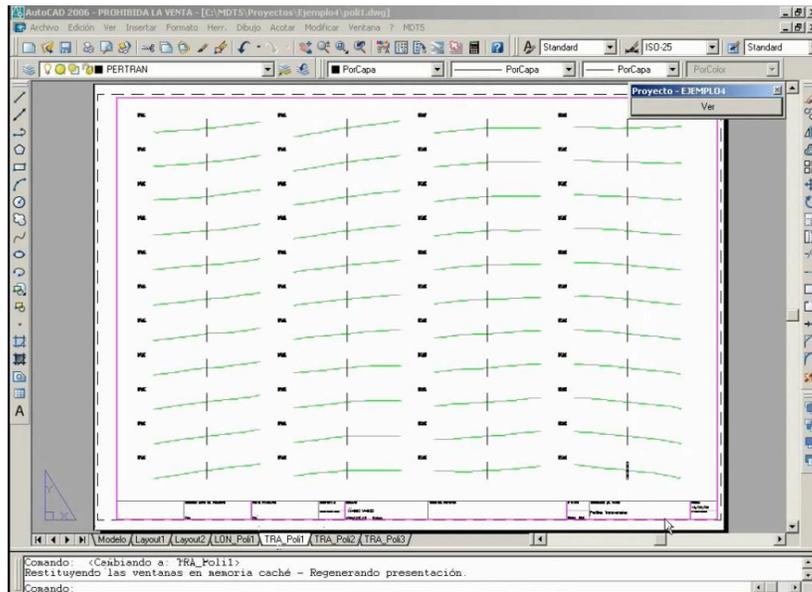
#### 9.2.4. Secciones transversales.

Para la obtención de los perfiles transversales se requiere tener adicional una plataforma de dibujo en 2D + elevación ó 3D, o bien del modelo digital del terreno, además de la definición geométrica de un eje. En el caso de superficies, MDT tiene en cuenta la existencia de islas, de forma que el corte del transversales puede tener información a ambos lados y sin información en la zona central (aplitop, 2018). Los perfiles se pueden calcular de diferentes maneras. Inicialmente el programa solicita el eje a partir del cual obtener los perfiles. Para seleccionar el origen y las opciones de representación. Como resultado se obtiene un archivo con extensión .TRA.

Antes de obtener los perfiles transversales completos debemos especificar las secciones tipo que van a ser asociadas a nuestro vial. El programa incorpora inicialmente una librería de plataformas, cunetas, taludes y firmes, que puede ser ampliada y personalizada.



Figura 42. Visualización de secciones en perfil



Fuente: (Aplitop, 2017).

### 9.2.5. Cálculo de Volúmenes.

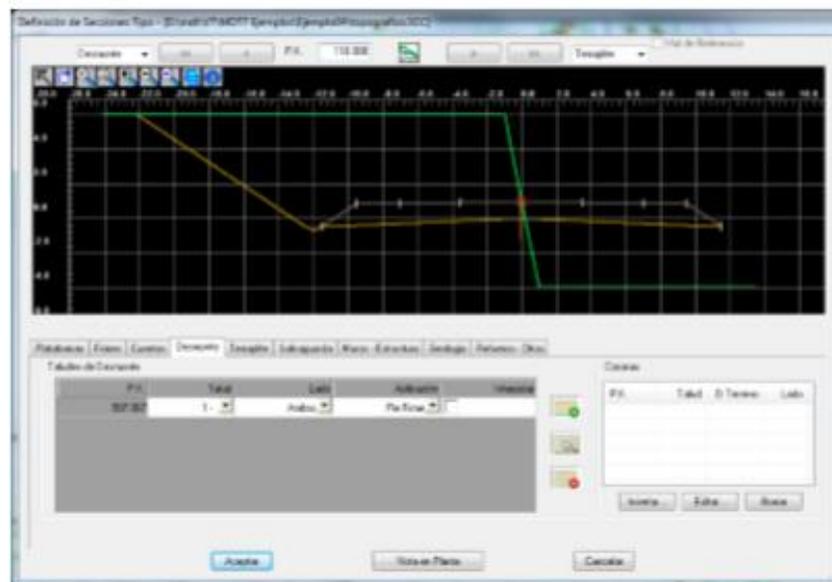
Los volúmenes de corte y terraplén pueden calcularse a partir del comparativo entre mallas, superficies o perfiles transversales. Los resultados de mallas y superficies se representan por zonas con diferentes colores. El cálculo por perfiles permite corregir la curvatura dependiendo de la geometría del eje en planta y descartar intervalos que no forman parte de la medición. El programa calculará el volumen de corte y terraplén, presentando en pantalla un listado con las superficies y volúmenes parciales y acumulados figura 43 y para definir los taludes de corte y terraplén, se debe activar la pestaña de corte y/o terraplén y selecciona el botón “Insertar”, entonces nos aparece una ventana donde seleccionar el talud a insertar los datos según el caso. Figura 44. Fuente: (Aplitop, 2017).

Figura 43. Visualización de Cálculo de volúmenes

PK.	Sup.Des.	Sup.Ter.	Sup.Veg.	Vol.Des.	Vol.Ter.	Vol.Veg.
0.000	0.000	25.716	25.491	0.000	0.000	0.000
5.000	0.000	25.066	24.320	0.000	134.504	132.027
10.000	0.000	17.726	17.480	0.000	134.504	132.027
15.000	0.002	10.645	10.910	0.004	107.052	104.490
18.994	0.000	16.781	17.025	0.004	243.996	236.526
20.000	0.000	14.506	14.415	0.004	90.990	93.994
25.000	0.000	15.683	15.717	0.004	332.526	327.520
30.000	0.000	10.906	20.104	0.000	70.745	71.781
35.000	0.000	10.682	10.742	0.000	403.251	399.302
40.000	0.000	10.250	21.395	0.000	15.737	15.815
45.000	0.000	10.250	21.395	0.000	438.980	415.117
50.000	0.000	15.683	15.717	0.000	75.424	75.320
55.000	0.000	10.906	20.104	0.000	494.412	490.446
60.000	0.000	10.682	10.742	0.000	88.523	89.554
65.000	0.000	10.682	10.742	0.000	593.375	593.000
70.000	0.000	10.682	10.742	0.000	90.520	93.617
75.000	0.000	10.682	10.742	0.000	602.295	679.617
80.000	0.000	10.682	10.742	0.000	97.234	102.044
85.000	0.000	10.682	10.742	0.000	779.480	792.461
90.000	0.000	10.682	10.742	0.000	101.363	105.136
95.000	0.000	10.682	10.742	0.000	600.000	607.888
<b>TOTALES</b>						
Volumen de Escarpe						594.961
Volumen de Terraplén						24096.071
Volumen de Vegetal						8748.412
Escarpe (Escarpe - Terraplén)						-24300.110
Superficie Desecho						20661.373

Fuente: (Aplitop, 2017).

Figura 44. Sección típica en corte



Fuente: (Aplitop, 2017).

### **9.3. AUTOCAD CIVIL 3D**

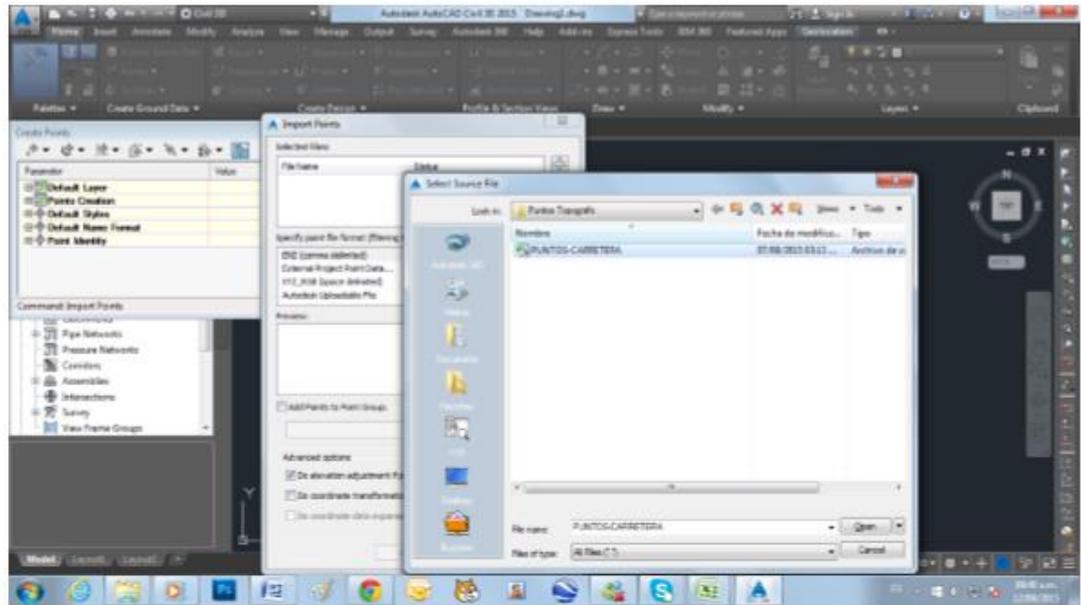
AutoCAD Civil3D es una herramienta muy útil en el desarrollo de diseños y cálculos de sitios, así como, en el diseño urbanístico, carreteras, movimiento de tierras, cálculo topográfico, replanteo de información, entre otros. Su principal característica es que está diseñado para que todos los componentes del diseño estén relacionados, los objetos al ser modificados automáticamente regeneran el diseño y recalculan la información en tablas y perfiles, todo esto nos ayudará a la hora de hacer cambios en nuestra propuesta sin tener que rehacer todo el proyecto de nuevo.

El origen de esta plataforma se remonta los años 80. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk. Su nombre se deriva de CAD o Diseño Asistido por Computador.

#### **9.3.1. Topografía.**

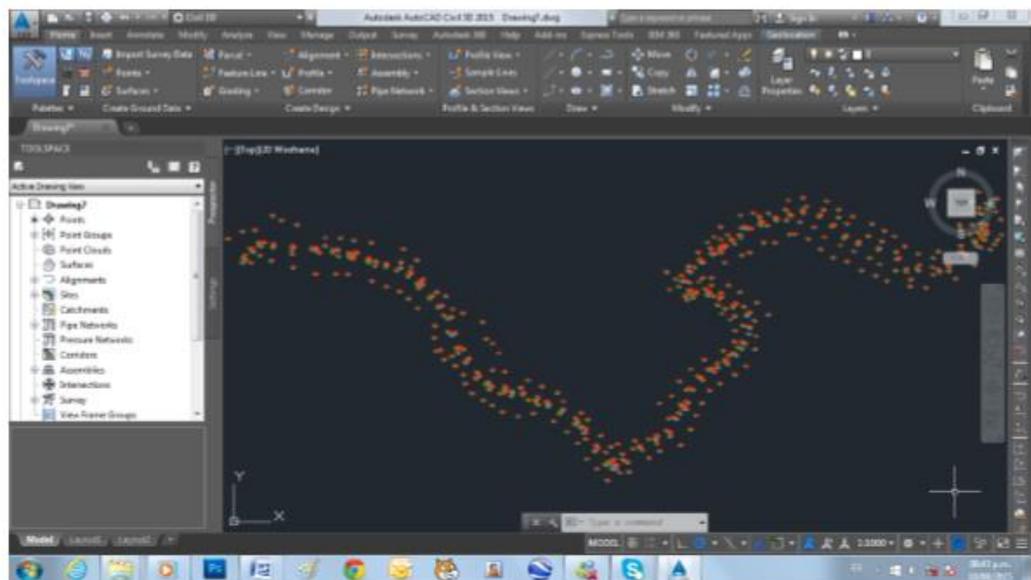
En el módulo especializado en topografía se puede importar y procesar las medidas de campo en los dibujos del modelo de sector y el modelo de sector empresarial. El módulo proporciona herramientas para importar los datos de los levantamientos GPS y terrestres. Puede importar los datos de campo y calcular las coordenadas en un esquema de base de datos de levantamientos. La topografía puede utilizarse con o sin AutoCAD Map 3D utilizando la versión autónoma. Bajo esta, no se puede visualizar el plano de red. Sin embargo, es posible ejecutar el cálculo del ajuste y crear el plano de red fuera de línea. La versión autónoma se puede usar, por ejemplo, al volver a la oficina después de realizar el trabajo de campo. Probablemente deseará guardar las medidas en el ordenador para liberar la memoria del instrumento. Normalmente, es posible calcular el ajuste y distribuir los puntos en el modo autónomo. Sin embargo, si se producen errores o advertencias, resulta más sencillo buscar los errores mediante la visualización de los resultados en el dibujo. (Autodesk, 2018).

Figura 45. Menú para importación de puntos



Fuente: (Autodesk, 2018).

Figura 46. Visualización de puntos importados

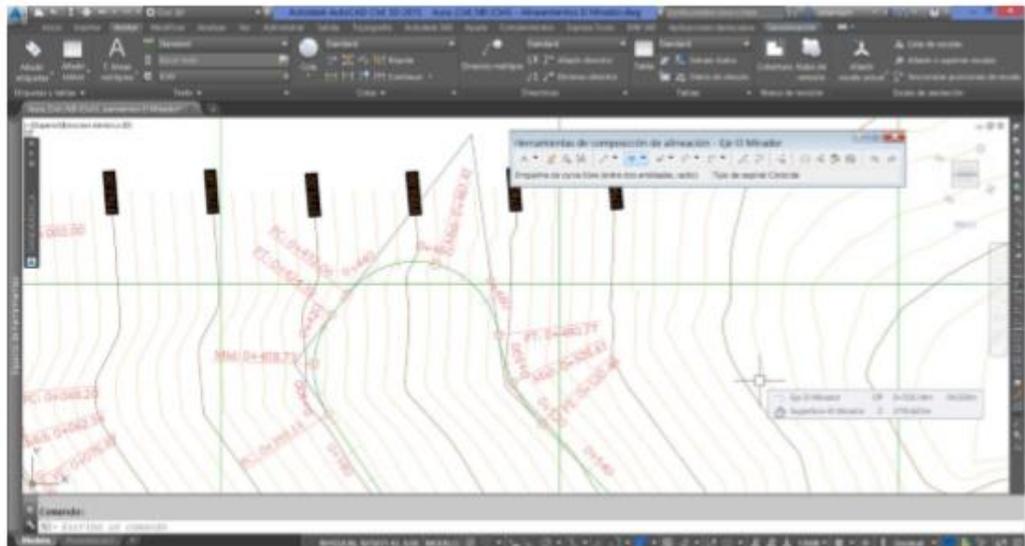


Fuente: (Autodesk, 2018).

