



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

“AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT”

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL
PRESENTA :**

FRANCISCO RAMIRO REYES ROMERO

ASESOR :

DR. MARIO SALAZAR AMAYA

MORELIA, MICHOACAN. MAYO DEL 2011.



NO EXISTEN PALABRAS PARA EXPRESAR TODO LO QUE HAN HECHO POR MI..... TAN SOLO PUEDO DECIR QUE SIN USTEDES YO NO SOY NADA..... ESTE LOGRO NO ES MIO SINO DE USTEDES Y LES ASEGURO QUE NO SERÁ EL ULTIMO....

GRACIAS MAMÁ..... GRACIAS PAPÁ....

SON UN TESORO Y UN ORGULLO PARA MI.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

I.1 DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES EL EN DISEÑO DE CAMINOS.	Pag. 9
I.2 BREVE HISTORIA DEL CAD.	Pag. 10
I.3 ORIGEN DE AUTOCAD.	Pag. 11

CAPÍTULO II. PROYECTO GEOMÉTRICO.

II.1 GENERALIDADES.	Pag. 14
II.2 CONCEPTOS BASICOS.	Pag. 14
II.3 CLASIFICACIÓN TÉCNICA OFICIAL.	Pag. 16
II.4 DISEÑO DE CARRETERAS.	Pag. 16
II.5 PROYECTO GEOMÉTRICO.	Pag. 17
II.5.1 ALINEAMIENTO HORIZONTAL.	Pag. 17
II.5.1.1 Tangentes Horizontales.	Pag. 17
II.5.1.2 Curvas Horizontales.	Pag. 18
II.5.1.2.1 Curvas Circulares Simples.	Pag. 18
II.5.1.2.2 Curvas Circulares con Espirales de Transición.	Pag. 21
II.5.1.2.3 Curvas Circulares Compuestas.	Pag. 22
II.5.1.2.4 Curvas Circulares Inversas.	Pag. 22
II.5.1.3 Características de la Curva Horizontal.	Pag. 22
II.5.1.3.1 Ampliación de la Corona (Ac).	Pag. 22
II.5.1.3.2 Sobre-Elevación de la Corona (Sc).	Pag. 23
II.5.1.3.3 Longitud de Transición (Le).	Pag. 26
II.5.1.4 Normas de Servicios Técnicos de la SCT.	Pag. 26
II.5.2 ALINEAMIENTO VERTICAL.	Pag. 31
II.5.2.1 Tangentes Verticales.	Pag. 31
II.5.2.2 Curvas Verticales.	Pag. 31
II.5.2.3 Longitud Crítica de una Tangente Vertical.	Pag. 31
II.5.2.4 Tipos de Curvas Verticales.	Pag. 32
II.5.3 SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN.	Pag. 35
II.5.4 CALCULO DE VOLUMENES Y CURVA-MASA.	Pag. 36

CAPITULO III. INTRODUCCION AL SOFTWARE DE DISEÑO AUTOCAD CIVIL 3D.

III.1 BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO.	Pag. 40
III.2 INTRODUCCION A LA INTERFAZ DEL PROGRAMA.	Pag. 41
III.3 SELECCIÓN DE UNA PLANTILLA DE DISEÑO (TEMPLATE).	Pag. 42

CAPÍTULO IV. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA.

IV.1	CREACIÓN DE UNA SUPERFICIE DE TERRENO NATURAL.	Pag. 44
IV.2	ADICIÓN DE INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA.	Pag. 45
IV.2.1	DEFINICIÓN DE UNA TRIANGULACIÓN MAS ADECUADA.	Pag. 48
IV.3	OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA.	Pag. 50
IV.3.1	TRABAJANDO CON AUTOCAD CIVIL 3D Y GOOGLE EARTH.	Pag. 51
IV.3.2	IMPORTANDO INFORMACIÓN DE CARTAS TOPOGRÁFICAS.	Pag. 54

CAPÍTULO V. GENERANDO EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

V.1	PROPUESTA DEL EJE DEL CAMINO (ALINEAMIENTO).	Pag. 67
V.2	AGREGANDO CURVAS HORIZONTALES A NUESTRO ALINEAMIENTO.	Pag. 70
V.3	CÁLCULO DE LAS SECCIONES DE TRANSICIÓN DE LAS CURVAS HORIZONTALES.	Pag. 74
V.3.1	CREACIÓN DE UN ARCHIVO QUE CONTIENE LOS PARAMETROS DE UNA CURVA.	Pag. 79
V.3.2	ESTABLECIENDO LOS VALORES PARA CADA CURVA.	Pag. 83
V.3.3	DEFINICIÓN DE LA AMPLIACIÓN EN LAS CURVAS HORIZONTALES.	Pag. 85

CAPÍTULO VI. GENERANDO EL ALINEAMIENTO VERTICAL.

VI.1	GENERANDO EL PEFIL DE TERRENO NATURAL.	Pag. 88
VI.2	PROPUESTA DEL PERFIL DE LA RASANTE.	Pag. 92

CAPÍTULO VII. GENERANDO UN MODELO VIRTUAL DEL CAMINO.

VII.1	CREACIÓN DE UNA SECCIÓN TIPO (ENSAMBLE).	Pag. 97
VII.2	GENERANDO EL MODELO VIRTUAL DEL CAMINO (CORREDOR).	Pag. 106
VII.3	AGREGANDO UNA SUPERFICIE AL MODELO DEL CAMINO (SUPERFICIE DEL CORREDOR).	Pag. 111

CAPÍTULO VIII. GENERANDO SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN.

VIII.1	CREACIÓN DE LAS LINEAS DE SECCIONAMIENTO.	Pag. 115
VIII.2	CREACIÓN DE CUADROS DE ÁREAS PARA LAS SECCIONES.	Pag. 118
VIII.3	GENERANDO SECCIONES DE CONSTRUCCION.	Pag. 122
VIII.4	CORRIGIENDO LAS SECCIONES DE CONSTRUCCION.	Pag. 127

CAPITULO IX. CALCULO DE VOLUMENES.	Pag. 131
CAPÍTULO X. RECOMENDACIONES Y COMENTARIOS.	Pag. 134
BIBLIOGRAFIA.	Pag. 136
ANEXOS.	Pag. 137

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

I.1 DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES EN EL DISEÑO DE CAMINOS.

Cuando el ser humano dio el paso para establecerse en un solo lugar y dejar de ser nómada, tuvo nuevas necesidades y entre ellas estaba la de mantenerse en contacto con otros seres humanos; ya fuera para comerciar y abastecerse de productos de primera necesidad o simplemente para mantenerse en contacto con los de su misma especie; puede que incluso haya sentido esa inquietud de explorar y satisfacer la curiosidad inherente a todo ser humano. De todas estas circunstancias nace la necesidad de crear franjas de terreno seguras y que faciliten el traslado de personas y el transporte de mercancías entre puntos distantes; es así como nacen los caminos, al principio de una simpleza enorme pero que fue evolucionando a la par que el conocimiento humano se fue ampliando en todos los aspectos de la ciencia y el mundo que lo rodeaba, hasta llegar a los complejos caminos que se construyen hoy en día. De esta manera muchos factores que al principio no se conocían o no se tenían en cuenta para construir un camino fueron considerándose e incluyéndose dentro de la planeación del mismo; hasta llegar al diseño geométrico de carreteras que se emplea actualmente, en el cual se consideran todos los elementos necesarios para diseñar una carretera que proporcione seguridad a sus usuarios y una buena circulación a los vehículos que la transitan.

Con el nacimiento de las máquinas de vapor y posteriormente de las máquinas de combustión interna, literalmente comenzó una revolución en todos los aspectos de la vida, el conocimiento y las formas de producción del ser humano; por lo cual todo tendría que ajustarse a los conceptos de alto rendimiento y producción en masa, lo cual incluía a la construcción de caminos. Dichos caminos tendrían una transformación radical tanto en su diseño como en sus formas de construcción, ya que al inventarse vehículos que podían moverse a velocidades nunca antes imaginadas y con capacidades de carga cada vez más altas, los caminos tendrían que ajustarse a especificaciones cada vez más altas y rigurosas; además de optimizar el tiempo requerido para su diseño y construcción; ¿Acaso los caminos estaban destinados a quedar a la zaga de todo los avances tecnológicos? ¿Existiría una herramienta capaz de optimizar los tiempos de diseño y facilitar el trabajo? Mientras los ingenieros se preguntaban estas y otras cuestiones, surgió un aparato electrónico capaz de realizar operaciones aritméticas que fue la causa de la segunda revolución industrial y que causó incluso un impacto aun más profundo. Cuando la primera computadora fue creada nunca se imaginó el alcance que tendría en todos los aspectos de la vida moderna y dentro de ella de los procesos de producción y rendimientos en todos los campos de la industria. Antes de que la computadora fuera implementada dentro del diseño de carreteras, todos los cálculos se hacían manualmente y el dibujo y trazo de los planos se hacía en papel utilizando herramientas manuales; la introducción de los procesos electrónicos para realizar cálculos vino a optimizar no solo el proceso del diseño de la carretera sino también la obtención de datos topográficos con la ayuda de las modernas y potentes estaciones totales y GPS o incluso, en fechas más actuales también optimiza los tiempos de construcción de la obra ya que existe maquinaria moderna capaz de importar los datos de diseño directamente de la computadora y ejecutarlos.

En el presente trabajo se pretende hacer énfasis en la utilización de las herramientas computacionales en el diseño geométrico de una carretera, específicamente de las aplicaciones conocidas como Diseño Asistido por Computadora o “CAD” por sus siglas en ingles; y dentro de estas abundar sobre dos paquetes computacionales con los cuales he desarrollado un sistema confiable para el diseño geométrico de un camino, los cuales son “CivilCAD” y AutoCAD Civil 3D”. Pero antes de entrar a revisar y conocer estas dos herramientas me gustaría hacer una pequeña reseña de la evolución del software empleado para ayudar al diseño de caminos.

1.2 BREVE HISTORIA DEL CAD.

CAD/CAM, proceso en el cual se utilizan los ordenadores o computadoras para mejorar la fabricación, desarrollo y diseño de los productos. Éstos pueden fabricarse más rápido, con mayor precisión o a menor precio, con la aplicación adecuada de tecnología informática. Los sistemas de diseño asistido por ordenador (CAD, acrónimo de Computer Aided Design) pueden utilizarse para generar modelos con muchas, si no todas, de las características de un determinado producto.

Estas características podrían ser el tamaño, el contorno y la forma de cada componente, almacenados como dibujos bi y tridimensionales. Una vez que estos datos dimensionales han sido introducidos y almacenados en el sistema informático, el diseñador puede manipularlos o modificar las ideas del diseño con mayor facilidad para avanzar en el desarrollo del producto. Además, pueden compartirse e integrarse las ideas combinadas de varios diseñadores, ya que es posible mover los datos dentro de redes informáticas, con lo que los diseñadores e ingenieros situados en lugares distantes entre sí pueden trabajar como un equipo. Los sistemas CAD también permiten simular el funcionamiento de un producto. Hacen posible verificar si un circuito electrónico propuesto funcionará tal y como está previsto, si un puente será capaz de soportar las cargas pronosticadas sin peligros e incluso si una salsa de tomate fluirá adecuadamente desde un envase de nuevo diseño.

Cuando los sistemas CAD se conectan a equipos de fabricación también controlados por ordenador conforman un sistema integrado CAD/CAM (CAM, acrónimo de Computer Aided Manufacturing). La fabricación asistida por ordenador ofrece significativas ventajas con respecto a los métodos más tradicionales de control de equipos de fabricación. Por lo general, los equipos CAM conllevan la eliminación de los errores del operador y la reducción de los costes de mano de obra. Sin embargo, la precisión constante y el uso óptimo previsto del equipo representan ventajas aún mayores. Por ejemplo, las cuchillas y herramientas de corte se desgastarán más lentamente y se estropearían con menos frecuencia, lo que reduciría todavía más los costes de fabricación. Frente a este ahorro pueden aducirse los mayores costes de bienes de capital o las posibles implicaciones sociales de mantener la productividad con una reducción de la fuerza de trabajo. Los equipos CAM se basan en una serie de códigos numéricos, almacenados en archivos informáticos, para controlar las tareas de fabricación.

Este Control Numérico por Computadora (CNC) se obtiene describiendo las operaciones de la máquina en términos de los códigos especiales y de la geometría de formas de los componentes, creando archivos informáticos especializados o programas de piezas. La creación de estos programas de piezas es una tarea que, en gran medida, se realiza hoy día por software informático especial que crea el vínculo entre los sistemas CAD y CAM.