### 9.3.2. Diseño Alineamiento horizontal.

Existen muchas formas de calcular los alineamientos horizontales con esta herramienta, partiendo desde polilíneas, objetos, otros alineamientos, obras lineales, redes de tuberías, entre otras. La interacción con el programa es muy sencilla. Se debe tener en cuenta factores como la Velocidad Directriz velocidad máxima en que se debe transitar una carretera y el uso de las normas específicas de cada país. Estas alineaciones pueden ser simples o compuestas ya que puede estar compuesta por tangentes o también por curvas. Sin embargo, el programa permite modificar esto opción en cualquier momento y ajustar los nuevos parámetros.

Figura 47. Alineamiento horizontal



Fuente: (Autodesk, 2018).

### 9.3.3. Diseño Alineamiento vertical.

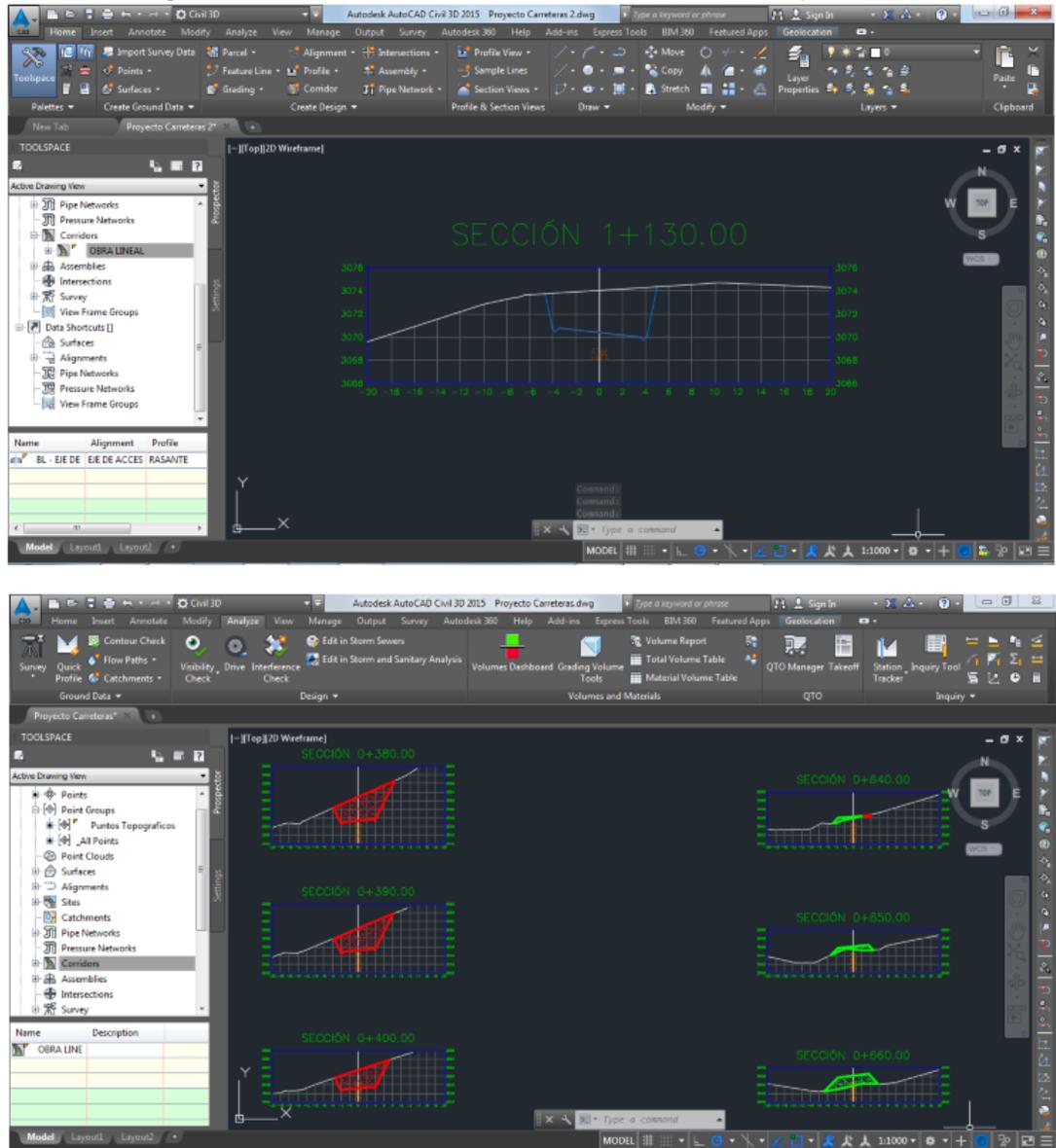
Para el cálculo de las alineaciones verticales se debe tener en cuenta el corte longitudinal del terreno, así como si la alineación será simple o compuesta.



### 9.3.4. Secciones transversales.

El cálculo de las secciones transversales permite identificar las explanaciones a realizar, las posibles dificultades y definir estructuras adicionales para la correcta funcionalidad y sostenibilidad del proyecto.

Figura 50. Secciones transversales, secciones tipo



Fuente: (Autodesk, 2018).

### 9.3.5. Cálculo de Volúmenes.

Para el cálculo de volúmenes se debe tener en cuenta las áreas de corte y/o relleno y de los materiales usados para su creación. Esto depende de las EG o valores de la superficie explanada y superficie Datum. Los datos se obtienen en tablas que posteriormente pueden ser sistematizadas en Excel.

Figura 51. Cálculo de volúmenes  
**Informe de volumen**

**Proyecto:** D:\Franz\Aura\Nivel Básico\Archivos\Tema 07\Aura\_Civil\_NB (Civil) - Secciones Transversales (Final).dwg  
**Alineación:** Eje El Mirador  
**Grupo de líneas de muestreo:** LM El Mirador  
**P.K. inicial:** 0+000.000  
**P.K. final:** 2+383.445

P.K.	Área de desmonte (metros cuadrados)	Volumen de desmonte (metros cúbicos)	Volumen reutilizable (metros cúbicos)	Área de terraplén (metros cuadrados)	Volumen de terraplén (metros cúbicos)	Vol. desmonte acumul. (metros cúbicos)	Vol. reutilizable acumul. (metros cúbicos)	Vol. terraplén acumul. (metros cúbicos)	Vol. neto acumul. (pies cúbicos)
0+000.000	0.82	0.00	0.00	4.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.000	0.00	8.21	8.21	10.30	172.47	8.21	8.21	172.47	-164.26
0+040.000	0.00	0.00	0.00	17.51	333.67	8.21	8.21	506.14	-497.93
0+050.000	1.02	5.02	5.02	8.90	159.35	13.23	13.23	665.48	-652.26
0+060.000	0.97	8.95	8.95	11.37	125.84	22.18	22.18	791.32	-769.15
0+070.000	0.00	4.32	4.32	19.43	190.35	26.50	26.50	981.67	-955.17

Fuente: (Autodesk, 2018).

## 9.4. PROTOPO

Este es nuevo programa para la triangulación y curvado que utiliza técnicas de Delaunay a partir de polígonos de Voronoy. Permiten la triangulación hasta de cien mil puntos en 25 segundos y permite buscar los triángulos más equiláteros posibles. Todos los datos del levantamiento topográfico, se guardan en un solo archivo de MDT. Se pueden abrir posteriormente en Autocad. El programa tiene un cuadro de diálogo principal, dónde se pueden ir visualizando todos estos datos, de una forma gráfica.

### 9.4.1. Topografía.

En cuanto a la topografía, este software permite el cálculo de las coordenadas de todos los puntos que se han tomado en campo mediante ángulos y distancias. Estos datos se almacenan en un único archivo para posteriormente calcular Poligonales, Intersecciones Mixtas, Desorientaciones, y otros cálculos. El programa cuenta con diferentes bases de datos para administrar toda la información: Base

de datos de Instrumentos con sus características técnicas, base de datos con datos del trabajo y clientes, cálculo de tolerancias y errores.

Una de las principales ventajas que tiene esta herramienta es que permite trabajar tanto en centesimal como sexagesimal, con distanciometro o generadores, ángulos cenitales o inclinaciones, con datos en círculos directos o inversos. Así mismo, en todos los cálculos se puede controlar los errores, precisiones y datos estadísticos.

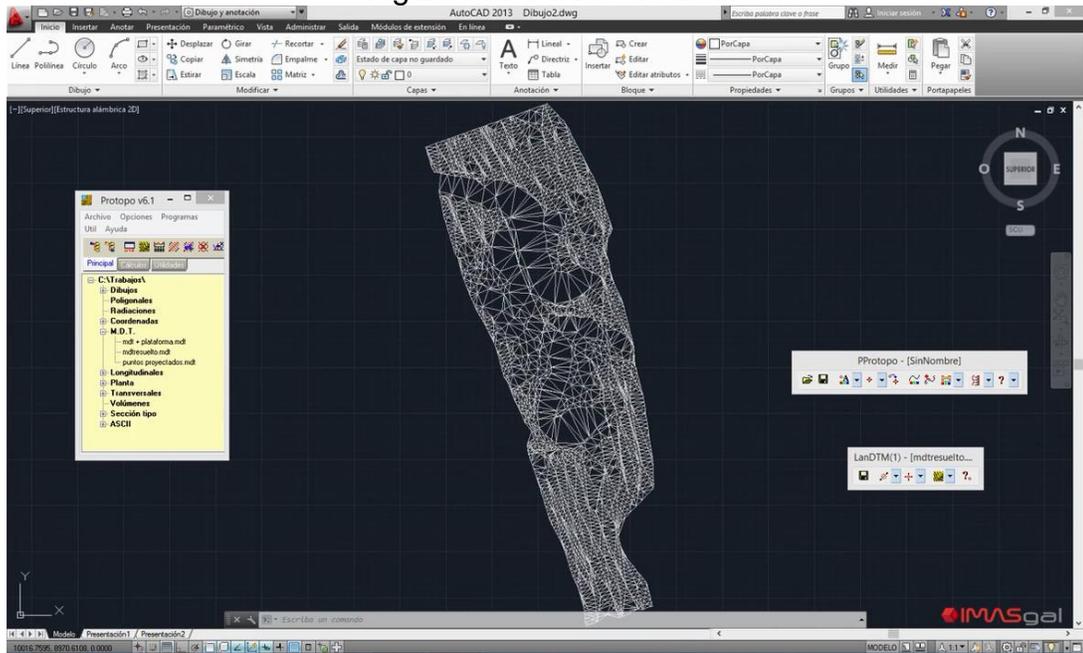
Para el cálculo de los poligonales, se pueden obtener las coordenadas de una serie de estaciones así como las desorientaciones de los estacionamientos que han intervenido. Esto se puede hacer de forma Manual, Semiautomática, Automática. Una poligonal puede ser Abierta Encuadrada, Abierta Colgada, o Cerrada (como un polígono). Las poligonales cerradas del tipo que se estaciona dos veces en la estación de partida (una como salida y otra como llegada) se definirán como encuadradas. En las siguientes figuras se puede visualizar los resultados de los cálculos topográficos.

Figura 52. Visualización de listado de coordenadas

ESTACION	X	Y	Z	Tipo Base	Descripción1
E2	411407.063	4401609.250	777.149	FE NO	
E1	411365.962	4401763.499	780.175	FE NO	
E3	0.000	0.000	0.000	FE NO	
E4	0.000	0.000	0.000	FE NO	
E5	0.000	0.000	0.000	FE NO	
D1	0.000	0.000	0.000	FE NO	

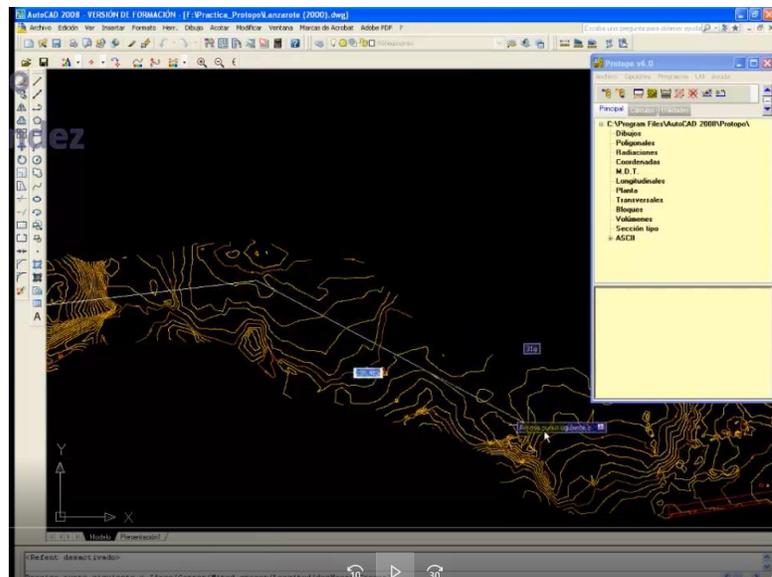
Fuente: (aptop, 2018)

Figura 53. Curvas de nivel



Fuente: (aptop, 2018)

Figura 54. Trazado línea de cero

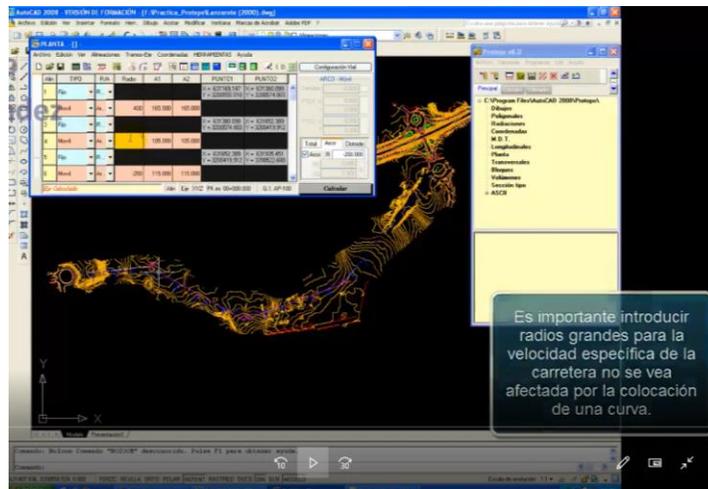


Fuente: (aptop, 2018)

#### 9.4.2. Diseño Alineamiento horizontal.

Para el diseño de las alineaciones horizontales, existe un módulo que trabaja a partir de capas. Para ello, se debe seleccionar la polilínea que forma la alineación, y el eje del diagrama, así como el ancho del mismo. El diagrama de alineaciones se ajustará al ancho de este, o sea que se escalará según sea el ancho, siendo los valores de radio negativos los que estarán en la parte inferior del eje, y los valores de radios positivos los que estarán en la parte superior del eje. En la siguiente figura se observa el resultado de esto.

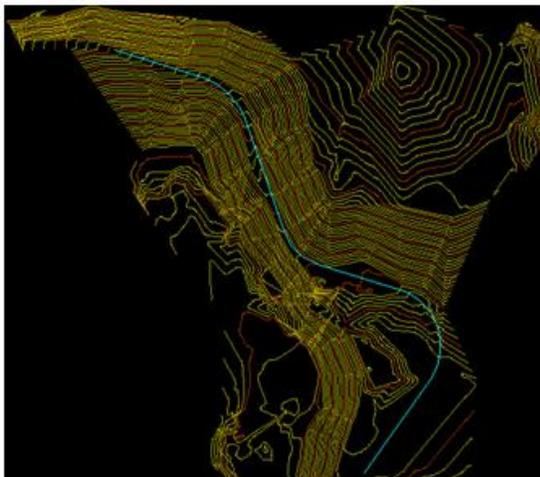
Figura 55. Menú Alineamiento horizontal



Es importante introducir radios grandes para la velocidad específica de la carretera no se vea afectada por la colocación de una curva.

Fuente: (aptop, 2018)

Figura 56. Alineamiento horizontal

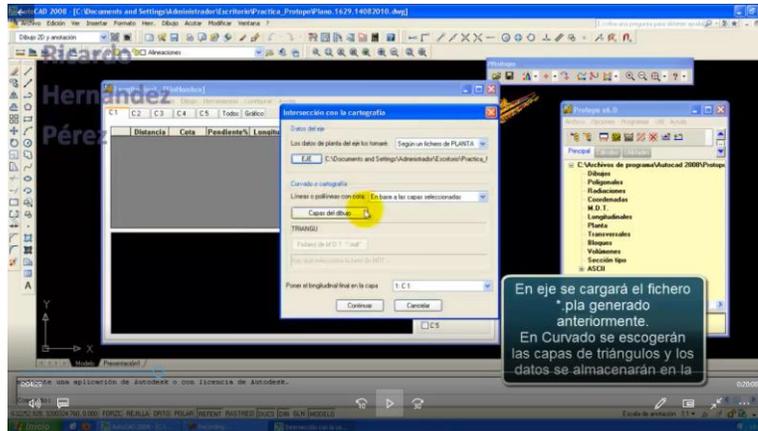


Fuente: (aptop, 2018)

### 9.4.3. Diseño Alineamiento vertical.

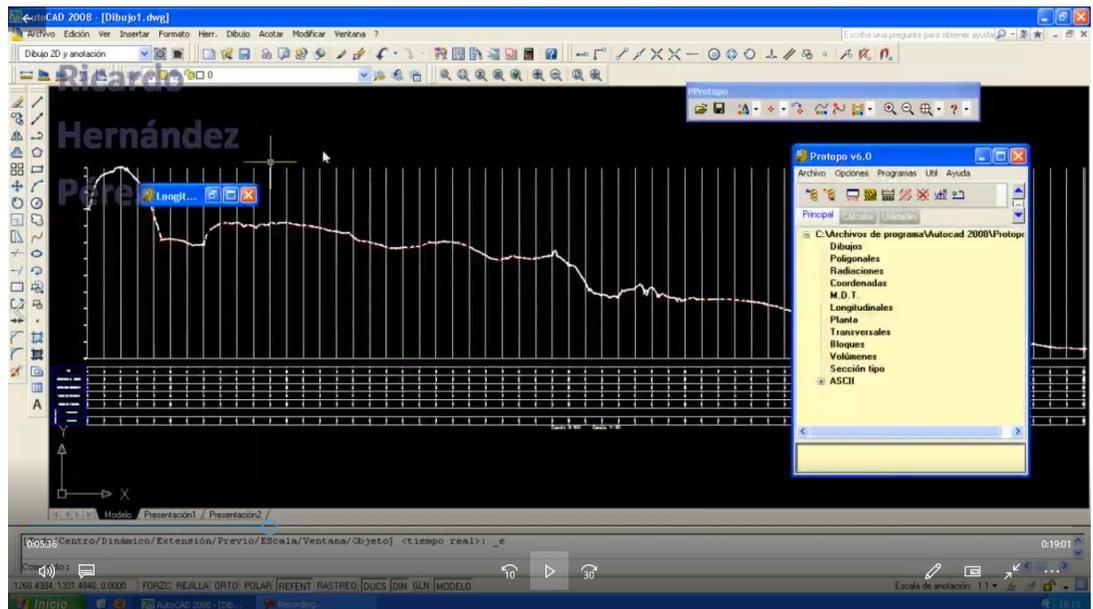
Para el cálculo de los alineamientos verticales, se ubican los PKs en diferentes capas. Cada una de ellas con un color específico. Se puede trabajar con Autocad. Además, se puede trabajar con hasta cinco "instancias", (cinco programas de transversales), al mismo tiempo, cada una de ellas con un archivo de transversales diferente.

Figura 57. Menú crear alineamiento vertical



Fuente: (aptop, 2018)

Figura 58. Visualización de perfil longitudinal

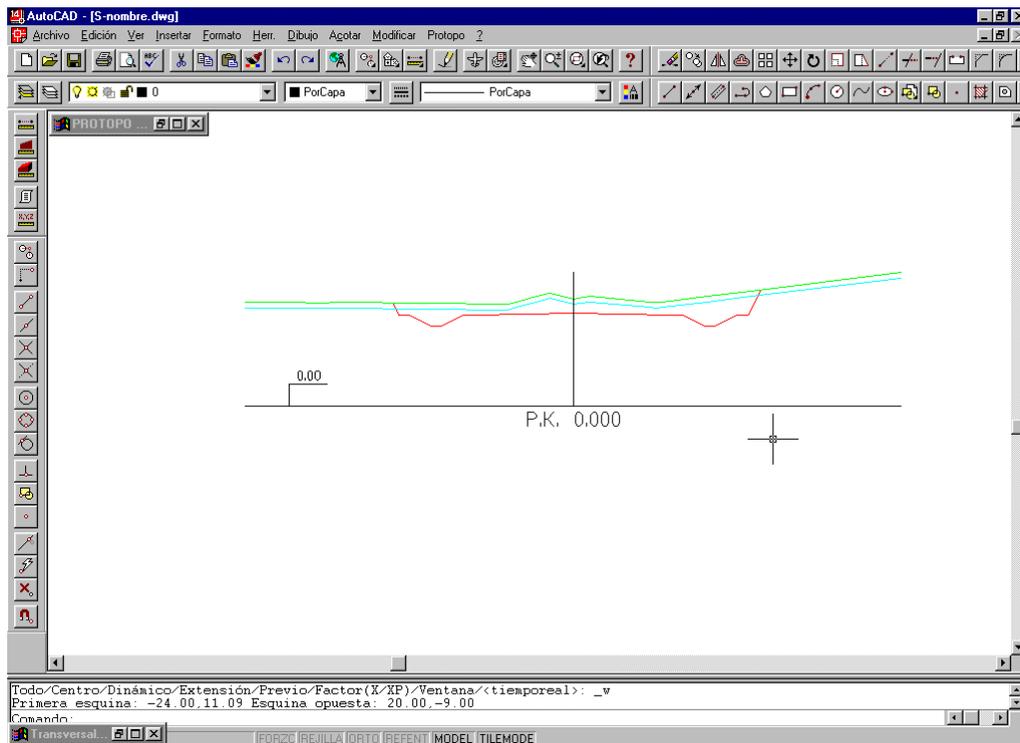


Fuente: (aptop, 2018)

#### 9.4.4. Secciones transversales.

Para el cálculo de las secciones transversales se deben tener en cuenta parámetros como la cota base, las líneas de ejes, y los textos de los puntos correspondientes. se puede seleccionar la capa, estilo, altura y decimales que se desea para el texto y las líneas que forman la cota base. También se puede decidir la distancia, en metros plano, entre el vértice más bajo de los perfiles transversales que se dibujen y esta línea de la cota base.

Figura 59. Secciones transversales en perfil

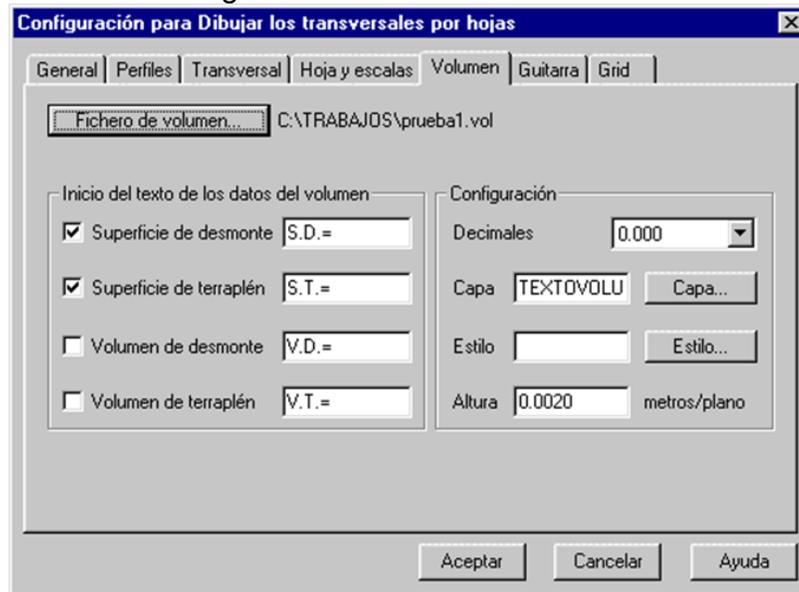


Fuente: (apto, 2018)

#### 9.4.5. Cálculo de Volúmenes.

Los volúmenes pueden asociarse con los perfiles transversales y los datos del mismo que se desea calcular. Los datos son almacenados en un archivo con extensión .vol. Los volúmenes de corte y terraplén son los que corresponden al anterior punto con el visualizado, por lo que el primer transversal dibujado no tendrá ningún valor para estos datos.

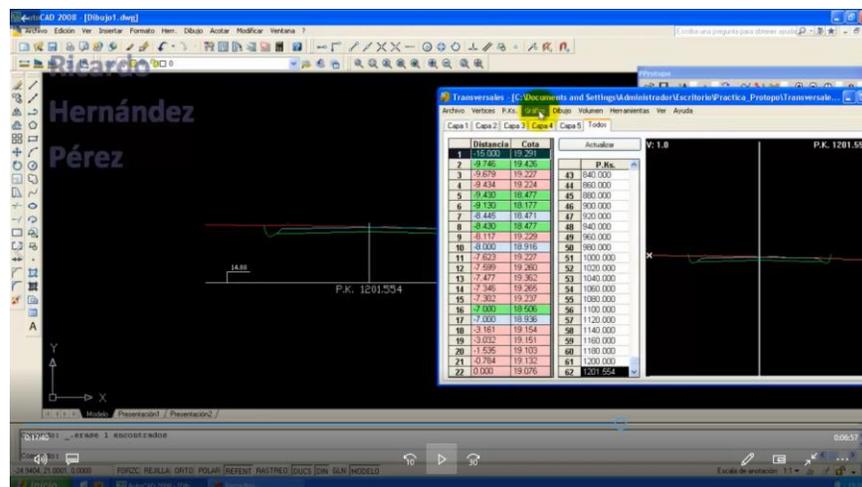
Figura 60. Cálculo de volumen



Fuente: (aptop, 2018)

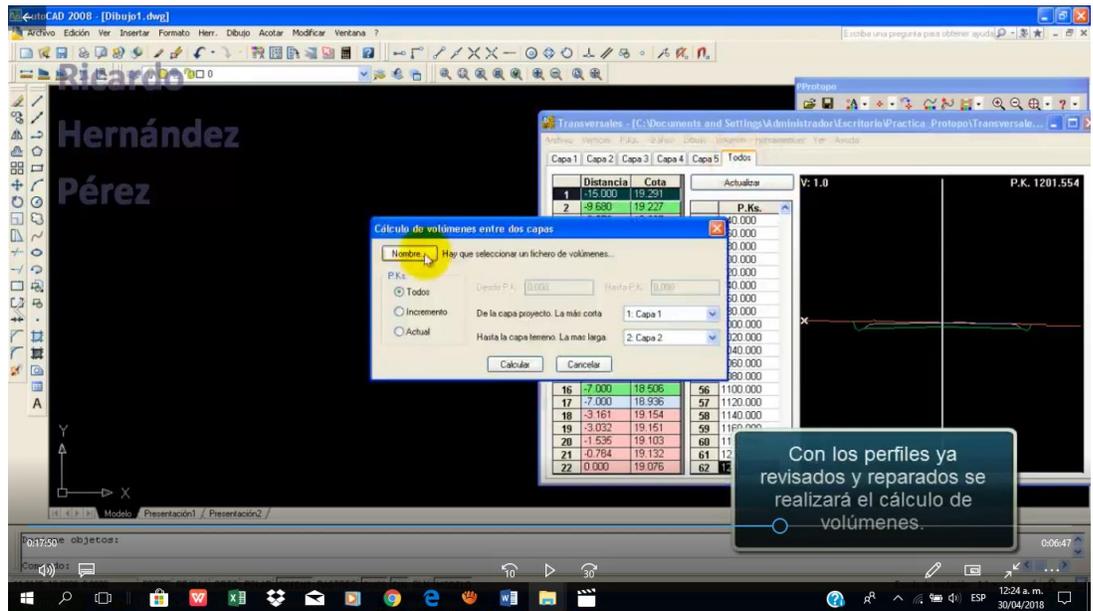
Para calcular el volumen entre dos modelos es necesario tener dos archivos o grupo de datos de modelos generados por la aplicación Triangulación y Curvado. Con estos dos archivos se calcula un tercer modelo digital, para calcular el volumen y dibujar un mapa de colores. Este mapa indicará donde existe corte y donde terraplén. Se debe hacer la revisión de los perfiles ya creados para la posterior cálculo de volumen