Las características de los sistemas CAD/CAM son aprovechadas por los diseñadores, ingenieros y fabricantes para adaptarlas a las necesidades específicas de sus situaciones. Por ejemplo, un diseñador puede utilizar el sistema para crear rápidamente un primer prototipo y analizar la viabilidad de un producto, mientras que un fabricante quizá emplee el sistema porque es el único modo de poder fabricar con precisión un componente complejo. La gama de prestaciones que se ofrecen a los usuarios de CAD/CAM está en constante expansión. Los fabricantes de indumentaria pueden diseñar el patrón de una prenda en un sistema CAD, patrón que se sitúa de forma automática sobre la tela para reducir al máximo el derroche de material al ser cortado con una sierra o un láser CNC. Además de la información de CAD que describe el contorno de un componente de ingeniería, es posible elegir el material más adecuado para su fabricación en la base de datos informática, y emplear una variedad de máquinas CNC combinadas para producirlo. La Fabricación Integrada por Computadora (CIM) aprovecha plenamente el potencial de esta tecnología al combinar una amplia gama de actividades asistidas por ordenador, que pueden incluir el control de existencias, el cálculo de costes de materiales y el control total de cada proceso de producción. Esto ofrece una mayor flexibilidad al fabricante, permitiendo a la empresa responder con mayor agilidad a las demandas del mercado y al desarrollo de nuevos productos. La futura evolución incluirá la integración aún mayor de sistemas de realidad virtual, que permitirá a los diseñadores interactuar con los prototipos virtuales de los productos mediante la computadora, en lugar de tener que construir costosos modelos o simuladores para comprobar su viabilidad. También el área de prototipos rápidos es una evolución de las técnicas de CAD/CAM, en la que las imágenes informatizadas tridimensionales se convierten en modelos reales empleando equipos de fabricación especializado, como por ejemplo un sistema de estereolitografía.

I.3 ORIGEN DE AUTOCAD.

Autodesk AutoCAD es un programa de diseño asistido por computadora para dibujo en dos y tres dimensiones. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk.

Al igual que otros programas de diseño asistido por computadora, AutoCAD gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc) con la que se puede operar a través de una pantalla gráfica en la que se muestran éstas, el llamado editor de dibujo. La interacción del usuario se realiza a través de comandos, de edición o dibujo, desde la línea de órdenes, a la que el programa está fundamentalmente orientado. Las versiones modernas del programa permiten la introducción de éstas mediante una interfaz gráfica de usuario o en inglés GUI, que automatiza el proceso.

Como todos los programas y de DAC, procesa imágenes de tipo vectorial, aunque admite incorporar archivos de tipo fotográfico o mapa de bits, donde se dibujan figuras básicas o primitivas (líneas, arcos, rectángulos, textos, etc.), y mediante herramientas de edición se crean gráficos más complejos. El programa permite organizar los objetos por medio de capas o estratos, ordenando el dibujo en partes independientes con diferente color y grafismo. El dibujo de objetos seriados se gestiona mediante el uso de bloques, posibilitando la definición y modificación única de múltiples objetos repetidos.

Parte del programa AutoCAD está orientado a la producción de planos, empleando para ello los recursos tradicionales de grafismo en el dibujo, como color, grosor de líneas y texturas tramadas. AutoCAD, a partir de la versión 11, utiliza el concepto de espacio modelo y espacio papel para separar las fases de diseño y dibujo en 2D y 3D, de las específicas para obtener planos trazados en papel a su correspondiente escala. La extensión del archivo de AutoCAD es .dwg, aunque permite exportar en otros formatos (el más conocido es el .dxf). Maneja también los formatos IGES y STEP para manejar compatibilidad con otros softwares de dibujo.

El formato.dxf permite compartir dibujos con otras plataformas de dibujo CAD, reservándose AutoCAD el formato.dwg para sí mismo. El formato.dxf puede editarse con un procesador de texto básico, por lo que se puede decir que es abierto. En cambio, el.dwg sólo podía ser editado con AutoCAD, si bien desde hace poco tiempo se ha liberado este formato (DWG), con lo que muchos programas CAD distintos del AutoCAD lo incorporan, y permiten abrir y guardar en esta extensión, con lo cual lo del DXF ha quedado relegado a necesidades específicas.

Es en la versión 11, donde aparece el concepto de modelado sólido a partir de operaciones de extrusión, revolución y las booleanas de unión, intersección y sustracción. Este módulo de sólidos se comercializó como un módulo anexo que debía de adquirirse aparte. Este módulo sólido se mantuvo hasta la versión 12, luego de la cual, AutoDesk, adquirió una licencia a la empresa Spatial, para su sistema de sólidos ACIS.

El formato.dwg ha sufrido cambios al evolucionar en el tiempo, lo que impide que formatos más nuevos. dwg puedan ser abiertos por versiones antiguas de AutoCAD u otros CADs que admitan ese formato (cualquiera). La última versión de AutoCAD hasta la fecha es el AutoCAD 2011, y tanto él como sus productos derivados (como AutoCAD Architecture o Autodesk Inventor) usan un nuevo formato no contemplado o trasladado al OpenDWG, y que sólo puede usar el formato hasta la versión 2000.

VERSIONES Y CARACTERISTICAS DESDE LA APARICION DE AUTOCAD HASTA LA FECHA.

— Historia de AutoCAD —

Nombre oficial	Versión	Fecha de lanzamiento	Comentarios
AutoCAD Versión 1.0	1	Noviembre de 1982	-
AutoCAD Versión 1.2	2	Abril de 1983	-
AutoCAD Versión 1.3	3	Septiembre de 1983	-
AutoCAD Versión 1.4	4	Noviembre de 1983	-
AutoCAD Versión 2.0	5	Octubre de 1984	-
AutoCAD Versión 2.1	6	Mayo de 1985	-
AutoCAD Versión 2.5	7	Junio de 1986	-
AutoCAD Versión 2.6	8	Abril de 1987	-
AutoCAD Versión 9	9	Septiembre de 1987	-
AutoCAD Versión 10	10	Octubre de 1988	-
AutoCAD Versión 11	11	1990	-
AutoCAD Versión 12	12	Junio de 1992	Última versión para Mac hasta AutoCAD 1992
AutoCAD Versión 13	13	Noviembre de 1994	-
AutoCAD Versión 14	14	Febrero de 1997	-
AutoCAD 2000	15.0	1999	Introducción del formato DWG 2000
AutoCAD 2000i	15.1	1999	-
AutoCAD 2002	15.2	2001	-
AutoCAD 2004	16.0	2003	Introducción del formato DWG 2004
AutoCAD 2005	16.1	2004	-
AutoCAD 2006	16.2	2005	-
AutoCAD 2007	17.0	2006	Introducción del formato DWG 2007
AutoCAD 2008	17.1	Marzo de 2007	
AutoCAD 2009	17.2	Febrero de 2008	-
AutoCAD 2010	18.0	Marzo de 2009	Introducción del formato DWG 2010
AutoCAD 2011	18.1	Marzo de 2010	-
AutoCAD 2011 para Mac	19.0	Octubre de 2010	Primera versión para Mac desde AutoCAD versión 12

CAPÍTULO II. PROYECTO GEOMÈTRICO.

II.1 GENERALIDADES.

Antes de entrar de lleno a lo que será el proyecto geométrico de un camino, considero necesario familiarizar a los lectores con algunos conceptos básicos relacionados con el tema de caminos, ya que como he podido comprobar en mi corta experiencia, tomarse unos minutos para conocer los conceptos básicos de cualquier tema nos dará las herramientas para llegar a conocer y dominar plenamente dicho tema; sin más preámbulos vayamos al grano.

Camino, del latín “Caminus”, es una franja de terreno destinada al tránsito de vehículos, que debe cumplir con las condiciones adecuadas de alineamiento, ancho y pendiente para la adecuada circulación de dichos vehículos. Para conseguir este adecuamiento es necesario modificar la topografía del terreno natural por medio de excavaciones llamados “cortes” y rellenos llamados “terraplenes”. Al igual que muchas otras construcciones hechas por las manos del ser humano, los caminos constan de varias partes, cada una construida con un propósito específico pero con la finalidad de trabajar en conjunto con las demás partes del camino para funcionar como una sola entidad llamada carretera; a grandes rasgos los caminos constan de una franja central llamada calzada, destinada al tránsito de vehículos, y de dos franjas laterales más estrechas denominadas acotamientos, destinadas al tránsito de peatones y que sirven a su vez para depositar los materiales de conservación o reparación; al conjunto de estas franjas se le llama corona. Si el camino está en corte la corona queda limitada por las cunetas y si esta en terraplén por los taludes de dicho terraplén.

II.2 CONCEPTOS BASICOS.

Corona. Es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del camino.

Calzada. Es la parte de la corona destinada al tránsito de los vehículos y constituida por uno o más carriles.

Carril. Es una franja de la calzada de ancho suficiente para la circulación de una hilera de vehículos.

Acotamientos. Son las franjas contiguas a la calzada, comprendidas entre las orillas de la misma y las líneas definidas por los hombros.

Sub-Corona. Es la superficie que limita las terracerías y sobre la que se apoyan las capas de pavimento.

Rasante. Es la línea de piso terminado obtenida al proyectar el alineamiento vertical.

Sub-Rasante. Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la sub-corona.

Ancho. Es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la sub-corona con los taludes del terraplén, cuneta o corte.

Bombeo. Es la pendiente que se da en la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado del centro de línea, para evitar la acumulación de agua sobre el camino.

Sobre-Elevación. En curvas horizontales, es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva horizontal para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga en un vehículo y que cumple la misma función que el bombeo cumple en las tangentes horizontales.

Pendiente Gobernadora. Es la pendiente del eje del camino que se puede mantener indefinidamente y que sirve de base para fijar las longitudes máximas que se debe dar a pendientes mayores que ella, para una velocidad de proyecto dada.

Pendiente Máxima. Es la mayor pendiente del eje de un camino que se podrá usar en una longitud determinada.

Velocidad de Proyecto. Es la velocidad máxima a la cual un vehículo puede circular con seguridad en un camino y se utiliza para definir los elementos geométricos del mismo.

TDPA. Siglas utilizadas para abreviar el parámetro de “Transito Diario Promedio Anual”, el cual es un parámetro medible para conocer el volumen de transito que circula por un camino y que determinara las características geométricas y estructurales del mismo.

Cuneta. Es una zanja generalmente de sección triangular con talud 3:1, que se construye en los tramos en corte a uno o ambos lados de la corona, con el objeto de recibir y desalojar el agua que escurre por la corona y los taludes de corte.

Contra-Cuneta. Es una zanja de sección trapezoidal que se excava arriba de la línea de ceros de un corte y en dirección normal a la pendiente máxima del terreno, con el objeto de interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural y evitar deslaves en los cortes.

Talud. Es la superficie comprendida, en cortes entre la línea de ceros y el fondo de la cuneta; y en terraplenes, entre la línea de ceros y el hombro correspondiente; cuya pendiente se especifica en la normativa de la SCT o por el estudio de geotecnia para garantizar la estabilidad de los mismos taludes.

II.3 CLASIFICACIÓN TÉCNICA OFICIAL.

Aunque existen varias clasificaciones para los caminos en México basados en distintos parámetros, hemos considerado que la más útil para nuestros propósitos es la clasificación técnica oficial dada por la secretaría de comunicaciones y transportes, la cual hace una clasificación basada en la intensidad del tránsito que circula por los caminos, y es la siguiente:

Tipo Especial. Para un TDPA superior a 3,000 vehículos.

Tipo “A”. Para un TDPA de 1,500 a 3,000 vehículos.

Tipo “B”. Para un TDPA de 500 a 1,500 vehículos.

Tipo “C”. Para un TDPA de 50 a 500 vehículos.

Tipo “D”. Para un TDPA de 50 a 500 vehículos, pero con especificaciones de proyecto que los hacen más económico de construir que un tipo “C”.

Tipo “E”. Para un TDPA de hasta 100 vehículos, con un ancho de corona y calzada de 4.00m.

II.4 DISEÑO DE CARRETERAS.

Como bien sabemos el diseño de una carretera involucra la participación de un grupo interdisciplinario de profesionistas, ya que aunque es una obra de carácter civil tiene un grado elevado de impacto a nivel económico, cultural y ambiental. Ahora bien dentro del diseño de una carretera intervienen las siguientes etapas del proyecto:

- Estudios topográficos preliminares y definitivos.
- Estudios geotécnicos y de mecánica de suelos.
- Diseño geométrico de la carretera.
- Análisis del volumen de tránsito.
- Diseño de la estructura del pavimento.
- Análisis hidrológico de la cuenca donde se aloja el camino.
- Propuesta y diseño de las obras de drenaje.
- Manifestación de impacto ambiental.
- Análisis económico costo-beneficio del camino.