Figura 61. Revisión de secciones



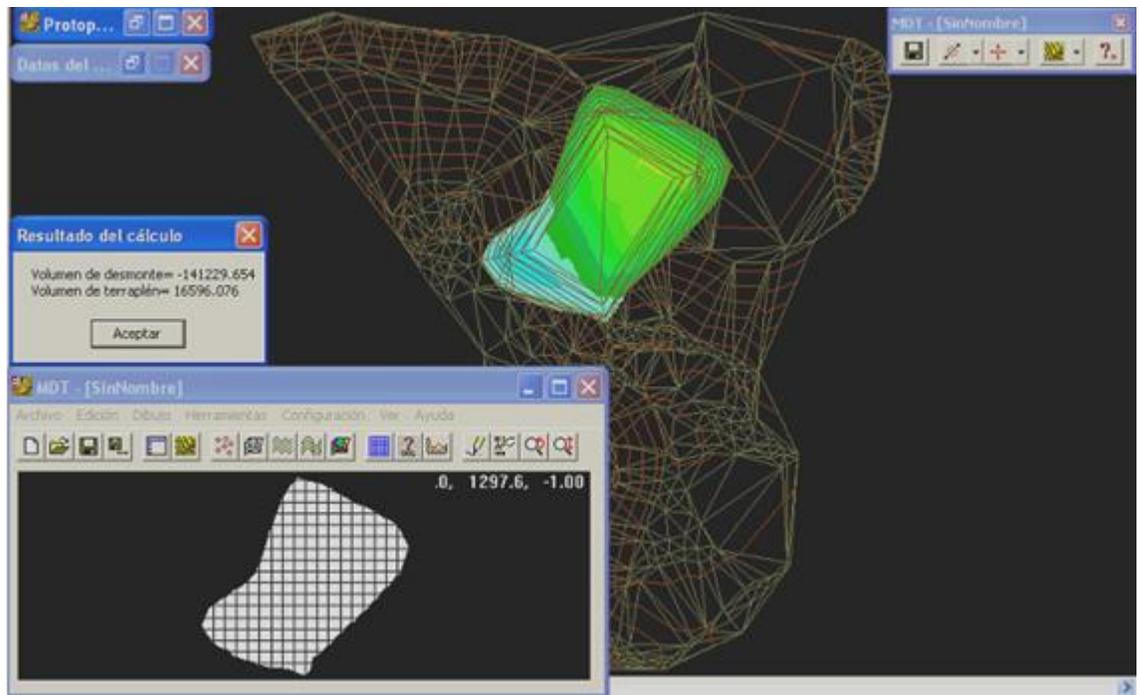
Fuente: (aptop, 2018)

Figura 62. Calculo de volumen



Fuente: (aptop, 2018)

Figura 63. Visualización de volúmenes



Fuente: (aptop, 2018)

## 9.5. EAGLE POINT

Esta herramienta fue diseñada en 1983 por la compañía de Eagle Point Software Company con el objetivo de brindar soluciones para distintos tipos de proyectos de ingeniería, incluyendo la ingeniería civil y arquitectura. Dentro de sus funciones está el cálculo de volúmenes de movimientos de suelos y pavimentos, como la facilidad del diseño de planos.

### 9.5.1. Topografía.

Para crear un modelo nuevo, el programa trabaja con un mallado de triángulos basado en la triangulación de Delaunay que se obtiene conectando todos los nodos válidos y los objetos seleccionados. Se debe crear una carpeta y guardarla en el disco duro. Cada modelo de superficies puede tener su propio conjunto de curvas de nivel, mallado rectangular, etc. Y el administrador de modelos de superficies, permite la vinculación de los archivos de cada modelo en particular (Chocobar, 2001). La creación de un nuevo modelo se puede lograr desde el menú Surface Modeling.

Para la triangulación se crea un modelo de superficie usando los objetos visibles dentro de su conjunto de selección. Una forma fácil de controlar los objetos que se usarán en la creación de un modelo de superficie, es mediante la activación y congelamiento de capas. De la misma manera, se pueden limitar los objetos definiendo el rango de las elevaciones. La exactitud del modelo depende los siguientes parámetros:

- Límites predefinidos
- Regiones vacías
- Líneas de cortes
- Densificación de objetos

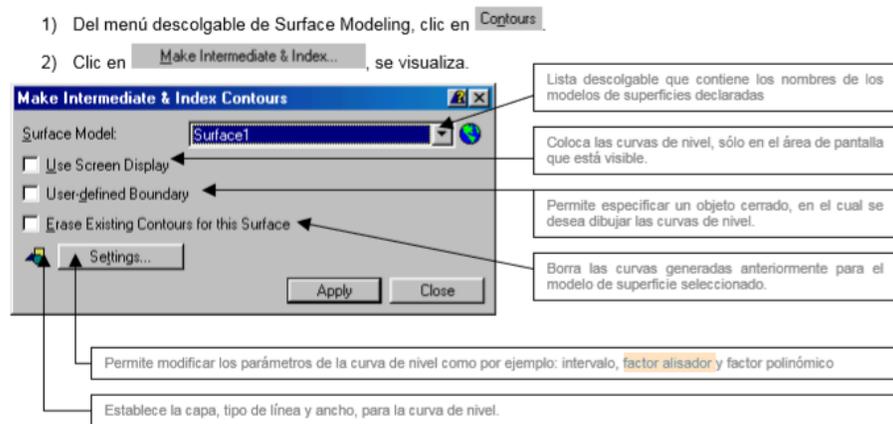
### Curvas de nivel.

Las curvas de nivel, se crean a partir de la interpolación de los lados de los triángulos del modelo de superficie. Si se especifica un factor suavizador (es un , factor que permite que las curvas de nivel se vean más ver figura x refina sus contornos para que sean más exactos construyendo sub-triángulos dentro del triángulo dado con base en la función de:

$$\text{Cantidad de sub-triángulos} = (\text{factor suavizador} + 1)^2$$

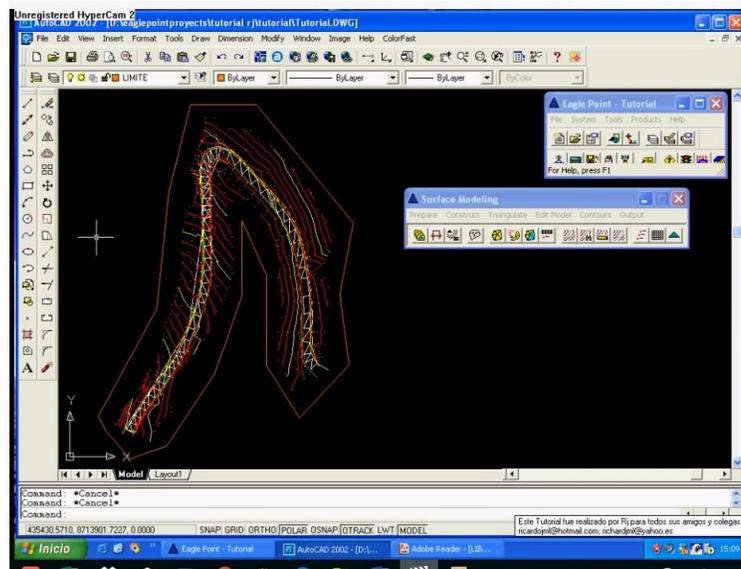
Entre mayor sea el valor del factor suavizador, las curvas de nivel se verán más definidas porque hay más catetos de triángulos para interpolar. El algoritmo alisador también pasa por un análisis de la pendiente para determinar cuán cóncavos o convexos son los triángulos interiores recientemente formados. Basándose en el grado de concavidad, los triángulos interiores se ajustan ligeramente en su elevación para producir un modelo menos dentado, lo cual produce contornos más suaves (Chocobar, 2001). Las curvas de nivel se pueden acotar desde el menú Contours >> Annotate.

Figura 64. Menú para construir curva de nivel



Fuente: (Chocobar, 2001)

Figura 65. Curvas de nivel



Fuente: (Chocobar, 2001)

## Elevaciones.

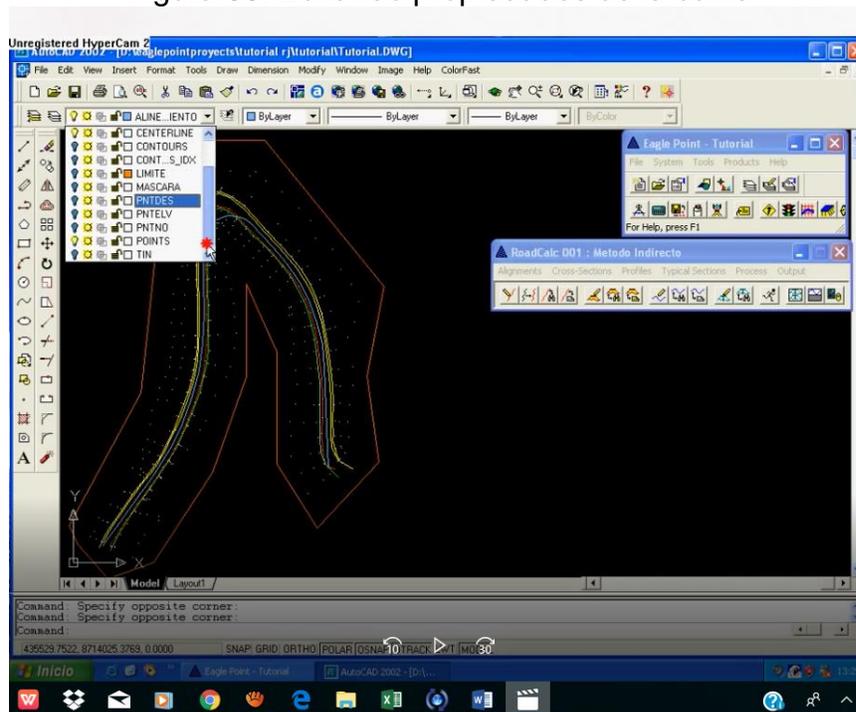
En algunas ocasiones, en vez de definir el modelo de superficie, se puede trabajar con elevaciones puntuales. Para ingresar un punto con su valor de elevación se debe ingresar al menú de Surface Modeling y seguir la ruta Output>>Spot Elevation Labels. Una vez obtenido el modelo, desde el área gráfica se puede realizar el seguimiento de las elevaciones.

### 9.5.2. Alineamiento horizontal, alineamiento vertical, secciones

Para los siguientes temas solo se presenta las imágenes de pantalla obtenidos de los videos que están en el anexo 1: carpetas 1, 1.4, V 1.4.2. Donde se puede seguir el paso a paso para diseñar con este software porque hay poca información escrita y audio visual.

### 9.5.3. Diseño Alineamiento horizontal.

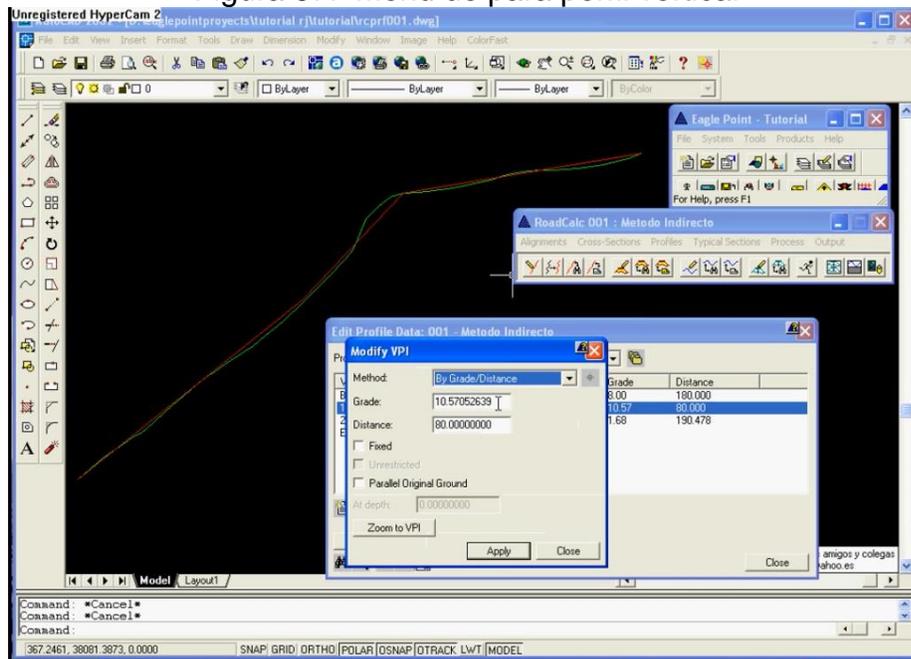
Figura 66. Editando propiedades de la curva



Fuente: (Chocobar, 2001)