Ahora que se conoce todas las etapas del análisis y diseño que intervienen en un proyecto carretero; hare la aclaración de que en el presente trabajo únicamente se mencionaran y analizaran los conceptos pertinentes al diseño geométrico de una carretera, tras lo cual podemos comenzar con lo que es el proyecto geométrico propiamente dicho.

II.5 PROYECTO GEOMÉTRICO.

Dentro del proyecto geométrico entran todos los análisis, cálculos y dibujos de los elementos geométricos necesarios para su correcto trazo tanto en los planos como en el terreno donde se vaya a construir el camino.

Dentro del proyecto geométrico de un camino existen las siguientes fases del diseño:

1. Alineamiento Horizontal.
2. Alineamiento Vertical.
3. Secciones de Construcción.
4. Cálculo de Volúmenes y Diagrama de Masas.

Con respecto a cada una de las partes del proyecto geométrico, las normas de proyecto de la SCT, relativas a los distintos tipos de camino, incluyen tablas y graficas donde se especifican cada unos de los parámetros que intervienen en los cálculos, para distintas velocidades de proyecto.

II.5.1 ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

El alineamiento horizontal es la proyección del eje de un camino en un plano horizontal. Los elementos que la componen son las tangentes horizontales y curvas horizontales que ligan dichas tangentes.

II.5.1.1 Tangentes Horizontales.

Son tramos rectos del camino que se unen mediante curvas horizontales. Cada tangente horizontal del camino tiene una longitud y dirección definidas; y están limitadas por PI o puntos de inflexión y en cada PI existe un cambio de dirección o deflexión " Δ " hacia la izquierda o la derecha formada entre las dos tangentes. La dirección de cada tangente se mide obteniendo su rumbo magnético cuando no se puede obtener su rumbo astronómico el cual es mucho más certero.

La longitud mínima de una tangente es aquella que se requiere para cambiar en forma conveniente y gradual la curvatura, la pendiente transversal y el ancho de la corona. En otras palabras seria la suma de la longitud de transición del PT de una curva hasta donde termine la tangente de transición de dicha curva y la longitud de la tangente de transición de la curva siguiente hasta su PC.

En teoría, la longitud máxima de una tangente horizontal puede ser indefinida, pero por seguridad se limita a 15 km. En zonas llanas, ya que las longitudes mayores causan somnolencia y dañan los ojos de los operadores. Dos tangentes consecutivas del alineamiento horizontal se cruzan en un punto de inflexión (PI), formando entre si un Angulo de deflexión “ Δ ”, que está constituido por la prolongación de la tangente de entrada hacia adelante del PI y la tangente de salida.

II.5.1.2 Curvas Horizontales.

Cuando se quiere cambiar la dirección de un vehículo de una tangente a otra se requieren curvas cuya longitud sea proporcional a la aceleración centrífuga y con las cuales la aceleración centrífuga de los vehículos varíe de cero a un máximo hacia el centro de la curva y luego disminuya a cero al llegar a la tangente posterior. Las curvas que cumplen estas condiciones son la espiral de Euler y la lemniscata de Bernoulli. Como no es posible utilizar una espiral para realizar el cambio, se utilizan dos, una de entrada y otra de salida y se acostumbra colocar entre ellas una curva circular en la que no hay cambio de aceleración centrífuga y que se caracteriza por su grado de curvatura, esto es el Angulo subtendido por un arco de 20m. dado que un Angulo de 360° subtende un arco de $2\pi R$, el Angulo subtendido por un arco de 20m. es:

$$\frac{360^\circ}{2\pi R c} = \frac{G^\circ c}{20} \quad \longrightarrow \quad G^\circ c = \frac{1145.92}{R c}$$

Cuando el desplazamiento “p” es menor que 30cm. Las normas de proyecto permiten que no se tracen las espirales sino solo la curva circular del grado elegido que cubra la deflexión total. En este caso, las transiciones de la pendiente transversal y de la ampliación de la corona se realizan en tangente con una longitud de un medio “Le” y resto dentro de la longitud de la misma curva circular.

Dentro de las curvas horizontales de un camino pueden llegar a presentarse los siguientes casos:

II.5.1.2.1 Curvas Circulares Simples.

Cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular, esta se denomina curva circular simple; las cuales son arcos de circulo, cuyos radios dependen del tipo de camino y de las condiciones topografías por donde tenga que pasar el mismo.

Los elementos que componen una curva circular simple son los siguientes:

Grado de Curvatura ($G^{\circ}c$). Así se le denomina al Angulo sobre el cual desde el centro de la curva se puede observar o contener un arco de 20m.

$$G^{\circ}c = \frac{1145.92}{Rc}$$

Subtangente (ST). Es el tramo de recta que después de proyectar una curva, comprende desde el PC hasta el PI o desde el PI hasta el PT.

$$ST = Rc \cdot \tan \frac{\Delta}{2}$$

Longitud de Curva (LC). Es la longitud de arco comprendida entre el PC y el PT.

$$LC = \frac{20\Delta}{G^{\circ}c}$$

Punto de Inflexión (PI). Punto donde existe un cambio de dirección entre tangentes, es también el punto donde termina una tangente y comienza la siguiente.

Principio de Curva (PC) y Principio de Tangente (PT). Son los puntos donde la curva hace tangencia con las tangentes y que definen o delimitan a la curva circular.

$$CAD.PC = CAD.PI - ST$$

$$CAD.PT = CAD.PC + LC$$

Radio de la curva (Rc). Es el radio del arco circular que forma la curva circular y que es inversamente proporcional a su grado de curvatura.

$$Rc = \frac{1145.92}{G^{\circ}c}$$

Cuerda (C). Es la recta comprendida entre dos puntos de la curva.

$$C = 2Rc \cdot \text{Sen} \frac{\theta}{2}$$

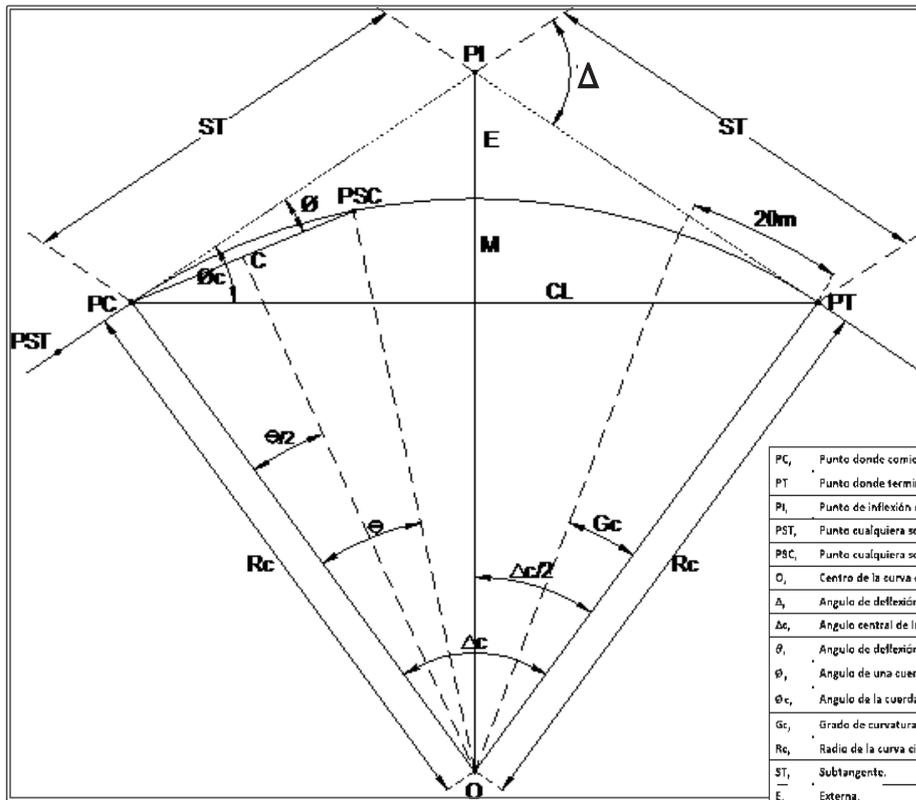
Angulo de la Cuerda (θ). Es el Angulo comprendido entre la prolongación de la tangente y la cuerda considerada.

Cuerda Larga (CL). Es la recta comprendida entre el PC y el PT.

Deflexión (Δ). Es el Angulo comprendido entre una tangente y la proyección de la tangente anterior.

$$CL = 2Rc \cdot \text{Sen} \frac{\Delta c}{2}$$

Elementos de la Curva Circular Simple.

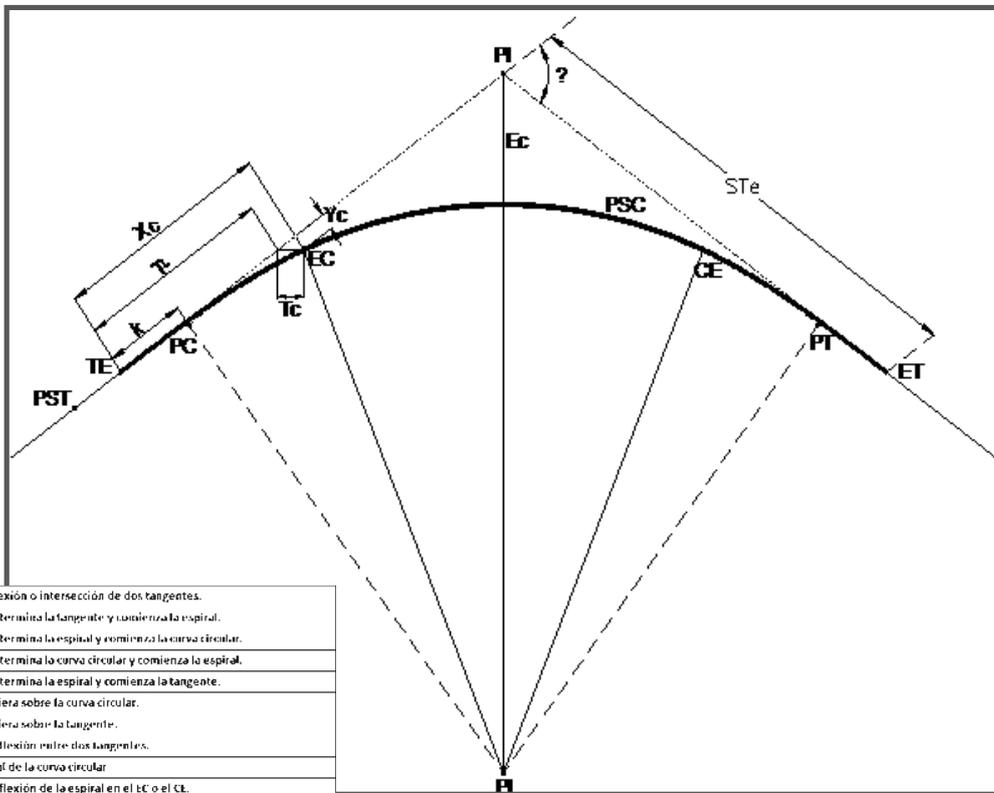


PC,	Punto donde comienza la curva circular simple.
PT	Punto donde termina la curva circular simple.
PI,	Punto de inflexión donde termina una tangente y comienza la siguiente.
PST,	Punto cualquiera sobre la tangente.
PSC,	Punto cualquiera sobre la curva.
O,	Centro de la curva circular.
Δ,	Angulo de deflexión entre dos tangentes.
Δc,	Angulo central de la curva circular.
θ,	Angulo de deflexión a un PSC.
θ,	Angulo de una cuerda cualquiera.
θc,	Angulo de la cuerda larga.
Gc,	Grado de curvatura de la curva circular (cuerda de 20m).
Rc,	Radio de la curva circular.
ST,	Subtangente.
E,	Externa.
M,	Ordenada media.
C,	Cuerda.
CL,	Cuerda larga.

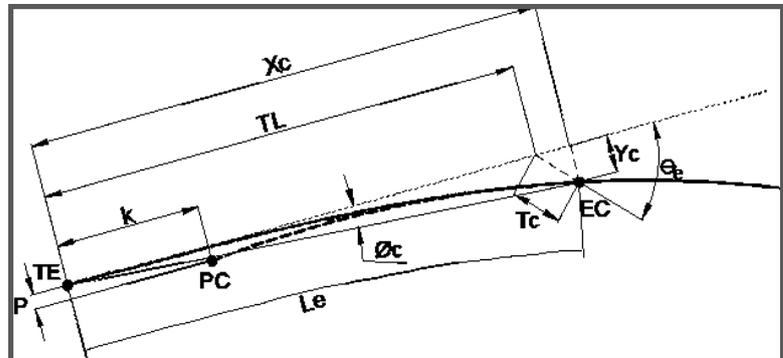
II.5.1.2.2 Curvas Circulares con Espirales de Transición.