### 9.5.4. Diseño Alineamiento vertical.

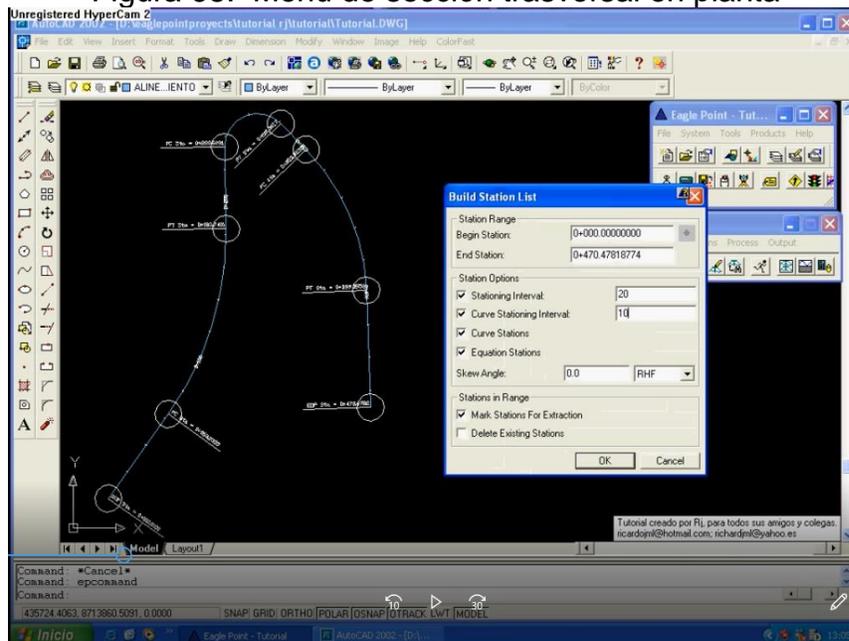
Figura 67. Menú de para perfil vertical



Fuente: (Chocobar, 2001)

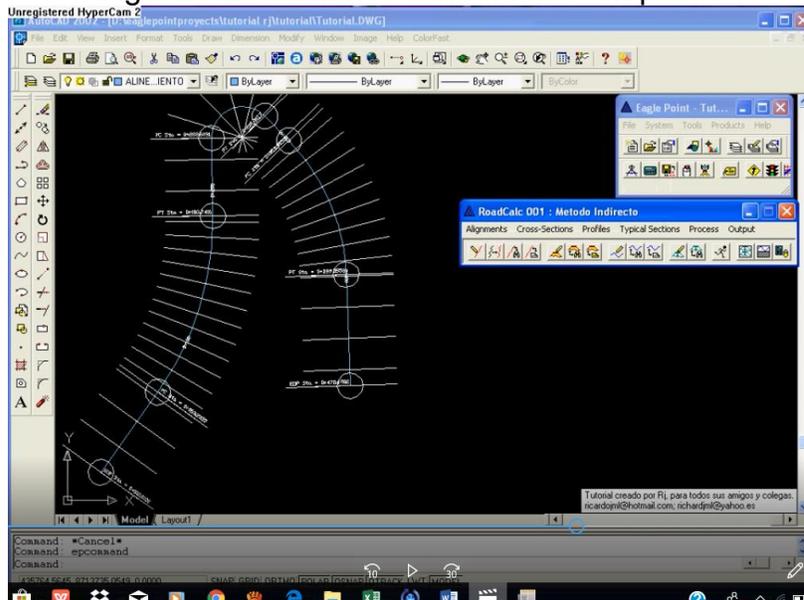
### 9.5.5. Secciones transversales.

Figura 68. Menú de sección trasversal en planta



Fuente: (Chocobar, 2001)

Figura 69. Secciones transversales en planta



Fuente: (Chocobar, 2001)

## 9.6. VIAS

Este programa fue desarrollado en el 2007 por el Ing. Jhon Jairo Agudelo. Es un software libre para el diseño geométrico de vías, topografía y SIG. Permite realizar el diseño completo o una etapa cualquiera dentro de un proyecto de una carretera. Posee comandos fáciles de usar. Trabaja bajo la plataforma de Autocad y está en español. Ejecuta de manera completa y precisa cada una de las etapas de un diseño de una carretera. El alineamiento horizontal se puede realizar utilizando curvas circulares o espirales. Obtiene perfiles, realiza el diseño vertical, calcula y dibuja de manera automática el peralte, obtiene secciones transversales, calcula el movimiento de tierra, afectación de predios y dibuja la banca proyectada en 3 dimensiones. Además de realizar el diseño gráfico suministra una completa información en archivos de texto y en Excel. Adicionalmente presenta una serie de aplicaciones prácticas para topografía y SIG (Ospina, 2008).

### 9.6.1. Definición de especificaciones.

Para simular una aplicación en VIAS se requiere en primer lugar definir las especificaciones generales del proyecto a partir de menú Vías >> Espro.

Figura 70. Especificaciones

VALORES	
Velocidad de Diseño:	50
Ancho de calzada:	7.30
Berma Izquierda:	1.80
Berma Derecha:	1.80
Pendiente máxima(%):	10
Pendiente mínima(%):	0.5
Peralte máximo(%):	8.0
Bombeo(%):	2.00
Longitud circular mínima:	20.0
Longitud espiral mínima:	30.0
Longitud vertical mínima:	40.0

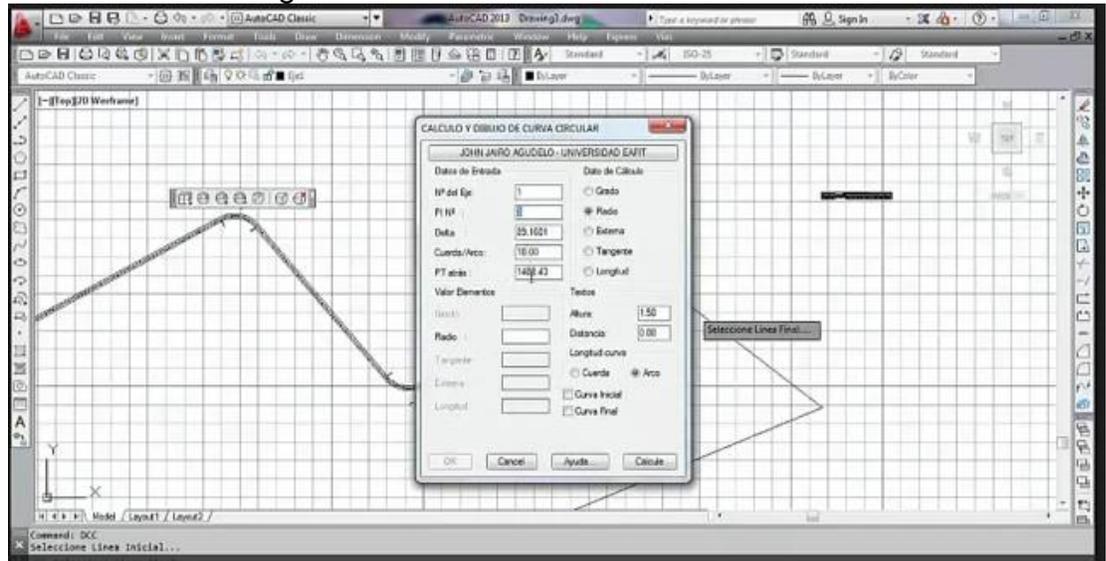
Fuente: (Ospina, 2008)

### 9.6.2. Diseño Alineamiento horizontal.

Para el alineamiento horizontal, El programa cuenta con cuatro comandos para el diseño de curvas horizontales: DCC (Dibujo Curva Circular), DCEC (Dibujo Curva Espiral Circular), DCEE (Dibujo Curva Espiral Espiral) y ESPIAS (Espiras asimétrica). Los cuatro comandos generan también un cuadro de elementos, un vínculo con atributos ubicado en el PI, un archivo de texto y un archivo Excel.

También es posible anular curvas ya diseñadas y reiniciar el diseño en cualquier punto. Cada diseño tiene su propia ventana de diálogo que se presenta al señalar las líneas que conforman el PI horizontal a diseñar (Ospina, 2008).

Figura 71. Creando curva horizontal

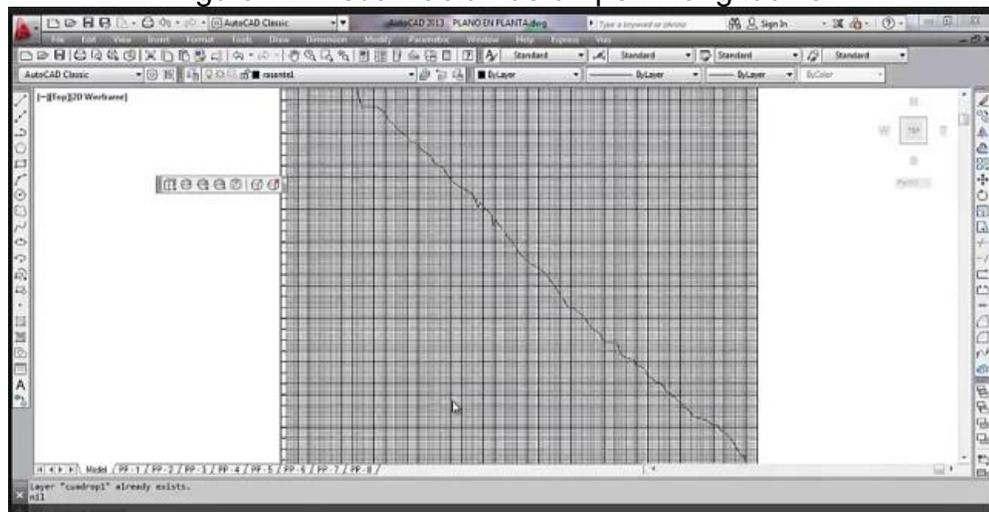


Fuente: (Ospina, 2008)

### 9.6.3. Diseño Alineamiento vertical.

Para el alineamiento vertical, se cuenta con varias herramientas para el diseño de la rasante así como para el cálculo y dibujo de curvas verticales. Para ello se utiliza el menú: vías >> alineamiento vertical >> CV-1000. El comando también genera cuadro de atributos y un archivo de texto con los resultados. Al igual que las curvas horizontales estas también se pueden anular (Ospina, 2008).

Figura 72. Visualización de un perfil longitudinal

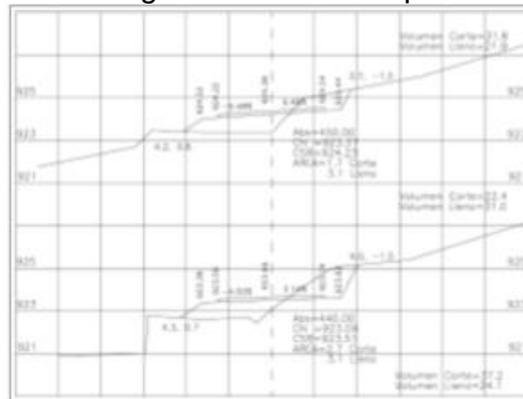


Fuente: (Ospina, 2008)

#### 9.6.4. Secciones transversales y volumen

Las secciones transversales forman parte del movimiento de tierras. Esto se encuentra en el menú: vías >> secciones transversales. Allí se encontrarán varias comandos como TOMASE, relacionado con Tomar secciones; RASTRO, con cuadro de Banca; SECTO, para Banca (Ospina, 2008). Los datos obtenidos pueden exportarse en AutoCad o en Excel.

Figura 73. Sección tipo

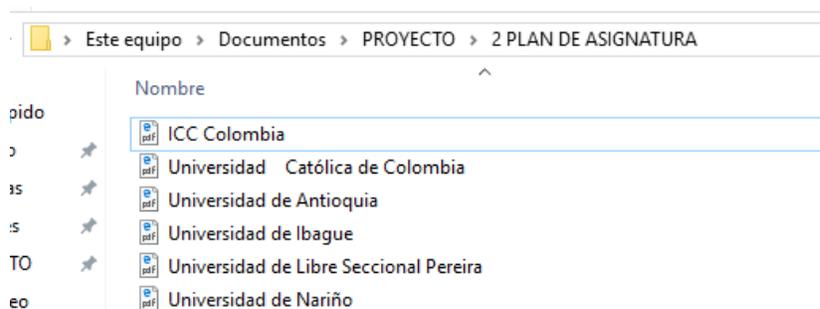


Fuente: (Ospina, 2008).

### 10. PLAN DE ASIGNATURA DE PROYECTO DE CARRETERAS

En el DVD del proyecto que tiene 3 carpetas: **1 SOFTWARE, 2 PLAN DE ASINATURA, 3 TEXTO DE GUIAS**. En la carpeta numero 2 contiene 6 pdf con 6 contenidos programático relacionado en el área de vías y el diseño geométrico de carretera a continuación de lista las instituciones o universidades a nivel nacional con sus respectivo plan de asignatura. Como se observa en la figura 74.