Están compuestas de una espiral de entrada, una curva circular simple en el centro y una espiral de salida. Cuando las espirales de entrada y salida tienen la misma longitud, la curva se denomina simétrica, de lo contrario se dice que es una curva asimétrica.

Elementos de una Curva Circular con Espirales de Transición.



PI,	Punto de inflexión o intersección de dos tangentes.
TE,	Punto donde termina la tangente y comienza la espiral.
EC,	Punto donde termina la espiral y comienza la curva circular.
CE,	Punto donde termina la curva circular y comienza la espiral.
ET,	Punto donde termina la espiral y comienza la tangente.
PSC,	Punto cualquiera sobre la curva circular.
PST,	Punto cualquiera sobre la tangente.
A _v ,	Ángulo de deflexión entre dos tangentes.
delta _c ,	Ángulo central de la curva circular.
theta _e ,	Ángulo de deflexión de la espiral en el EC o el CE.
phi _c ,	Ángulo de la cuerda larga.
X _c ,	Coordenada Abscisa del EC o del CE.
Y _c ,	Coordenada Ordenada del EC o del CE.
K,	Coordenadas del PC o del PT (desplazamiento).
P,	Coordenadas del PC o del PT (desplazamiento).
ST _r ,	Subtangente.
l _l ,	Tangente Larga.
l _c ,	Tangente Corta.
L _c ,	Externa.
R _c ,	Radio de la curva circular.
l _r ,	Longitud de la espiral.



II.5.1.2.3 Curvas Circulares Compuestas.

Una curva circular compuesta está conformada por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido pero diferente radio. Los arcos circulares que las forman, son tangentes entre sí en su punto de unión, que se denomina Punto de Curva Compuesta (PCC), estando dichos arcos del mismo lado de la tangente común.

II.5.1.2.4 Curvas Circulares Inversas.

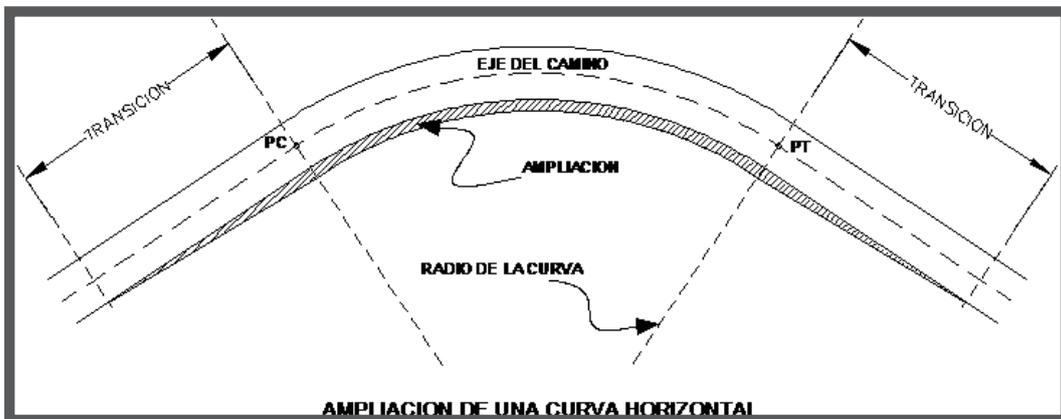
Una curva circular inversa es aquella que está formada de dos curvas circulares simples contiguas y de sentido contrario. Las curvas simples que las forman están en los lados opuestos de la tangente común a ambas curvas. El punto común a las dos curvas se llama Punto de Curva Reversa (PCR). En la práctica, este tipo de curvas se usan escasamente y se recomienda evitarlas ya que involucran cambios de dirección, curvatura y sobre-elevación que resultan peligrosos.

II.5.1.3 Características de la Curva Horizontal.

Existen tres parámetros fundamentales en cuanto al cálculo geométrico de una curva horizontal se refiere: longitud de transición, ampliación de la corona y sobre-elevación de la misma. Dichos parámetros se obtienen de las tablas proporcionadas en las normas de servicios técnicos publicadas por SCT. Cada uno de estos parámetros satisface un requerimiento o necesidad generados por el tránsito de vehículos en una curva horizontal.

II.5.1.3.1 Ampliación de la Corona (Ac).

La ampliación de la corona en las curvas horizontales, se da ya que un conductor al iniciar suavemente la curva las ruedas delanteras están giradas lo necesario para seguir el carril que le corresponde en la curva desde que se encuentra en la transición, en la práctica esto provoca que el vehículo circule un poco por fuera de su carril, además de que la trayectoria de las ruedas traseras no es la misma que la de las ruedas delanteras necesitando un espacio mayor al de un carril en tangente. La ampliación de la corona se hará siempre por el lado interno de la curva.



II.5.1.3.2 Sobre-Elevación de la Corona (Sc).

Cuando un vehículo pasa de una tangente a una curva, al recorrer la curva la fuerza centrífuga tiende a arrojarlo hacia afuera. Esta fuerza se calcula mediante la fórmula:

DONDE:

W= Peso del vehículo.

V= Velocidad.

g= Aceleración de la gravedad.

R= Radio de la Curva.

$$F = \frac{W \cdot V^2}{g \cdot R}$$

El objeto de sobre-elevar la corona durante una curva es contrarrestar parcialmente el efecto de dicha fuerza y en menor medida la de desalojar el agua lejos de la superficie de rodamiento. Según la normativa de la SCT la sobre-elevación máxima (Sc) para cualquier tipo de camino será de 10%.

De acuerdo al valor del radio de la curva y al tipo de camino se tienen diferentes valores para la sobre-elevación máxima de cada curva y dichos valores se obtienen de las tablas incluidas en las normas de servicios técnicos publicadas por la SCT.

En cada curva horizontal existen cuatro tipo de secciones típicas que se presentan tanto en la entrada como en la salida de dicha curva y cada una de estas secciones debe cumplir con un valor definido para darle un cambio gradual y seguro al desarrollo de la sobre-elevación de la curva. Las siguientes secciones son las secciones típicas que se presentan en la entrada y salida de una curva horizontal:

Sección A. Es la sección que normalmente se presentaría en una tangente cualquiera, en la cual ambos carriles tienen el bombeo normal es decir con una pendiente negativa del 2% del centro de línea hacia los hombros.

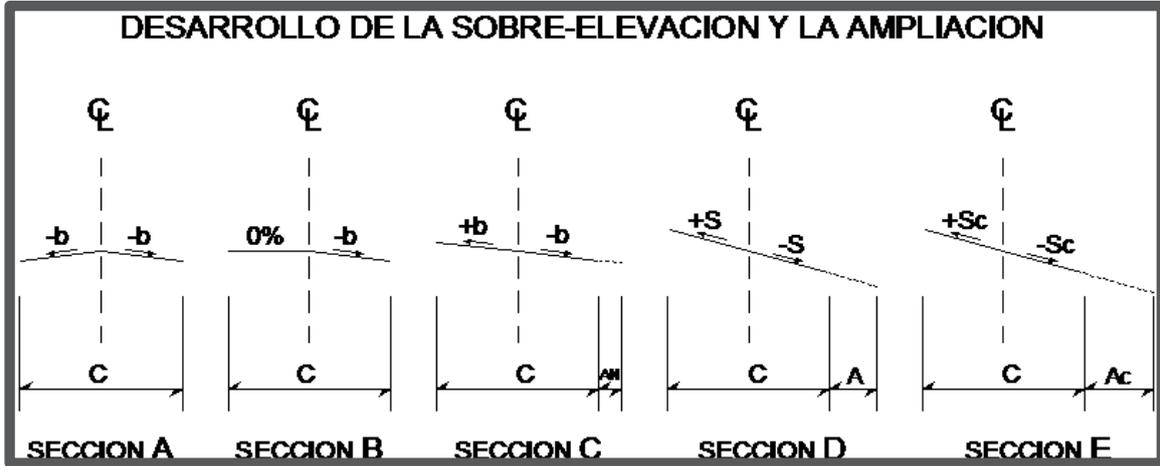
Sección B. En esta el carril externo tiene una pendiente del 0% es decir es horizontal y el carril interno conserva el bombeo normal, a partir de esta se toma la longitud de transición.

Sección C. En esta el carril externo tiene la misma pendiente del bombeo pero en este caso en sentido positivo y el carril interno conserva el bombeo en sentido negativo.

Sección D. En esta se presenta el valor de sobre-elevación en algún punto cualquiera dentro de la longitud de transición de dicha curva.

Sección E. En esta el carril externo e interno presentan el valor máximo de sobre-elevación para dicha curva.

Para comprender mejor lo anterior, se presenta la siguiente figura con el desarrollo de la sobre-elevación de una curva horizontal:



En donde:

B = Bombeo de la corona, generalmente igual a -2%.

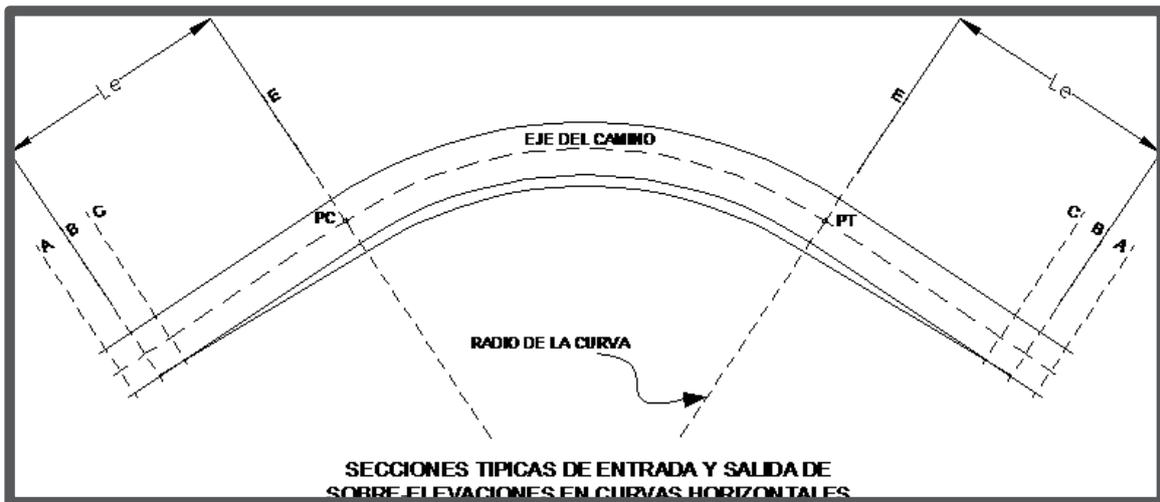
S = Sobre-elevación en un punto cualquiera dentro de la longitud de transición.

Sc = Sobre-elevación máxima de dicha curva.

C = Ancho de la corona.

A = Ampliación de la corona en un punto cualquiera de la longitud de transición.

Ac = Ampliación máxima de la corona de dicha curva.



Para conocer el cadenamiento en el que se presentara cada una de las secciones mencionadas anteriormente se emplean las siguientes expresiones:

$$S = \frac{L}{Le} \cdot Sc$$

$$N = \frac{b}{Sc} \cdot Le$$

Donde:

S = Sobre-elevación de la corona en un punto cualquiera de la longitud de transición, en %.

L = Distancia a partir del origen de la transición hasta el punto donde se desea conocer la sobre elevación, en m.

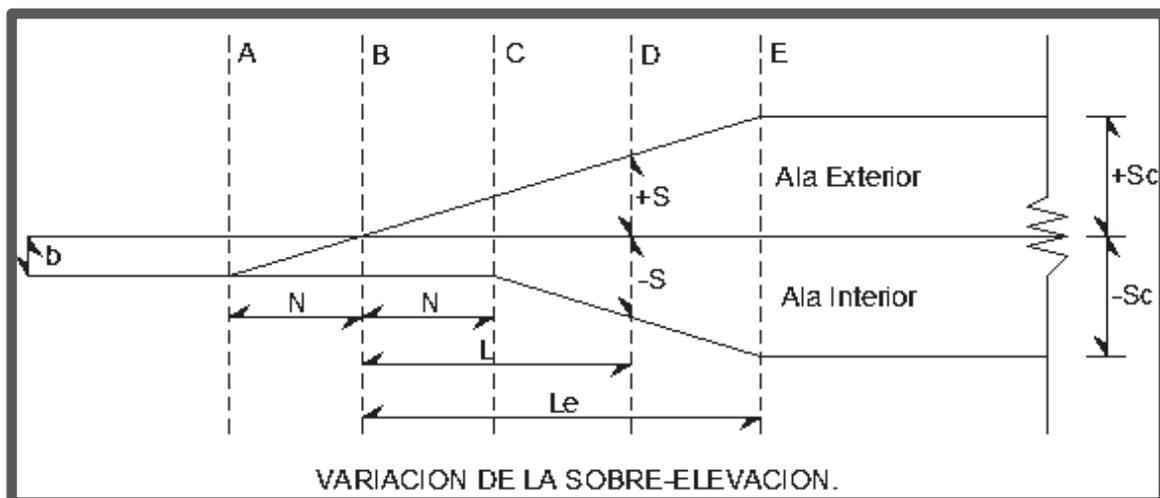
Le = Longitud de transición sobre la cual se desarrollara la sobre-elevación y ampliación de la curva, en m.

Sc = Sobre-elevación máxima de la corona correspondiente al grado de curvatura de la curva, en %.

b = Bombeo de la corona sobre una tangente, generalmente igual a -2%.

N = Parámetro de sobre-elevación necesario para calcular el cadenamiento de las secciones A y C, en m.

Hay que recordar que la longitud de transición puede tener como limites el PC y PT de la curva o hasta un máximo de un tercio de la longitud de la curva dentro de la misma, dependiendo de la topografía y de la densidad de curvas del alineamiento. Una vez que se ha ubicado la sección E se le resta la longitud de transición para conocer el cadenamiento de la sección B y una vez conocida esta se le resta el valor del parámetro N y obtendremos el cadenamiento de la sección A y para conocer el cadenamiento de la sección C simplemente hay que sumar el valor del parámetro N al cadenamiento de la sección B.

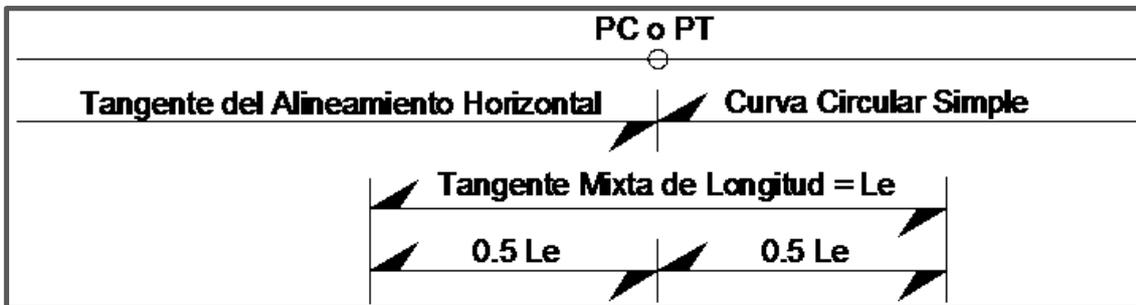


II.5.1.3.3 Longitud de Transición (L_e).

Para que la sobre-elevación y la ampliación de una curva se desarrollen de una forma gradual y segura, estas se deben dar dentro de una longitud de transición la cual depende del grado de curvatura y el tipo de camino. La longitud de transición se puede presentar en forma de espirales de transición las cuales deben estar en su totalidad por fuera de la curva o en forma de tangentes de transición o transiciones mixtas en las cuales la longitud de transición se presenta en un 50% por fuera de la curva y el 50% restante dentro de la curva o hasta un máximo de 30% dentro de la longitud de la curva.

En la siguiente figura se ilustra mejor los diferentes tipos de transición:

Transición Mixta.



Espiral de Transición.



II.5.1.4 Normas de Servicios Técnicos de la SCT.

Como se ha estado mencionando con anterioridad estos tres parámetros: L_e , S_c y A_c ; están directamente relacionados con el grado de curvatura, la velocidad de proyecto y el tipo de camino; y su valor se especifica en las Normas de Servicios Técnicos en el Libro 2.01.01 CARRETERAS – PROYECTO GEOMÉTRICO editado y publicado por la SCT.

A continuación se muestran las tablas publicadas en las Normas de Servicios Técnicos de la SCT.

CONCEPTO.	UNIDAD.	TIPO DE CARRETERA																														
		E		D		C		B		A																						
TDPA	Vehidía	Hasta 100.		100 a 500.		500 a 1500.		1500 a 3000.		Más de 3000.																						
Tipo de Terreno.	---	Montañoso.																														
		Lomerío.																														
		Plano.																														
Velocidad de Proyecto.	Km/hr.	30	40	50	60	70	80	90	100	110	60	70	80	90	100	110																
Distancia de Visibilidad de Parada.	m	30	40	55	75	95	30	40	55	75	95	115	135	155	175	75	95	115	135	155	175											
Distancia de Visibilidad de Rebase.	m	--	--	--	--	--	135	180	225	270	315	360	405	450	225	270	315	360	405	450	495											
Grado Máximo de Curvatura	°	60	30	17	11	7.5	60	30	17	11	7.5	55	4.25	3.25	17	11	7.5	55	4.25	3.25	2.75	11	7.5	5.5	4.25	3.25	2.75					
Curvas Verticales.	K	4	7	12	23	36	3	4	8	14	20	4	8	14	20	31	43	57	8	14	20	31	43	57	72	14	20	31	43	57	72	
	Columpio	4	7	10	15	20	4	7	10	15	20	7	10	15	20	25	31	37	10	15	20	25	31	37	43	15	20	25	31	37	43	
	Longitud Mínima.	20	30	30	40	40	20	30	30	40	40	30	30	40	40	50	60	60	30	40	40	50	60	60	40	40	50	60	60	60	60	
Pendiente Gobernadora.	%	9	7	7	--	6	6	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Pendiente Máxima.	%	13	10	10	7	6	6	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Ancho de Calzada.	m	4.0	4.0	4.0	4.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	
Ancho de Corona	m	4.0	4.0	4.0	4.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	
Ancho de Acotamientos.	m	--	--	--	--	--	--	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Ancho de la Faja Separadora Central.	m	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Bombeo.	%	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Sobreelevación Máxima.	%	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

TABLA DE CLASIFICACIÓN, CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES DE CARRETERAS EN MEXICO.

TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPÍTULO II. PROYECTO GEOMÉTRICO.

velocidad		50			60			70			80			90			100			110		
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
00°15'	4333.60	0	2.0	25	0	2.0	34	0	2.0	52	0	2.0	45	0	2.0	50	0	2.0	55	0	2.0	52
00°30'	2291.94	0	2.0	25	0	2.0	34	20	2.0	52	20	2.0	45	20	2.0	50	20	2.5	55	20	2.7	52
00°45'	1327.29	20	2.0	25	20	2.0	34	20	2.0	52	20	2.3	45	30	2.5	50	30	3.4	55	30	4.0	52
01°00'	1149.92	30	2.0	25	30	2.0	34	20	2.5	52	30	3.0	45	30	3.5	50	30	4.5	55	30	5.2	52
01°15'	918.74	30	2.0	25	30	2.5	34	30	3.0	52	30	3.7	45	40	4.5	50	40	5.5	55	40	6.5	52
01°30'	763.94	30	2.0	25	30	2.5	34	30	3.5	52	30	4.4	45	40	5.5	50	40	6.4	55	40	7.5	54
01°45'	654.81	30	2.2	25	30	3.2	34	30	4.2	52	40	5.0	45	40	6.2	50	40	7.5	55	50	8.2	71
02°00'	572.98	30	2.5	25	30	3.5	34	30	4.5	52	40	5.7	45	40	6.7	50	50	8.2	55	50	8.9	75
02°15'	509.30	30	2.5	25	40	4.0	34	40	5.2	52	40	6.2	45	50	7.5	55	50	8.7	70	50	9.4	83
02°30'	455.37	30	3.1	25	40	4.4	34	40	5.5	52	50	6.5	45	50	7.9	57	50	9.2	74	50	9.8	85
02°45'	415.70	30	3.4	25	40	4.7	34	40	6.0	52	50	7.3	47	50	8.4	50	50	9.5	77	50	10.0	85
03°00'	381.97	40	3.7	25	40	5.1	34	50	6.4	52	50	7.7	48	50	8.5	53	50	9.9	79			
03°15'	353.59	40	3.9	25	40	5.4	34	50	6.7	52	50	8.1	52	50	9.2	55	50	10.0	80			
03°30'	327.40	40	4.2	25	50	5.7	34	50	7.1	40	50	8.5	54	50	9.5	59						
03°45'	303.58	40	4.4	25	50	6.0	34	50	7.5	42	50	8.8	55	50	9.8	71						
04°00'	281.48	40	4.7	25	50	6.3	34	50	7.8	44	50	9.1	55	70	9.9	71						
04°15'	261.63	50	4.9	25	50	6.6	34	50	8.1	45	50	9.4	50	70	10.0	72						
04°30'	244.69	50	5.1	25	50	6.9	34	50	8.4	47	70	9.5	51									
04°45'	241.25	50	5.4	25	50	7.1	34	50	8.7	49	70	9.7	52									
05°00'	229.18	50	5.5	25	50	7.4	35	50	8.9	50	70	9.9	53									
05°15'	208.35	50	5.0	25	50	7.5	37	70	9.5	52	50	10.0	54									
05°30'	190.99	50	5.3	25	70	8.2	39	70	9.5	54												
05°45'	175.29	50	5.7	25	70	8.5	41	50	9.5	55												
06°00'	163.70	50	7.0	25	70	8.9	42	50	9.9	55												
07°00'	152.79	70	7.5	29	50	9.1	44	50	10.0	55												
08°00'	143.24	70	7.8	30	50	9.4	45															
08°30'	134.81	70	7.9	32	50	9.5	46															
09°00'	127.52	80	8.2	32	50	9.7	47															
09°30'	120.62	80	8.4	34	50	9.8	47															
10°00'	114.59	80	8.5	34	50	9.9	48															
10°30'	109.13	90	8.5	35	100	10.0	48															
11°00'	104.17	90	9.0	35	100	10.0	48															
11°30'	99.54	90	9.2	37																		
12°00'	95.49	100	9.3	37																		
12°30'	91.87	100	9.5	38																		
13°00'	88.19	100	9.5	38																		
13°30'	84.88	110	9.7	39																		
14°00'	81.85	110	9.8	39																		
14°30'	79.05	110	9.8	39																		
15°00'	76.59	110	9.9	40																		
15°30'	73.95	120	9.9	40																		
16°00'	71.62	120	10.0	40																		
16°30'	69.49	120	10.0	40																		
17°00'	67.43	130	10.0	40																		

Ac, Ampliación de la calzada y la corona, en cm.

Sc, Sobreelevación, en %.

Le, Longitud de Transición, en m.

(Abajo de la línea gruesa se emplearan espirales de transición y arriba se usarán transiciones mixtas).

AMPLIACIONES, SOBRE-ELEVACIONES Y LONGITUD DE TRANSICIÓN
PARA CAMINOS TIPO A Y B.

TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPÍTULO II. PROYECTO GEOMÉTRICO.