Figura 74. Carpeta de plan de asignatura



Fuente: Autora

## 10.1. ICC COLOMBIA, CURSO DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS

Figura 75. Plan de estudios ICC

### Contenido Programático

#### 1. Aspectos Generales

#### 2. Interpretación y manejo de datos topográficos

- 2.1. Tipos de levantamiento topográficos para proyectos viales
- 2.2. Modelos digitales del terreno
- 2.3. Creación de un modelo digital del terreno
- 2.4. Visualización de modelo digital del terreno en 2D y 3D

#### 3. Controles para el diseño

- 3.1. Velocidad de diseño
- 3.2. Vehículos de diseño
- 3.3. Distancia visibilidad

#### 4. Diseño del alineamiento horizontal

- 4.1. Recomendaciones para el trazado
- 4.2. Curvas horizontales
- 4.3. Curvas simples
- 4.4. Curvas Espiral – Circulo – Espiral
- 4.5. Peraltes y transición del peralte

#### 5. Diseño del alineamiento vertical

- 5.1. Diseño del alineamiento vertical
- 5.2. Pendientes mínima y máxima
- 5.3. Longitudes mínima y máxima
- 5.4. Tipos de curvas verticales
- 5.5. Parámetros de control de diseño
- 5.6. Cuadro de vista del perfil

#### 6. Diseño de la sección transversal de la vía

- 6.1. Anchos de calzada, bermas y sobre-anchos
- 6.2. Taludes
- 6.3. Ensamble de elementos de la sección transversal

#### 7. Modelos de carreteras y reportes

- 7.1. Reportes de volúmenes de movimientos de tierra (corte y relleno)
- 7.2. Reporte de cantidades de obra
- 7.3. Carteras de replanteo (eje, borde y chaflanes)
- 7.4. Carteras de alineamientos horizontal y vertical

Fuente: (ICCS, 2018)

## 10.2. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

Figura 76. Plan de estudios Universidad Católica de Colombia



INSTRUMENTO PARA EL DISEÑO DE ASIGNATURAS			
UNIDADES TEMÁTICAS			
<i>Diligencie según corresponda</i>			
<a href="#">Verificar Número de créditos</a>			
<b>UNIDAD 1</b>		<b>HAD</b>	<b>HTI</b>
	<b>CRITERIOS GENERALES</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
1.	La Infraestructura Vial en el Marco de los Sistemas de Movilidad		
2.	Planeación y fases de un Proyecto de Carreteras		
3.	Clasificación de los terrenos		
4.	Clasificación de Carreteras		
5.	Típos de proyectos viales		
6.			
<b>UNIDAD 2</b>		<b>HAD</b>	<b>HTI</b>
	<b>DISEÑO EN PLANTA</b>	<b>32</b>	<b>48</b>
1.	Especificaciones básicas geométricas del diseño de una vía		
2.	Alineamiento Horizontal, Trazado de Línea de ceros		
3.	Curvas circulares simples y compuestas		
4.	Selección de Ruta		
5.	Curvas de transición o espirales		
6.	Peralte y sobreebancho		
<b>UNIDAD 3</b>		<b>HAD</b>	<b>HTI</b>
	<b>DISEÑO EN PERFIL y SECCIÓN TRANSVERSAL</b>	<b>16</b>	<b>24</b>
1.	Alineamiento Vertical, Criterios fundamentales.		
2.	Diseño y cálculo de curvas verticales		
3.	Distancias de visibilidad		
4.	Cartera de Rasante		
5.			
6.			
<b>UNIDAD 4</b>		<b>HAD</b>	<b>HTI</b>
	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
1.	Chafflanes		
2.	Areas y volúmenes		
3.	Diagrama de masas		
4.			
5.			
6.			

Fuente: (Universidad Católica de Colombia, 2018)

### 10.3. UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Figura 77. Plan de estudios Universidad de Antioquia



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA AMBIENTAL



Página 2

<b>Propósito del curso:</b>	Mostrar al estudiante la rama de las vías terrestres en la Ingeniería Civil para que aprenda los conceptos básicos de diseño de una carretera y sepa aplicarlos en su vida profesional.
<b>Justificación:</b>	La ingeniería de transporte es una de las ramas de la Ingeniería Civil que incluye la planificación, diseño, construcción, manejo y administración de obras viales, las cuales son fundamentales para el desarrollo económico de un país para poder comunicar poblaciones tanto interior como exteriormente y así transportar pasajeros y carga por medio de una infraestructura vial adecuada.
<b>Objetivo General:</b>	Desarrollar en forma teórica y práctica la técnica para el estudio del trazado preliminar, proyecto, diseño y localización de una carretera con criterios de economía, comodidad y seguridad.
<b>Objetivos Específicos:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Familiarizar al estudiante con el empleo de herramientas computacionales para manejar la información y optimizar el diseño geométrico de la vía.</li> <li>• Estudiar la normatividad colombiana respecto a vías terrestres y aplicarla a diseños específicos.</li> </ul>
<b>Contenido resumido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generalidades sobre sistemas de transporte e ingeniería de tránsito.</li> <li>• Trabajos de campo y criterios de diseño geométrico</li> <li>• Alineamiento horizontal</li> <li>• Alineamiento vertical</li> <li>• Sección transversal, obras de drenaje y áreas y volúmenes</li> </ul>

Fuente: (Universidad de Antioquia, 2018)

## 10.4. UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ

Figura 78. Plan de estudios Universidad de Ibagué

---

### *Contenido*

1. Generalidades
  1. Introducción
    1. Transporte
    2. Diseño geométrico
  2. Clasificación de las carreteras
    1. Según su funcionalidad
    2. Según el tipo de terreno
  3. Características de las carreteras
    1. Velocidad
    2. Capacidad
    3. Seguridad
  4. Proyecto de una carretera
    1. Carreteras nuevas
    2. Mejoramiento de carreteras existentes
2. Controles para el diseño geométrico
  1. Velocidad de diseño
    1. Consistencia en la velocidad
    2. Velocidad de diseño del tramo homogéneo
    3. Velocidad específica de los elementos
  2. Vehículo de diseño
  3. Distancias de visibilidad
    1. Distancia de visibilidad de parada
    2. Distancia de visibilidad de adelantamiento
3. Diseño del eje en planta
  1. Curvas horizontales
    1. Curvas circulares
    2. Espiral clotoide
    3. Empalmes espirales
      1. Empalme espiral-circular-espiral
      2. Empalme espiral-espiral
      3. Otros empalmes
    4. Longitud de curvas horizontales
      1. Longitud mínima en curvas circulares
      2. Longitud de la espiral
  2. Peralte
    1. Relación entre velocidad, radio y peralte
    2. Transición del peralte
  3. Longitud de entretangencia horizontal
4. Diseño del eje en perfil
  1. Tangentes verticales
    1. Pendientes
    2. Longitudes
  2. Curvas verticales

Fuente: (Universidad de Ibagué, 2018)

## 10.5. UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA

Figura 79. Plan de estudios Universidad Libre

CONTENIDO PROGRAMATICO		
UNIDAD TEMATICA	TEMA O SUBTEMA	BIBLIOGRAFÍA
1. Generalidades, contexto y objetivo de un diseño geométrico vial.	1.1 Conceptos, objetivos y definiciones. 1.2 Puntos de referencia (PR) y Kilometro (K+). 1.3 Registro fotográfico. 1.4 Referentes históricos de las vías. 1.5 Entidades responsables en Colombia. 1.6 Clasificación de las carreteras de acuerdo al terreno y la funcionalidad, 1.7 Características y elementos. 1.8 Tipos de obras complementarias.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual de diseño geométrico de vías Instituto Nacional de Vías de Colombia INVIAS- 2002.</li> <li>▪ Memorias personales basadas en la experiencia profesional</li> </ul>
2. Estudios y etapas que componen el diseño geométrico de una vía.	2.1 Planeación y ejecución de un proyecto. 2.2 Proyectos de vías nuevas. 2.3 Mejoramiento de carreteras existentes. 2.4 Fases de proyecto de una carretera (prefactibilidad, factibilidad y diseño definitivo). 2.5 Revisión de coordenadas, cálculo de azimut y rumbos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual de diseño geométrico de vías INVIAS-2002.</li> <li>▪ CÁRDENAS Grisales James. Diseño Geométrico de Carreteras. Edición 1 (2002) y 2 (2011).</li> </ul>
3. Lineamiento en planta.	3.1 Revisión de un plano topográfico con curvas de nivel. 3.2 Línea de pendiente. 3.3 Longitud crítica de pendiente. 3.4 Trazado de poligonales. 3.5 Elementos de una curva simple. 3.6 Entre tangencias y empalmes. 3.7 Curvas compuestas. 3.8 Curvas espiralizadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ BRAVO Pablo Emilio, Trazado y localización de carreteras. Popayán: Editorial Carvajal S.A.</li> <li>▪ CHOCONTA R. Pedro Antonio, diseño geométrico de vías. Escuela colombiana de ingeniería. 1999.</li> </ul>
4. Peralte y transición de peraltado.	4.1 Dinámica de vehículo en curvas. 4.2 Casos que ocurren cuando un vehículo circula por una curva. 4.3 Determinación de ecuaciones de dinámica de vehículos en curvas. 4.4 Peraltes máximos y mínimos. 4.5 Transición de peraltado y representación. 4.6 Cartera de peraltes y transición de peraltado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CÁRDENAS Grisales James. Diseño Geométrico de Carreteras. Edición 1 (2002) y 2 (2011).</li> <li>▪ CHOCONTA R. Pedro Antonio, diseño geométrico de vías: Escuela colombiana de ingeniería. 1999.</li> </ul>

<p>5. Lineamiento en perfil.</p>	<p>5.1 Elementos.  5.2 Pendientes máximas y mínimas en las tangentes verticales.  5.3 Tipos de curvas verticales.  5.4 Criterios para el diseño en perfil, (pendientes críticas, longitud mínima, distancias de visibilidad, K).  5.5 Ecuaciones generales para el diseño en perfil y corrección por curva vertical.  5.6 Gálibos y alturas libres.  5.7 Cartera topográfica.</p>	<p>▪ BRAVO Pablo Emilio, Trazado y localización de carreteras. Popayán: Editorial Carvajal S.A.  ▪ CHOCONTA R. Pedro Antonio, diseño geométrico de vías: Escuela colombiana de ingeniería. 1999.  ▪ CARDENAS Grisales James. Diseño Geométrico de Carreteras</p>
<p>6. Sección transversal y sobre anchos.</p>	<p>6.1 Elementos de la sección transversal.  6.2 Sección transversal en tangente y en curva.  6.3 Tipos y giros de vehículos.  6.4 Sobre ancho en curvas.  6.5 Faja o derecho de vía.</p>	<p>▪ CARDENAS Grisales James. Diseño Geométrico de Carreteras.  ▪ CHOCONTA R. Pedro Antonio, diseño geométrico de vías: Escuela Colombiana de Ingeniería. 1999</p>
<p>7. Movimiento de tierra y diagrama de masas.</p>	<p>7.1 Calculo de áreas y volúmenes.  7.2 Planeación del movimiento de tierra.  7.3 Diagrama de masas.  7.4 Pesos unitarios: natural, suelto y compacto.</p>	<p>▪ CARDENAS Grisales James. Diseño Geométrico de Carreteras.  ▪ Memorias personales</p>
<p>8. Intersecciones viales.</p>	<p>8.1 A nivel: cruces, semáforos, glorietas, zonas, maniobras, intersección en "T", "Y" y cruz, carril de aceleración y desaceleración, islas, bahías.  8.2 A desnivel: triángulo, as de trébol, rotondas, salto de carnero, tipo trompeta, puentes y viaductos.</p>	<p>▪ Manual de diseño geométrico de vías. INVIAS-2002.  ▪ Coquad Roger (1965).  ▪ Memorias personales basadas en la experiencia profesional.</p>

Fuente: (Universidad Libre, 2018)

## 10.6. UNIVERSIDAD DE NARIÑO

Figura 80. Plan de estudios Universidad de Nariño

<b>UNIDAD No. 3. RUTAS Y LINEAS DE PENDIENTE.</b>	
OBJETIVOS ESPECIFICOS DE LA UNIDAD: El estudiante identificará la franja de terreno más adecuada en la cual es factible realizar la localización del trazado de una vía y de una línea de pendiente o de ceros	
	<b>TEMA</b>
3.1.	Rutas.
3.2.	Evaluación del trazado de rutas
3.3.	Líneas de pendiente.
3.4.	Taller de rutas y líneas de pendiente
3.5.	Trazado antepreliminar, trazado preliminar
3.6.	Exploración, línea de pendiente
3.7.	Proyecto de diseño

<b>UNIDAD No. 4. CRITERIOS DE DISEÑO.</b>	
OBJETIVOS ESPECIFICOS DE LA UNIDAD: El estudiante conocerá los criterios fundamentales que intervienen en el diseño geométrico de carreteras, tales como velocidad, capacidad de una vía, tránsito, vehículos, alineamiento horizontal, vertical y transversal.	
	<b>TEMA</b>
4.1.	Generalidades, factores externos e internos.
4.2.	Velocidad.
4.3.	Capacidad de una carretera.
4.4.	Tránsito: Definición, composición del tránsito
4.5.	Vehículo de diseño y sus características.
4.6.	Patrones de diseño, filosofía del diseño geométrico
4.7.	Visibilidad, factores que intervienen en las distancias de visibilidad, clases de distancias de visibilidad.
4.8.	Distancias de visibilidad de parada.
4.9.	Distancias de visibilidad de adelantamiento y encuentro
4.10.	Ancho de vía y sección transversal.
4.11.	Alineamiento horizontal.
4.12.	Seguridad Vial

<b>UNIDAD No. 5. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA DE LA CARRETERA EMPLEANDO CURVAS CIRCULARES</b>	
OBJETIVOS ESPECIFICOS DE LA UNIDAD: Los estudiantes conocerán los diferentes elementos componentes y la metodología del diseño en planta de una vía: alineamientos y	

curvas circulares simples y compuestas de dos y tres radios. Realizarán el diseño geométrico en planta y su localización en campo.	
	<b>TEMA</b>
5.1.	Introducción, elementos y secciones.
5.2.	Peralte, coeficiente de fricción lateral, transición del peralte.
5.3.	Sobreeancho.
5.4.	Curvas circulares simples.
5.5.	Sistemas y deflexiones
5.6.	Ejemplos de diseño de curvas circulares
5.7.	Curvas circulares compuestas de dos y tres radios
5.8.	Transición de peraltado.
5.9.	Ejemplos de cálculo de transición de peraltado
5.10.	Diseño geométrico en planta del eje con curvas circulares
5.11.	Diseño mediante software

<b>UNIDAD No. 6. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA DE UNA CARRETERA EMPLEANDO CURVAS ESPIRALES</b>	
OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA UNIDAD: Conocer los diferentes elementos componentes y la metodología del diseño en planta de una vía: alineamientos y curvas espirales y diseño geométrico en planta.	
	<b>TEMA</b>
6.1.	Introducción
6.2.	Curvas espirales de transición, conceptos, clasificación.
6.3.	La Espiral de Euler, ecuaciones de la clotoide.
6.4.	Diseño de empalmes
6.5.	Longitud mínima de la espiral de transición.
6.6.	Transición de peraltado.
6.7.	Sobreeancho en curvas
6.8.	Diseño geométrico en planta del eje con curvas espirales
6.9.	Diseño mediante software

<b>6. PRACTICAS.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trazado de rutas</li> <li>• Trazado de la línea antepreliminar, preliminar.</li> <li>• Trazado de diseño geométrico en planta del eje con curvas circulares.</li> <li>• Trazado de diseño geométrico en planta del eje con curvas espirales.</li> </ul>	

Fuente: (Universidad de Nariño, 2018)

## 10.7. TEMAS EN COMUN

En el orden cronológico se puede decir que estos temas se encuentran en los programas de las asignaturas de diferentes universidades. En las Tablas 2, 3 y 4 se puede observar un cuadro comparativo de las de la temática de las asignaturas. Estas varían en nombres y en algunos temas pero todos enfocados al diseño geométrico de vías.