VELOCIDAD		40			50			60			70			80			90			100		
Vc	Rc	Ac	Sc	Le																		
00'15	4362.89	0.3	2.0	22	0.3	2.0	28	0.3	2.0	24	0.3	2.0	29	0.3	2.0	43	0.3	2.0	50	0.3	2.0	58
00'30	3321.84	0.3	2.0	22	0.3	2.0	28	0.3	2.0	24	0.3	2.0	29	0.3	2.0	43	0.3	2.0	50	0.3	2.0	58
00'45	1927.83	0.3	2.0	22	0.3	2.0	28	0.3	2.0	24	0.3	2.0	29	0.3	2.4	43	0.3	2.8	50	0.4	3.3	58
01'00	1148.92	0.3	2.0	22	0.3	2.0	28	0.3	2.0	24	0.3	2.3	29	0.3	2.0	43	0.4	2.8	50	0.4	4.8	58
01'15	916.74	0.3	2.0	22	0.3	2.0	28	0.3	2.3	24	0.4	2.0	29	0.4	2.7	43	0.4	4.3	50	0.5	3.8	58
01'30	762.93	0.3	2.0	22	0.3	2.0	28	0.4	2.8	24	0.4	2.8	29	0.4	4.4	43	0.5	5.3	50	0.5	8.3	58
01'45	654.81	0.3	2.0	22	0.3	2.2	28	0.4	2.2	24	0.4	4.1	29	0.5	5.0	43	0.5	6.0	50	0.8	7.3	58
02'00	572.98	0.3	2.0	22	0.4	2.5	28	0.4	2.8	24	0.5	4.8	29	0.5	5.7	43	0.5	6.8	50	0.8	8.1	65
02'15	509.20	0.3	2.0	22	0.4	2.8	28	0.4	4.0	24	0.5	5.1	29	0.5	6.2	43	0.6	7.4	52	0.8	8.7	70
02'30	459.27	0.4	2.1	22	0.4	3.1	28	0.5	4.4	24	0.5	5.3	29	0.6	6.7	43	0.6	7.9	57	0.7	9.3	74
02'45	418.70	0.4	2.3	22	0.4	3.4	28	0.5	4.7	24	0.5	6.0	29	0.6	7.2	46	0.6	8.4	60	0.7	9.8	77
03'00	381.97	0.4	2.5	22	0.5	3.7	28	0.5	5.1	24	0.6	6.4	29	0.6	7.7	49	0.7	8.8	63	0.7	9.9	79
03'15	352.58	0.4	2.7	22	0.5	3.9	28	0.5	5.4	24	0.6	6.8	29	0.6	8.1	52	0.7	9.3	66	0.8	10.0	80
03'30	327.41	0.4	2.9	22	0.5	4.2	28	0.5	5.7	24	0.6	7.1	40	0.7	8.3	54	0.7	9.8	69			
03'45	305.58	0.5	3.1	22	0.5	4.4	28	0.6	6.0	24	0.6	7.3	42	0.7	8.6	56	0.7	9.8	71			
04'00	286.48	0.5	3.3	22	0.5	4.7	28	0.6	6.3	24	0.6	7.6	44	0.7	9.1	58	0.8	9.9	71			
04'15	269.53	0.5	3.4	22	0.6	4.9	28	0.6	6.5	24	0.7	8.1	45	0.7	9.4	60	0.8	10.0	72			
04'30	254.85	0.5	3.6	22	0.6	5.1	28	0.6	6.8	24	0.7	8.4	47	0.8	9.8	61						
04'45	241.25	0.5	3.8	22	0.6	5.4	28	0.6	7.1	24	0.7	8.7	49	0.8	9.8	63						
05'00	229.18	0.5	3.9	22	0.6	5.6	28	0.7	7.4	26	0.7	8.9	50	0.8	9.9	63						
05'30	208.25	0.6	4.2	22	0.6	6.0	28	0.7	7.8	27	0.8	9.3	52	0.9	10.0	64						
06'00	190.98	0.6	4.5	22	0.7	6.3	28	0.7	8.2	28	0.8	9.8	54									
06'30	176.20	0.6	4.8	22	0.7	6.7	28	0.8	8.6	41	0.9	9.8	55									
07'00	163.70	0.7	5.1	22	0.7	7.0	28	0.8	8.9	42	0.9	9.9	55									
07'30	152.79	0.7	5.3	22	0.8	7.3	29	0.9	9.1	44	0.9	10.0	56									
08'00	143.24	0.7	5.6	22	0.8	7.6	30	0.9	9.4	45												
08'30	134.81	0.8	5.8	22	0.8	7.8	32	0.9	9.6	46												
09'00	127.32	0.8	6.1	22	0.9	8.2	33	1.0	9.7	47												
09'30	120.62	0.8	6.3	22	0.9	8.4	34	1.0	9.8	47												
10'00	114.59	0.9	6.5	22	1.0	8.6	35	1.0	9.9	48												
11'00	104.17	0.9	6.9	22	1.0	9.0	36	1.1	10.0	49												
12'00	95.49	1.0	7.3	23	1.1	9.3	37															
13'00	88.15	1.0	7.6	24	1.1	9.6	38															
14'00	81.85	1.1	7.9	25	1.2	9.8	39															
15'00	76.39	1.1	8.2	26	1.2	9.9	40															
16'00	71.62	1.2	8.5	27	1.3	10.0	40															
17'00	67.41	1.2	8.7	28	1.4	10.0	40															
18'00	63.66	1.3	8.9	28																		
19'00	60.31	1.3	9.1	29																		
20'00	57.30	1.4	9.2	29																		
21'00	54.57	1.4	9.4	30																		
22'00	52.09	1.5	9.5	30																		
23'00	49.82	1.5	9.6	31																		
24'00	47.75	1.6	9.7	31																		
25'00	45.84	1.6	9.8	31																		
26'00	44.07	1.7	9.9	32																		
27'00	42.44	1.7	9.9	32																		
28'00	40.93	1.8	10.0	32																		
29'00	39.51	1.9	10.0	32																		
30'00	38.20	1.9	10.0	32																		

Ac, Ampliación de la calzada y la corona, en cm.

Sc, Sobreelevación, en %.

Le, Longitud de Transición, en m.

(Abajo de la línea gruesa se emplearan espirales de transición y arriba se usarán transiciones mixtas).

AMPLIACIONES, SOBRE-ELEVACIONES Y LONGITUD DE TRANSICIÓN
PARA CAMINOS TIPO C.

TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPÍTULO II. PROYECTO GEOMÉTRICO.

VELOCIDAD		30			40			50			60			70		
Vc	Rc	Ac	Sc	Le												
00700	2819.79	0.2	3.0	10	0.2	3.0	13	0.2	3.0	16	0.3	3.0	19	0.3	3.0	22
01700	1145.92	0.2	3.0	10	0.2	3.0	13	0.2	3.0	16	0.3	3.0	19	0.3	3.0	22
01700	891.49	0.2	3.0	10	0.2	3.0	13	0.2	3.0	16	0.3	3.0	19	0.4	3.0	22
02700	572.98	0.2	3.0	10	0.2	3.0	13	0.2	3.0	16	0.4	3.0	19	0.4	3.0	22
02700	499.22	0.2	3.0	10	0.2	3.0	13	0.4	3.0	16	0.4	3.0	19	0.5	3.0	22
03700	391.97	0.2	3.0	10	0.4	3.0	13	0.4	3.0	16	0.5	3.0	19	0.5	4.0	22
03700	347.23	0.2	3.0	10	0.4	3.0	13	0.4	3.0	16	0.5	3.2	19	0.6	4.7	26
04700	295.49	0.2	3.0	10	0.4	3.0	13	0.5	3.0	16	0.5	3.6	19	0.6	5.2	29
04700	265.49	0.4	3.0	10	0.4	3.0	13	0.5	3.0	16	0.6	4.1	20	0.6	6.0	34
05700	229.18	0.4	3.0	10	0.5	3.0	13	0.5	3.0	16	0.6	4.5	22	0.7	6.7	37
05700	216.21	0.4	3.0	10	0.5	3.0	13	0.5	3.2	16	0.6	50.0	24	0.7	7.2	41
06700	190.99	0.4	3.0	10	0.5	3.0	13	0.6	3.5	16	0.6	5.5	26	0.7	8.0	45
06700	181.89	0.5	3.0	10	0.5	3.0	13	0.6	3.6	16	0.7	5.9	28	0.8	8.7	49
07700	169.70	0.5	3.0	10	0.5	3.0	13	0.6	4.1	16	0.7	6.4	31	0.8	9.2	53
07700	159.99	0.5	3.0	10	0.6	3.0	13	0.7	4.4	19	0.7	6.8	33	0.8	10.0	58
08700	149.24	0.5	3.0	10	0.6	3.0	13	0.7	4.7	19	0.8	7.2	35			
08700	139.05	0.5	3.0	10	0.6	3.0	13	0.7	5.0	20	0.8	7.7	37			
09700	127.22	0.5	3.0	10	0.6	3.0	13	0.7	5.2	21	0.8	8.2	39			
09700	122.22	0.6	3.0	10	0.7	3.2	13	0.7	5.5	22	0.8	8.6	41			
10700	114.59	0.6	3.0	10	0.7	3.2	13	0.8	5.6	24	0.9	9.1	44			
11700	104.17	0.6	3.0	10	0.7	3.7	13	0.8	6.5	26	0.9	10.0	49			
12700	99.49	0.6	3.0	10	0.8	4.0	13	0.9	7.1	28						
12700	99.15	0.7	3.0	10	0.8	4.2	14	0.9	7.6	31						
14700	91.63	0.7	3.0	10	0.8	4.7	15	0.9	8.2	33						
15700	78.29	0.7	3.0	10	0.9	5.0	16	1	8.6	35						
16700	71.62	0.8	3.0	10	0.9	5.2	17	1	9.4	38						
17700	67.41	0.8	3.0	10	0.9	5.7	18	1.1	10.0	40						
18700	62.69	0.8	3.0	10	1	6.0	19									
19700	60.21	0.9	3.2	10	1	6.2	20									
20700	57.20	0.9	3.2	10	1	6.7	21									
22700	52.09	1	3.7	10	1.1	7.2	22									
24700	47.73	1	4.0	10	1.2	8.0	26									
26700	44.07	1.1	4.2	10	1.2	8.7	28									
28700	40.99	1.1	4.7	11	1.2	9.2	30									
30700	38.20	1.2	5.0	12	1.4	10.0	32									
32700	35.61	1.2	5.2	12												
34700	33.70	1.2	5.7	14												
36700	31.62	1.4	6.0	14												
38700	30.18	1.5	6.2	15												
40700	28.65	1.5	6.7	16												
42700	27.22	1.6	7.0	17												
44700	26.04	1.6	7.2	18												
46700	24.91	1.7	7.7	19												
48700	23.67	1.8	8.0	19												
50700	22.62	1.8	8.2	20												
52700	21.64	1.9	8.7	21												
54700	21.22	1.9	9.0	22												
56700	20.48	2	9.2	22												
58700	19.76	2	9.7	23												
60700	19.10	2.1	10.0	24												

Ac, Ampliación de la calzada y la corona, en cm.

Sc, Sobreelevación, en %.

Le, Longitud de Transición, en m.

(Abajo de la línea gruesa se emplearan espirales de transición y arriba se usarán transiciones mixtas).

AMPLIACIONES, SOBRE-ELEVACIONES Y LONGITUD DE TRANSICIÓN
PARA CAMINOS TIPO D Y E.

II.5.2 ALINEAMIENTO VERTICAL.

El alineamiento vertical es la proyección del desarrollo del eje de un camino sobre un plano vertical. Sus elementos son las tangentes verticales y curvas verticales que ligan dichas tangentes.

II.5.2.1 Tangentes Verticales.

Las tangentes verticales están definidas por su longitud y su pendiente. La prolongación de las tangentes está limitada por PIV o Puntos de Inflexión Vertical, que son los puntos donde una tangente vertical intersecta a otra y existe un cambio de pendiente. Los elementos que caracterizan a un PIV son su cadenamiento y su elevación. Para el proyecto del alineamiento vertical, se definen tres tipos de pendientes: la mínima, la gobernadora y la máxima. La pendiente mínima se requiere para asegurar el drenaje del agua de la corona del camino y se especifica en 0.5%. La pendiente gobernadora, en teoría, es la que se puede mantener de forma indefinida a lo largo de todo el trazo. La pendiente máxima es la mayor que se puede utilizar en un proyecto y que está determinada por el volumen y la composición del tránsito y la configuración del terreno.

II.5.2.2 Curvas Verticales.

El paso de una tangente vertical a otra se realiza por medio de curvas verticales, cuya característica principal es que la componente horizontal de la velocidad de los vehículos es constante a través de ella. La curva que cumple con esta peculiaridad es la parábola. Existen dos tipos de curvas: curvas en cresta, llamadas así cuando su concavidad es hacia arriba; y curvas en columpio que son cuando su concavidad es hacia abajo.

Para calcular la longitud de las curvas verticales es necesario conocer la diferencia algebraica de pendientes de las tangentes de entrada y de salida. Con dicha diferencia algebraica se entra a las graficas de longitud mínima para curvas verticales y donde intersecte con la curva de velocidad de proyecto deseada se obtiene la longitud de la curva. No se debe olvidar que cuando se va a dibujar el perfil del terreno natural y la rasante del eje del camino, la escala vertical debe ser diez veces más grande que la escala horizontal, por ejemplo si la escala horizontal es 1:2000 la escala vertical debe ser 1:200; esto con el objeto de apreciar en mayor detalle las variaciones del terreno natural a lo largo del eje del camino, que en una escala similar no se podrian observar y de esta manera proponer una rasante mas adecuada.

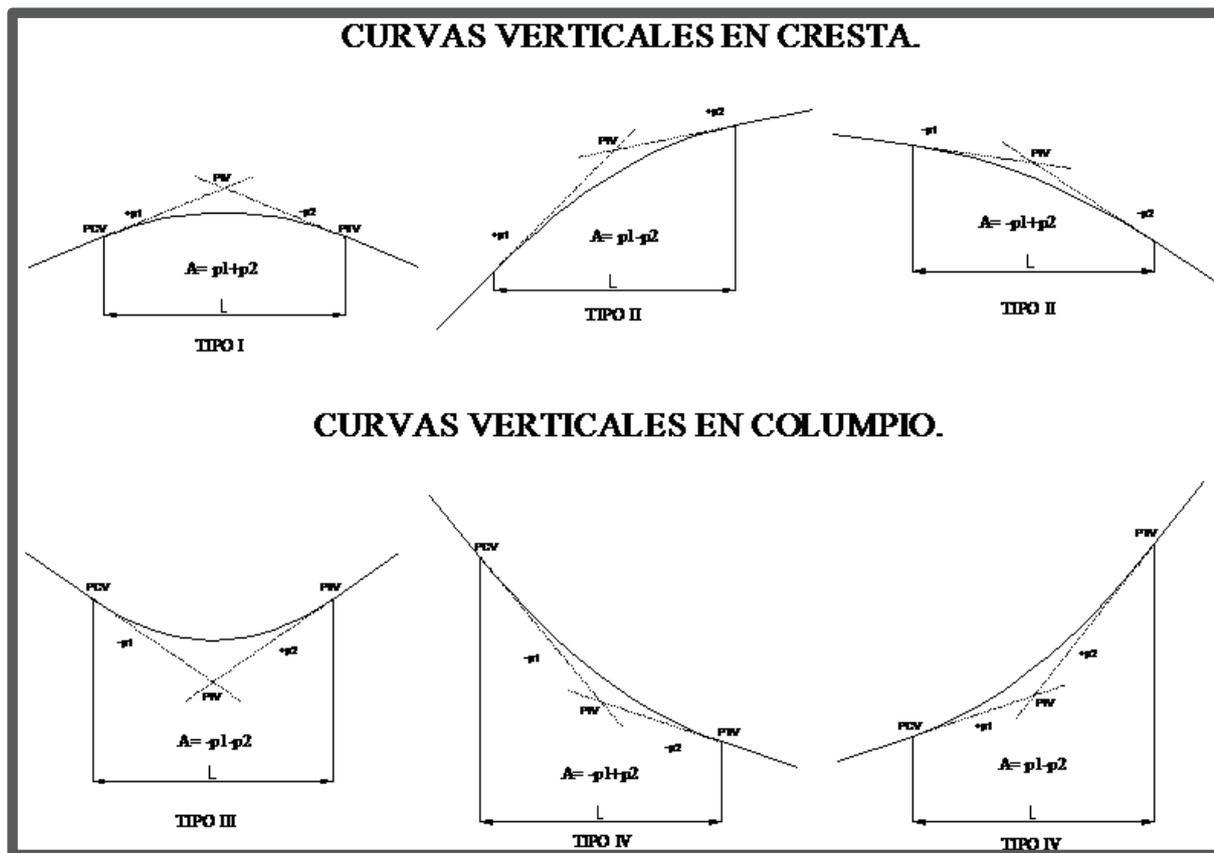
II.5.2.3 Longitud Crítica de una Tangente Vertical.

Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad más allá de un límite establecido. Los elementos que intervinieron para la determinación de la Longitud Crítica de una tangente son el vehículo de proyecto, la configuración del terreno, el volumen y la composición del tránsito. Se ha considerado que la longitud crítica de cualquier pendiente es aquella que ocasiona una reducción de 25 KPH en la velocidad de operación del vehículo de proyecto.

Es recomendable cuando se tiene tramos con pendientes máximas muy prolongadas, proyectar descansos con pendientes mínimas; o cuando la topografía no lo permite, proyectar carriles auxiliares para la circulación de camiones de carga a velocidades bajas y así no entorpecer el tránsito de vehiculos mas ligeros.

II.5.2.4 Tipos de Curvas Verticales.

Existen varios casos que se pueden presentar al momento de proyectar curvas verticales.



En donde:

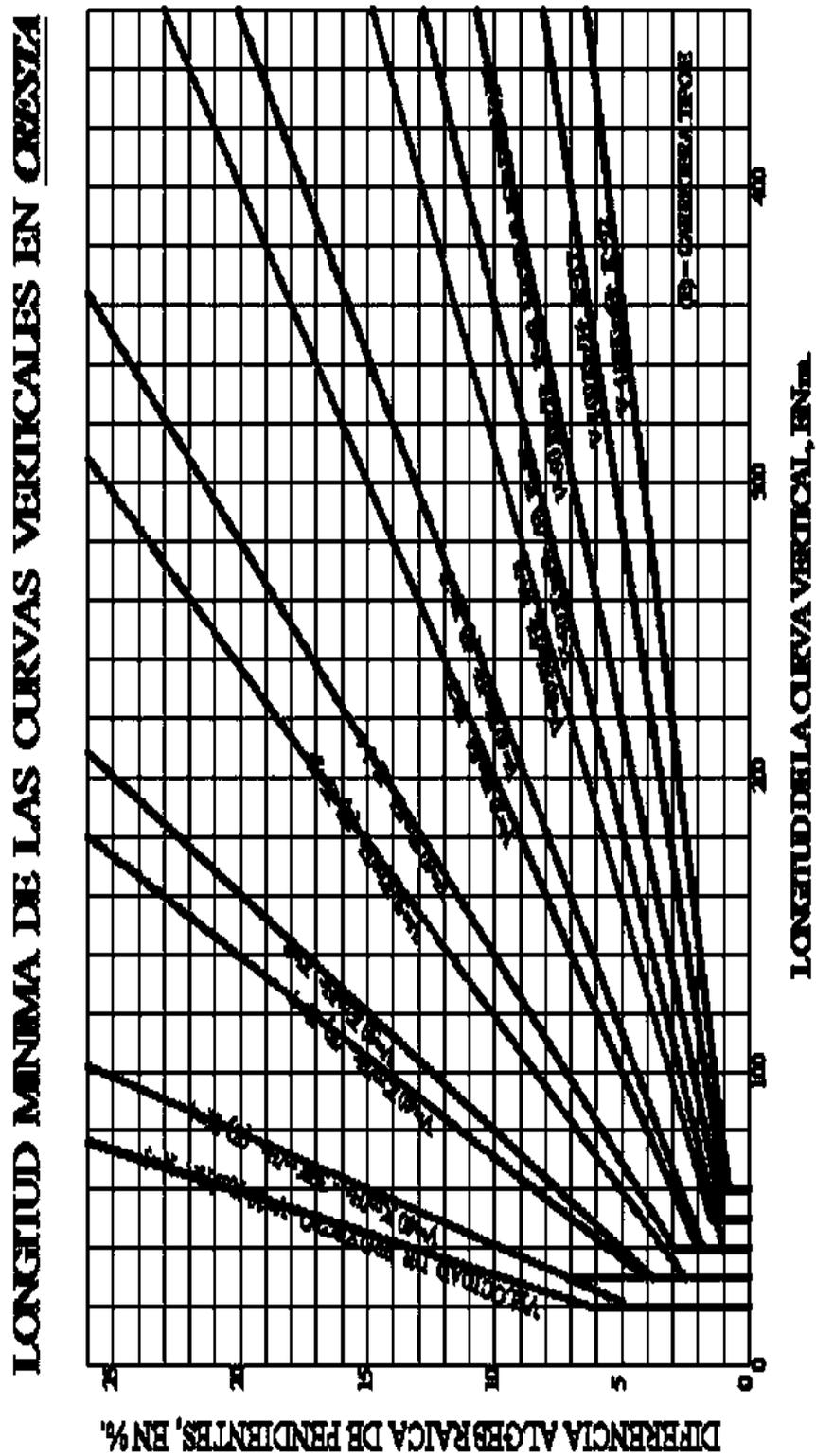
$p1$ = Pendiente de la tangente de entrada, en %.

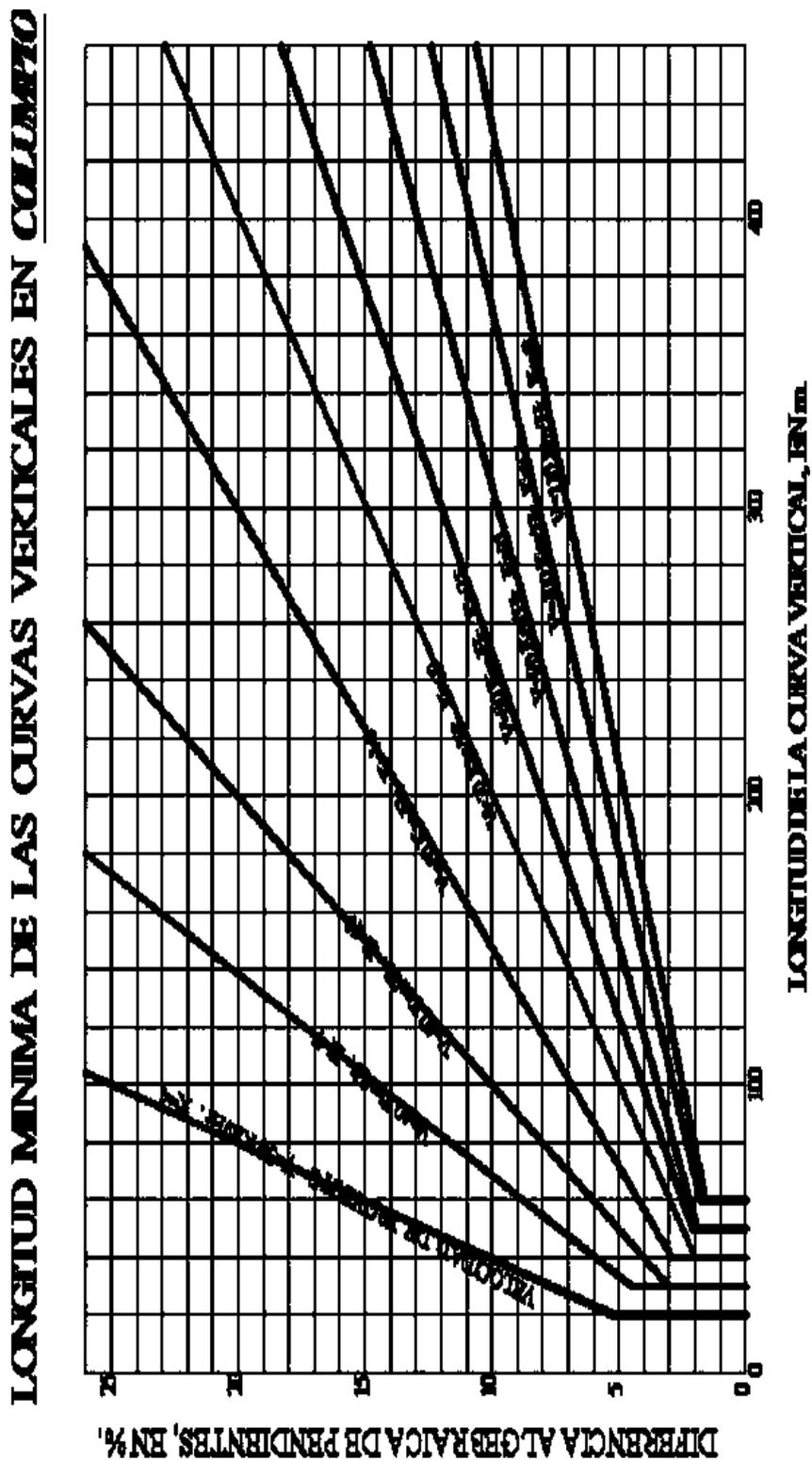
$p2$ = Pendiente de la tangente de salida, en %.

A = Diferencia algebraica de pendientes.

L = Longitud de la curva vertical, en m.

A continuación se ilustran las graficas en las cuales se puede obtener la longitud mínima para curvas verticales en cresta y columpio.