**Tabla 2** Cuadro comparativo de signatura de vías de cada universidad

ICC COLOMBIA, CURSO DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS Nombre de asignatura: Curso diseño geométrico de vías	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA Nombre de asignatura: Proyecto de carretera	UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA Nombre de asignatura: Diseño geométrico de vías	UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ Nombre de asignatura: Diseño geométrico de vías	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA Nombre de asignatura: Diseño de vías	UNIVERSIDAD DE NARIÑO Nombre de asignatura: Diseño geométrico de carreteras I
<b>Diseño del alineamiento horizontal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recomendaciones para el trazado</li> <li>• Curvas horizontales</li> <li>• Curvas simples,</li> <li>• Curvas Espiral – Circulo – Espiral</li> <li>• Peraltes y transición del peralte</li> </ul>	<b>Diseño en planta</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificaciones básicas geométricas del diseño de una vía</li> <li>• Alineamiento horizontal, trazado de una línea de ceros.</li> <li>• Curvas circulares simples y compuestas</li> <li>• Selección de ruta</li> <li>• Curvas de transición o espirales</li> <li>• Peralte y sobreechanco</li> </ul>	<b>Alineamiento horizontal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Generalidades Elementos</li> <li>• Curva circular</li> <li>• Curvas de transición</li> <li>• Radio de curvatura</li> <li>• Peralte</li> <li>• Variantes</li> <li>• Sobreechanco</li> </ul>	<b>Diseño del eje en planta</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Curvas horizontales, Curvas circulares, Espiral clotoide</li> <li>• Peralte</li> </ul>	<b>Lineamiento en planta</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de un plano topográfico con curvas de nivel.</li> <li>• Línea de pendiente.</li> <li>• Longitud crítica de pendiente.</li> <li>• Trazado de poligonales.</li> <li>• Elementos de una curva simple.</li> <li>• Entre tangencias y empalmes.</li> <li>• Curvas compuestas.</li> <li>• Curvas espiralizadas</li> </ul>	<b>Diseño en planta Alineamiento horizontal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutas</li> <li>• Evaluación del trazado de rutas</li> <li>• Línea de pendiente</li> <li>• Trazado preliminar</li> <li>• Introducción, elementos y secciones.</li> <li>• Peralte, coeficiente de fricción lateral, transición del peralte. Sobreechanco.</li> <li>• Curvas circulares simples.</li> <li>• Sistemas y deflexiones</li> <li>• Diseño geométrico en planta del eje con curvas circulares mediante software</li> </ul>

Fuente: Autora

**Tabla 2 (continuación)** Cuadro comparativo de signatura de vías de cada universidad

ICC COLOMBIA, CURSO DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS Nombre de asignatura: Curso diseño geométrico de vías	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA Nombre de asignatura: Proyecto de carretera	UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA Nombre de asignatura: Diseño geométrico de vías	UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ Nombre de asignatura: Diseño geométrico de vías	UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA Nombre de asignatura: Diseño de vías	UNIVERSIDAD DE NARIÑO Nombre de asignatura: Diseño geométrico de carreteras I
<b>Diseño del alineamiento vertical</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño del alineamiento vertical</li> <li>• Pendientes mínima y máxima</li> <li>• Longitudes mínima y máxima</li> <li>• Tipos de curvas verticales</li> <li>• Parámetros de control de diseño</li> <li>• Cuadro de vista del perfil</li> </ul>	<b>Diseño en perfil</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alineamiento vertical, criterios fundamentales</li> <li>• Diseño y cálculo de curvas verticales</li> <li>• Distancias de visibilidad</li> <li>• Cartera de rasante</li> </ul>	<b>Alineamiento vertical</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Generalidades</li> <li>• Elementos</li> <li>• Perfil</li> <li>• Pendientes</li> <li>• Curva vertical</li> <li>• Tangentes</li> <li>• Rasante</li> </ul>	<b>Diseño del eje en perfil</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tangentes verticales</li> <li>• Pendientes</li> <li>• Longitudes</li> <li>• Curvas verticales</li> </ul>	<b>Lineamiento en perfil</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos.</li> <li>• Pendientes máximas y mínimas en las tangentes verticales.</li> <li>• Tipos de curvas verticales.</li> <li>• Criterios para el diseño en perfil, (pendientes críticas, longitud mínima, distancias de visibilidad, K).</li> <li>• Ecuaciones generales para el diseño en perfil y corrección por curva vertical. 5.6 Gálidos y alturas libres.</li> <li>• Cartera topográfica.</li> </ul>	

Fuente: Autora

**Tabla 2 (continuación)** Cuadro comparativo de signatura de vías de cada universidad

<p>ICC COLOMBIA, CURSO DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS Nombre de asignatura: Curso diseño geométrico de vías</p>	<p>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA Nombre de asignatura: Proyecto de carretera</p>	<p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA Nombre de asignatura: Diseño geométrico de vías</p>	<p>UNIVERSIDAD DE IBAGUÉ Nombre de asignatura: Diseño geométrico de vías</p>	<p>UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA Nombre de asignatura: Diseño de vías</p>	<p>UNIVERSIDAD DE NARIÑO Nombre de asignatura: Diseño geométrico de carreteras I</p>
<p><b>Diseño de la sección transversal de la vía</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anchos de calzada, bermas y sobreanchos</li> <li>• Taludes</li> <li>• Ensamble de elementos de la sección transversal</li> </ul> <p><b>Modelos de carreteras y reportes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reportes de volúmenes de movimientos de tierra (corte y relleno)</li> <li>• Reporte de cantidades de obra</li> <li>• Carteras de replanteo (eje, borde y chaflanes)</li> <li>• Carteras de alineamientos horizontal y vertical</li> </ul>	<p><b>Secciones transversales</b></p> <p><b>Movimiento de tierras</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chaflanes</li> <li>• Áreas y volúmenes</li> <li>• Diagrama de masas</li> </ul>	<p><b>Sección transversal, obras de drenaje y áreas y volúmenes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos</li> <li>• Ancho de zona o derecho de vía</li> <li>• Corona ,Calzada ,Berma, Cuneta y Taludes</li> <li>• Pavimento (estructura)</li> <li>• Banca y semi-banca</li> <li>• Ronda de coronación</li> <li>• Zanja de drenaje</li> <li>• Subdrenaje (filtros)</li> <li>• Muros de contención</li> <li>• Áreas</li> <li>• Volúmenes de tierra</li> </ul>	<p><b>Diseño de la sección transversal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos geométricos</li> <li>• Sobreancho</li> <li>• Chaflanes</li> <li>• Cubicación</li> <li>• Curva de masa</li> </ul>	<p><b>Sección transversal y sobre anchos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos de la sección transversal.</li> <li>• Sección transversal en tangente y en curva.</li> <li>• Tipos y giros de vehículos.</li> <li>• Sobre ancho en curvas.</li> <li>• Faja o derecho de vía.</li> </ul>	

Fuente: Autora

De la información extraída del plan de asignatura de cada universidad se puede decir que los temas en común sintetizados y trabajables con en el software son los siguientes:

- Tener claridad de las generalidades de diseño, clasificación de carretera, criterios de diseño según las normativas.
- Topografía: Interpretación y manejo de datos topográfico
- Alineamiento horizontal: línea de pendiente, curvas horizontales etc.
- Alineamiento vertical: curvas verticales, cuadro de vista de perfiles
- Secciones transversales:
- Movimiento de tierra : cálculo de volúmenes

#### **11.UNA ALTERNATIVA DE GUIA CON LAS FUNCIONES PRINCIPALES PARA LA FORMACION EN EL AREA DE VIAS DE INGENIERIA CIVIL**

De acuerdo con la información del numeral 10.7. a continuación se relaciona las funciones de los softwares con los temas en común que sirva como una alternativa guía para ser consultado en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

**Tabla 3** Guía para consultar tema de interés en manual y video recopilados

No.	Softwares	Manuales y Videos guía	Temas (nombre)				
			Topografía	Alineamiento horizontal	Alineamiento vertical	Secciones transversales	Movimiento de tierra
1	DataGeosis	M 1.1.1	Pág. 98 a pág. 126 Creando libreas de coordenadas.  Pág. 208 a pág. 221	Pág. 242 a pág. 244  Calculo de curvas horizontales	Pág. 249 a pág. 250  Creando de perfil longitudinal  Pág. 249 a pág. 272 Cálculos de perfiles	Pág. 251 a pág. 253 creando perfiles transversales	Pág. 223 a pág. 230 cálculo de volumen  Pág. 268 a pág. 267
		V1.1.2	Video 2: Digitando datos de poligonal	Video 3: Calculo de curvas horizontales	Video 4: Perfil longitudinal min. 0:00-4:01	Video 4: Configuraciones min.4:01-7:10  Secciones transversales min. 7:10- 9:00	Video 5 y video 6 Calculo de volumen
2	MDT	M1.2.1	Pag.5 a pag.8 Gestión de Puntos	Pág. 17 a Definición de Eje.	Pag.20 a 21 Obtención del Perfil Longitudinal	Pág. 18 a 19 Obtención de Perfiles Transversales	Pag.23-27 Cálculo de Volúmenes.
		V1.2.2	Video 2: gestión de punto	Video 3: min. 0:00-9:11 creacion del eje	Video 4: min. 02:00-3:23  Perfil longitudinal	Video 3: min.9.11-11:52  Secciones trasversales	Video 5: cálculo de volumen

**Tabla 3** (continuación) Guía para consultar tema de interés en manual y video recopilados

No.	Softwares	Manuales y Videos guía	Temas (nombre)				
			Topografía	Alineamiento horizontal	Alineamiento vertical	Secciones transversales	Movimiento de tierra
3	AutoCAD Civil 3D	M 1.3.1	Pág. 11 a 21 gestión de punto  Pág. 22 a 42 Gestión y manejo de superficies	Pag.43 a 64 Alineamiento horizontales	Pág. 65 a 98  Perfiles longitudinales	Pág. 130 a 138  Secciones transversales	Pág. 139 a 153  Calculo de volumen
		V1.3.2	Video 2 y video 4 : importación de punto  Video 5:agrupación de punto  Video 6: min.0- 3.12 Configuraciones de curvas de nivel	Video 6: min. 2.13-2:24 curvas horizontales, Líneas de pendiente	Video 6: perfil longitudinal min 2:12-18:6. (minto18:07,peralte,sobre anchos	Video 6: insertar secciones transversales 24:46-33.00  Vista de secciones transversales 33:00-36:30	Video 6: selección de área de corte y relleno min.-24:46-33.00  Ajuste de desfase de las y cálculo de volumen asociado a cada sección 36:30-39:30  Diagrama de masa y tabla de volumen total  39: 31-44:52

**Tabla 3** (continuación) Guía para consultar tema de interés en manual y video recopilados

No.	Softwares	Manuales y Videos guía	Temas (nombre)				
			Topografía	Alineamiento horizontal	Alineamiento vertical	Secciones transversales	Movimiento de tierra
4	<b>Protopo</b>	M 1.4.1	Link Cálculos topográficos	Link Trazado en planta v5.0	Link Longitudinales	Link Transversales	Información no disponible
		V1.4.2	Información no disponible	Video 2: Min 0:00-04:14 curvas horizontales, Líneas de pendiente	Video 2: Min 04:15 -08:37 perfil longitudinal	Video 2: Min 08:38- perfiles transversales Creación de secciones tipo	Video 2: en el minuto min 19:19 muestra la opción para el cálculo de volumen
5	<b>Eagle point</b>	M 1.5.1	PDF 1, Calculo topográficos  Pág. 4 a 5 importación de datos	Información no disponible	Información no disponible	Información no disponible	Información no disponible
		V1.5.2	Video 1 :0:00 – 17:21 importación de punto	Video 1:  Curva horizontales min.17:22-37:59	Video 1:min.45:44-1:02:51 perfil longitudinal	Video 1 : 37:58-45:45 Secciones típicas. 1:02:51-1:18:17	Información no disponible

**Tabla 3** (continuación) Guía para consultar tema de interés en manual y video recopilados

No.	Softwares	Manuales y Videos guía	Temas (nombre)				
			Topografía	Alineamiento horizontal	Alineamiento vertical	Secciones transversales	
6	Vías	M 1.6.1	Pág. 54	Pag.54 a 55 Alineamiento horizontal	Pág. 55 a 57 perfil longitudinal	Pág. 57 a 58 Movimiento de tierra(Secciones transversales)	
		V1.6.2	Información no disponible	Video 1: min. 00:00-19:04 línea de pendiente Min. 19:05 -20:00 visualización de curvas horizontales	Video 1: min. 20:01 -22:22 perfil longitudinal	Video 2: min. 19:45- 33:40	Información no disponible

Fuente: Autora

## 12. CONCLUSIONES

De esta investigación se puede concluir que el uso de herramientas computacionales como los softwares es un tema que aún no tiene la relevancia que merece dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la ingeniería civil.

Los softwares para el diseño geométrico de vías cuentan con una serie de funciones que facilitan los procesos de cálculo y planeación de una vía. Dentro de las funciones analizadas se destaca el cálculo de la topografía, los alineamientos verticales y horizontales, las secciones transversales y los cálculos de volúmenes.

Actualmente, en la industria del diseño de vías se utilizan los softwares analizados debidos a la gran importancia que tienen para el diseño geométrico de las vías. Con estas herramientas, se puede obtener diseños más precisos y seguros, haciendo eficiente el uso de los recursos de las empresas.

Se evidencio que en la academia, el estudio de las herramientas computacionales para el diseño de vías no forma parte de los planes de estudios de las materias relacionadas. Dentro de este grupo se incluye la Universidad Católica de Colombia. Esto puede considerarse como una tarea a realizar ya que cada día se hace más necesario que los profesionales de la Ingeniería civil salgan con más competencias requeridas para enfrentar el mercado o laboral.

Considero que la recopilación de la información de la información de software para el diseño geométrico de carretera será de vital importancia para cuando me enfrente la vida profesional como ingeniero para optimizar resultados al momento que toque realizar cualquier diseño vial, seria de este trabajo de investigación será de gran ayuda para usuario que lo consulte.

Los resultados obtenidos muestran el impacto social y el aporte que da a las instituciones educativas este tipo temática. Así mismo se evidencia que la tecnología está al servicio de la academia. Con los softwares para el diseño geométrico de vías, los docentes se ven beneficiados puesto que pueden implantar el manejo de estos dentro de los procesos de enseñanza. Esto a su vez favorece a los estudiantes que reciben los conocimientos, haciéndolos más competitivos en el ámbito laboral. De la misma manera, las universidades también se benefician porque amplían

su portafolio respaldando a los futuros profesionales que van a salir con más visión, preparados y con mejor posibilidades de implementar estas herramientas en su vida laboral, lo cual implícitamente se convierte en un beneficio para toda la sociedad.

### **13. RECOMENDACIONES**

Se recomienda involucrar en los procesos de enseñanza y aprendizaje del diseño de vías el estudio de herramientas computacionales dentro de los programas de estudio, con el ánimo de fomentar una mejor competitividad de los ingenieros civiles dentro del sector laboral.

Así mismo, se recomienda que las empresas del sector impulsen a la academia a incluir como un tema más el manejo de programas para el diseño geométrico de vías debido a la importancia que esto tiene dentro de la industria de la ingeniería civil.

Como trabajos futuros se propone realizar un estudio de campo tanto en las empresas como en diferentes universidades sobre el uso de estas herramientas, sus logros y desaciertos, ventajas y desventajas.

## BIBLIOGRAFÍA

Brocca, J. C., & Casamiquela, R. (2005). Las licencias de software desde la perspectiva del usuario final. (7).

Agudelo, J. J. (2002). *Diseño Geométrico de vías*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Altamira, A., Graffigna, A., & Marcet, J. (2010). *Herramienta para la evaluación del diseño geométrico de caminos rurales*. Recuperado el 24 de Abril de 2018, de Universidad Nacional de San Juan: [http://www.institutoivia.com/cisev-ponencias/disenio\\_seguridad\\_dg/Anibal\\_Altamira.pdf](http://www.institutoivia.com/cisev-ponencias/disenio_seguridad_dg/Anibal_Altamira.pdf)

Aplitop. (2017). *MDT, una solución completa para proyectos de topografía e ingeniería*. Recuperado el 25 de Abril de 2018, de Aplitop: <http://www.geofumadas.com/mdt-una-potente-programa-para-geo-ingenieria/>

aplitop. (2018). *Manual de referencia*. Recuperado el 26 de Abril de 2018, de aplitop: <https://aplitop.com/subidas/ayuda/es/MDT/index.html#!obtenerPerfiles>

aptop. (2018). *Manual Protopo*. Obtenido de aptop: <http://www.aptop.com/mprotopo.html>

Autodesk. (2018). *Acerca de las topografías*. Recuperado el 25 de Abril de 2018, de Autodesk: <https://knowledge.autodesk.com/es/support/autocad-map-3d/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ESP/MAP3D-EntIndModels/files/GUID-47F2FC59-23A9-4F64-A798-1844C5CAE5ED-htm.html>

Cruz, H. V. (2014). *creación de aplicativos con la plataforma Civil 3D, para el diseño geométrico de vía de cuarta generación*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.

Culebro Juárez, M., Gomez Herrera, W. G., & Torres Sanchez, S. (2006). Conceptos fundamentales sobre. En M. Culebro Juárez, W. G.

- Gómez Herrera, & S. Torres Sánchez, *Software libre vs software propietario Ventajas y desventajas* (pág. 3).
- Culebro Juarez, M., Gomez Herrera, W. G., & Torres Sanchez, S. (2006). Software libre vs software propietario. *creative commons*, 3.
- Chocobar, J. (2001). *Manual de Eagle Point*. Obtenido de lawebdelprogramador: [www.lawebdelprogramador.com](http://www.lawebdelprogramador.com)
- ESPECTADOR, E. (28 de 01 de 2017). Colombia, entre los países con peores carreteras de Latinoamérica. *EL ESPECTADOR*, pág. 1.
- Ferreira, P., & Virgínia, T. (2009). *Manual DataGeosis Office*. Sao Paulo, Brasil: Alezi Teodolini.
- García, A., Camacho, F., Pérez, A., & Tsui, A. (2013). *Nuevo proceso de diseño geométrico para unas carreteras convencionales más seguras*. Recuperado el 25 de Abril de 2018, de Researchgate: <https://www.researchgate.net/publication/261249386>
- Garrillo, A. G. (2006). Esquema funcional de un computador. En *Fundamentos de programación en C++* (pág. 2). Madrid (España): DELTA, publicaciones.
- Kumar, A. (2017). *Study of Geometric Design, hydraulic and hydrology for Highways Using Civil 3D Software- A Case Study*. Obtenido de International Journal of Engineering and Techniques : <http://oaji.net/articles/2017/1992-1515680516.pdf>
- Liao, C.-F., & Levinson, D. (2013). *ROAD: Interactive Geometric Design Tool for Transportation Education and Training*. Obtenido de ResearchGate: [https://www.researchgate.net/publication/273024042\\_ROAD\\_Interactive\\_Geometric\\_Design\\_Tool\\_for\\_Transportation\\_Education\\_and\\_Training](https://www.researchgate.net/publication/273024042_ROAD_Interactive_Geometric_Design_Tool_for_Transportation_Education_and_Training)
- Ministerio de transporte, I. n. (2008). manual de diseño geométrico de carreteras.
- Muñoz, W. (2015). *Diseño geométrico de vías*. Recuperado el 25 de Abril de 2018, de ecoediciones: <https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2015/08/disenio-geometrico-de-vias.pdf>

- Novoa, H. A. (2016). *Diseño geométrico de carreteras DG 2014*.
- Ospina, J. J. (2008). VIAS - software libre para el diseño geométrico de vías, topografía y SIG. *Ingeniería de construcción*, 53-54.
- Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería de software ,un enfoque paratico*.
- Raji, S., Zava, A., Jirgba, K., & Osunkunle, A. (6 de Junio de 2017). *Geometric Design of a Highway Using Autocad Civil 3d*. Obtenido de JMEST: <http://www.jmest.org/wp-content/uploads/JMESTN42352231.pdf>
- Romero, J., Almache, J., Bayona, A., & Santos, E. (2013). *Utilización del software CivilCad para el trazado horizontal y vertical de una carretera*. Recuperado el 24 de Abril de 2018, de Escuela Superior Politécnica del Litoral: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16133/1/UTILIZACION%20DEL%20SOFTWARE%20CIVILCAD%20PARA%20EL%20TRAZADO.pdf>
- Shutterstock. (2017). *20 universidades colombianas donde puedes estudiar Ingeniería Civil*. Recuperado el 24 de Abril de 2018, de Universia: <http://noticias.universia.net.co/educacion/noticia/2017/01/05/1148122/donde-estudiar-ingenieria-civil-colombia.html>
- Srnová, B. (2017). *A Case of Road Design in Mountainous Terrain with an Evaluation of Heavy Vehicles Performance* . Obtenido de KTH: <https://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1110254/FULLTEXT01.pdf>
- topoequipos. (2015). *STANDARD - DATAGEOSIS - SOFTWARE DE TOPOGRAFÍA*. Recuperado el 25 de Abril de 2018, de topoequipos: <http://www.topoequipos.com/topoequipos2.0/datageosis/standard-datageosis-software-de-topografia>
- Topoequipos. (2018). *Datageosis*. Recuperado el 25 de Abril de 2018, de Topoequipos: <http://www.topoequipos.com/dem/topoequipos/Carolina/plegabledatageosis.pdf>
- Vega Alvarado, E., Toledo Molano, S., & Molinos Vilchis, M. (2007). *Licencias de Software: Antecedentes* . *Polibits*, 2.

- Velasquez, L. B. (2008). Antecedentes historicos . En L. B. Velasquez, *Manual de carreteras* (págs. 1,2,3,).
- Villaral Diaz, D. H., & Hernandez Garces, S. A. (2010). *herramienta software para el diseño asistido de vias*. bucaramanga: Universidad de santander.
- Wright, P. (2010). historia de la ingenieria . En P. Wright, *introduccion a la ingenieria* (págs. 4-5).
- VIAS - software libre para el diseño geométrico de vías, topografía y SIG. Ospina, John Jairo Agudelo. 2008. 2008, Ingenieria de construccion, págs. 53-54.
- Villaral Diaz, Diego Harmando y Hernandez Garces, Sergio Andres. 2010. *herramienta software para el diseño asistido de vias*. bucaramanga : Universidad de santander, 2010.
- Cruz, Henry Vladimir Cruz. 2014. *creacion de aplicativos con la plataforma Civil 3D, para el diseño geometrio de via de cuarta generacion* . bogota : univercidad santo tomas , 2014.
- Novoa, Hatold Alder Valdivia. 2016. *Diseño geometrico de carreteras DG* 2014. 2016.
- Tiposdesoftware.com.2017. Historia del Software. [online] Available at: <http://www.tiposdesoftware.com/historia-del-software.htm> [Accessed 17 Mar. 2017].
- Pressman, Roger S. 2010. *Ingenieria de software ,un enfoque paratico*. 2010.(6)
2017. Colombia, entre los países con peores carreteras de Latinoamérica. EL ESPECTADOR . 28 de 01 de 2017, pág. 1.
- Ministerio de transporte, Instituto nacional de vias. 2008. *manual de diseño geometrico de carreteras*. 2008, pág. 73 a la 148.
- Garrillo, Antonio Garrido. 2006. *Esquema funcilnal de un computador*. Fundamentos de programacion en C++. Madrid (España) : DELTA,publicaciones, 2006, pág. 2.

Fraba.galeon.com. 2017. CONCEPTO DE SOFTWARE. [online] Available at: <http://fraba.galeon.com/software.htm> [Accessed 5 Apr. 2017].

Software libre vs software propietario. Culebro Juarez, Montserrat, Gomez Herrera, Wendy Guadalupe y Torres Sanchez, Susana. 2006. 2006, creative commons, pág. 3.

OK HOSTING | Hospedaje Web, Dominios, Desarrollo de Software, Marketing Online, SEO. 2017. Software Comercial | Los Tipos del Software Comercial y Libre. [online] Available at: <http://okhosting.com/blog/el-software-comercial/> [Accessed 16 Apr. 2017].

Culebro Juarez, Montserrat, Gomez Herrera, Wendy Guadalupe y Torres Sanchez, Susana. 2006. Conceptos fundamentales sobre. [aut. libro] Montserrat Culebro Juarez, Wendy Guadalupe Gómez Herrera y Susana. Torres Sánchez. Software libre vs software propietario Ventajas y desventajas. 2006, pág. 3.

Velasquez, Luis Bañon. 2008. Antecedentes historicos . Manual de carreteras. 2008, págs. 1,2,3,.

Wright, Paul. 2010. historia de la ingenieria . introduccion a la ingenieria. 2010, págs. 4-5.

Arqhys.com. (2017). Historia de las carreteras. [online] Available at: <http://www.arqhys.com/contenidos/carreteras-historia.html> [Accessed 16 Apr. 2017].

Licencias de Software: Antecedentes . Vega Alvarado, Eduardo, Toledo Molano, Silvia y Molinos Vilchis, Maria Aurora . 2007. Distrito federal Mexico : s.n., 2007, Polibits, pág. 2.

Idu.gov.co. (2017). Citar un sitio web - Cite This For Me. [online] Available at: [https://www.idu.gov.co/documents/20181/362981/guia\\_diseno\\_vias\\_u](https://www.idu.gov.co/documents/20181/362981/guia_diseno_vias_u)

rbanas\_bogota.pdf/07dd825f-795f-49e0-b07a-4c497afa6ba4  
[Accessed 5 Apr. 2017].

IPR helpdesk. (2017). IPR helpdesk. [online] Available at:  
[https://www10.ujaen.es/sites/default/files/users/otri/propiedad-industrial/2010\\_Derechos\\_Autor\\_Software.pdf](https://www10.ujaen.es/sites/default/files/users/otri/propiedad-industrial/2010_Derechos_Autor_Software.pdf) [Accessed 15 Apr. 2017].

Decreto No 1360 de 1989

Las licencias de software desde la perspectiva del usuario final. Brocca, Juan Carlos y Casamiquela, René. 2005. 7, Buenos Aires 1 : s.n., 2005.

Carazzai. 2017. Tomado el 15 de Marzo de 2017 del sitio web:  
[http://www.carazzai.com/es/strato/progettazione/stratop\\_vistadinamica.php](http://www.carazzai.com/es/strato/progettazione/stratop_vistadinamica.php)

Alvarez, J. 2017. Elementos componentes de una calzada. [online] Jorgeulatea.blogspot.com.co. Available at:  
<http://jorgeulatea.blogspot.com.co/2015/10/elementos-componentes-de-una-calzada.html> [Accessed 5 Apr. 2017].

La Torre, Juan Pablo. DISEÑO-AUTOMATIZADO-DE-CARRETERAS, consultado el 15 de Abril de 2017, disponible en:  
<https://es.scribd.com/doc/50594604/DISEÑO-AUTOMATIZADO-DE-CARRETERAS>