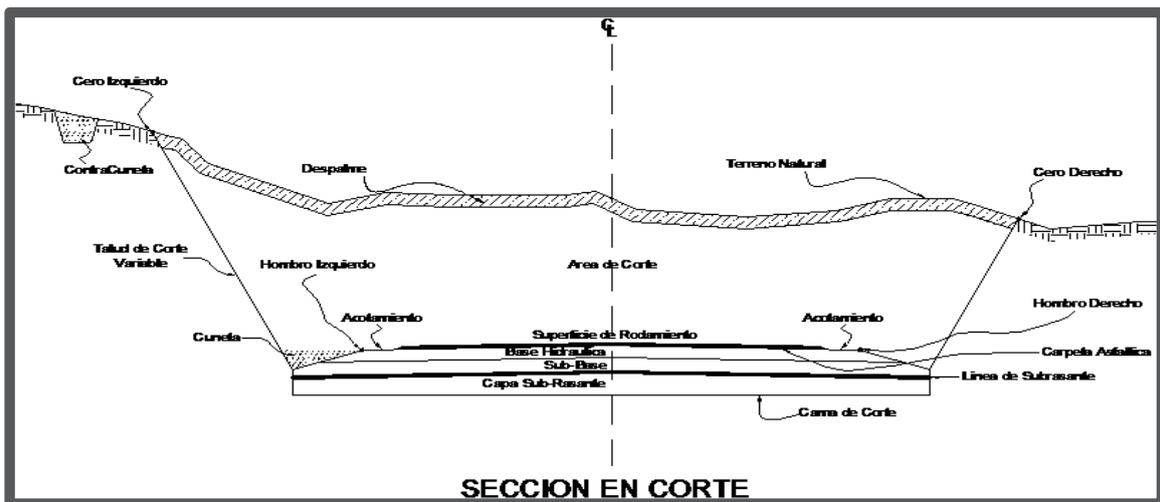
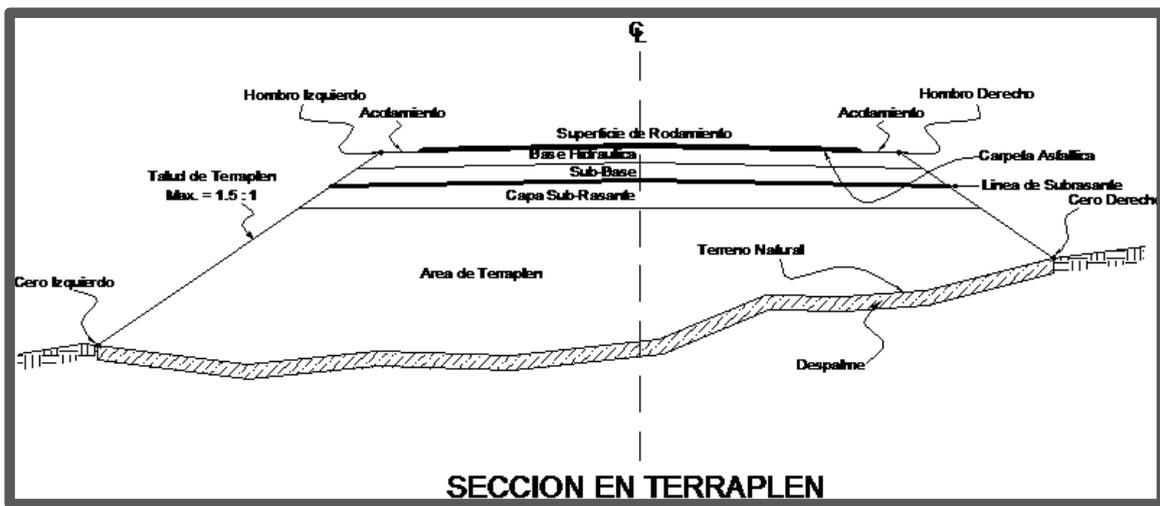


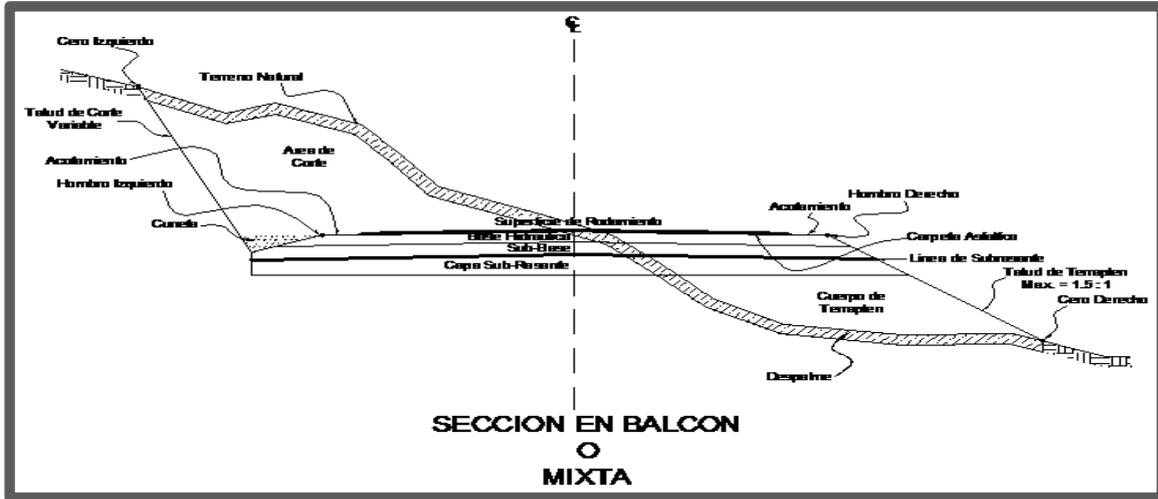


II.5.3 SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN.

Una sección de un camino es un corte que se hace transversalmente y en dirección normal al eje del camino con el objeto de observar a detalle el comportamiento del terreno natural y definir la disposición y dimensiones de los elementos que van a conformar la sección de construcción. Para poder apreciar los detalles del terreno natural y definir adecuadamente las dimensiones de los elementos de la sección, estas se deben dibujar a una escala de 1:100 tanto en sentido vertical como horizontal.

Existen tres casos que pueden presentarse al proyectar las secciones de un camino:

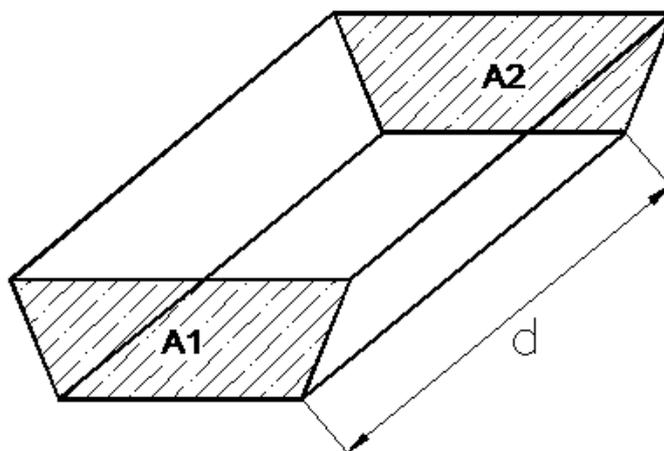




II.5.4 CALCULO DE VOLUMENES Y CURVA-MASA.

Una vez que ya se tienen dibujadas las secciones de construcción a una escala adecuada, se procede a la cuantificación de las áreas de cada uno de los elementos que conforman la sección de construcción, desde el despalme hasta las capas que conforman la estructura del pavimento, esto con objeto de obtener los volúmenes de obra del camino proyectado.

Existen varios métodos para calcular el volumen de material entre dos estaciones, pero a lo largo de los años se ha comprobado la eficacia de un método, gracias a su rapidez y a que se obtienen resultados bastante veraces; este método es el de obtener el promedio de áreas extremas y multiplicarlo por la distancia entre dichas secciones; a continuación se ilustra y explica mejor el método.



De la figura anterior se puede deducir lo siguiente:

$$V = \left(\frac{A1 + A2}{2} \right) \cdot d$$

Si en lugar de dividir la suma de áreas extremas entre dos y simplemente tomamos como regla general dividir la distancia entre dos para conocer el volumen entre dos estaciones, estaremos usando el método de la semi-distancia.

$$V = (A1 + A2) \cdot sd$$

Donde:

V = Volumen comprendido entre dos estaciones, en m³.

A1 y A2 = Áreas de las estaciones entre las cuales se quiere conocer el volumen, en m².

sd = (d/2) = Semidistancia, es igual a la distancia que existe entre las secciones extremas dividida entre dos, en m.

Existen algunos casos en los cuales hay que obtener secciones a distancias diferentes a las del cadenamien- to normal que por lo general es a cada 20m, debido a la irregularidad de la topografía o a la complejidad del trazo, pero con el método de la semi-distancia no importa cuál sea la distancia entre secciones siempre se tendrá en cuenta esta variación al momento de calcular los volúmenes.

El diagrama de masas o curva-masa es una curva en la cual las ordenadas representan los volúmenes acu- mulados de corte y terraplén y las abscisas son el cadenamamiento del camino que por lo general es a cada veinte metros. Por lo general y como recomendación se dibuja el diagrama de masas en el mismo plano donde se dibujaron el perfil de terreno natural y la rasante propuesta.

Para la acumulación de volúmenes se consideraran los volúmenes de corte como positivos (+) y los volúmenes de terraplén como negativos (-); de esta manera para conocer los volúmenes acumulados sim- plemente tenemos que fijar una cota inicial de valor adecuado (10000, 100000, etc.) a la cual le sumaremos y restaremos los valores de los volúmenes de corte y terraplén en cada estación.

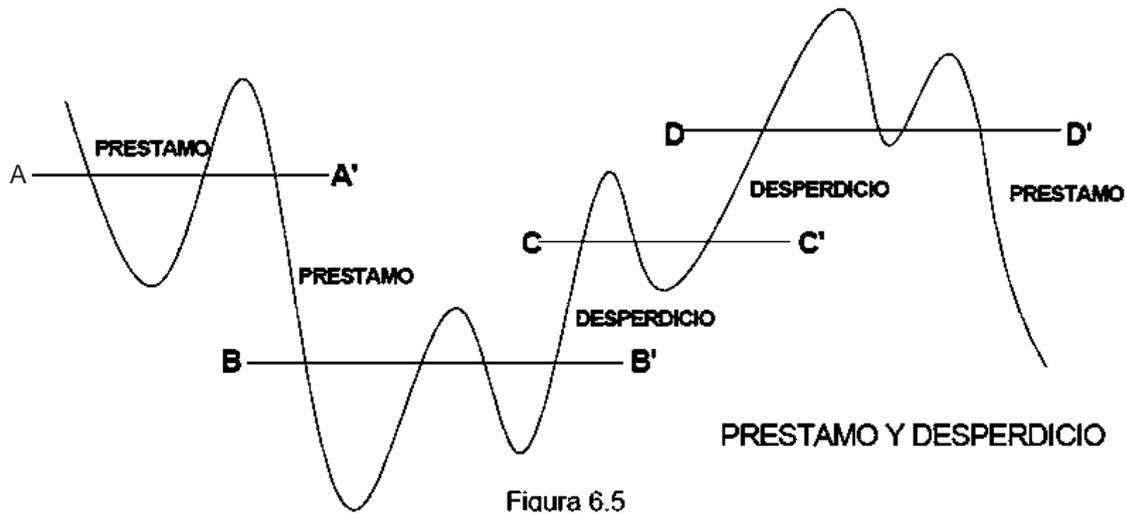
ESTACION	VOLUMEN		OCM
	CORTE (+)	TERRAPLEN (-)	
0+000			COTA (0+000)
0+020	VALOR1	VALOR2	= COTA (0+000) + VALOR1 - VALOR2
0+040	VALOR3	VALOR4	= COTA (0+020) + VALOR3 - VALOR4

Hay algo que tenemos que considerar al momento que estamos calculando las ordenadas del diagrama de masas, cuando un material es excavado o extraído del suelo sufre un fenómeno que se llama abundamiento y este se refiere a que al momento en que el material forma parte del suelo se encuentra en un estado muy compacto y cuando es extraído genera huecos entre sus partículas por lo que su volumen aumenta, para compensar este fenómeno el volumen calculado de corte es afectado por un factor conocido como factor de abundamiento, el cual por lo general es igual a un 30% del volumen de corte; así el valor que se haya calculado de corte en cada estación debe ser afectado por un coeficiente de 1.3, procediendo de esta manera se puede calcular la ordenada de curva-masa sin temor a quedarnos cortos en los cálculos de los acarrees.

Toda curva-masa tiene propiedades que son intrínsecas a ella misma y que definen el comportamiento que tendrá dicha curva-masa, conocerlas nos ayudara a interpretar correctamente cualquier diagrama de masas que se presente. Las propiedades mencionadas anteriormente son las siguientes:

1. El diagrama es ascendente cuando predominan los volúmenes de corte sobre los de terraplén y descendente cuando sucede lo contrario.
2. En el diagrama se presenta un máximo (cima) cuando se pasa de corte a terraplén y un mínimo (valle) cuando se pasa de terraplén a corte. Ambos casos indican que las elevaciones de terreno y subrasante coinciden.
3. Una línea horizontal cualquiera que intersecte a la curva-masa, implica una compensación de volúmenes entre corte y terraplén entre el área delimitada por la curva-masa y dicha línea horizontal. A esa horizontal se le llama línea distribuidora o compensadora.
4. Si el área compensada queda por arriba de la compensadora, el movimiento de tierras se realiza de izquierda a derecha, es decir hacia delante.
5. Si el área compensada queda por debajo de la compensadora, el movimiento de tierras se realiza de derecha a izquierda, es decir hacia atrás.
6. La diferencia de ordenadas entre dos puntos, con relación a una horizontal, nos define el volumen de corte o terraplén disponible entre ellos.
7. Cuando un tramo de la curva-masa se encuentra entre la compensadora principal y otra compensadora auxiliar, y si el movimiento de dicho tramo es ascendente, el volumen comprendido entre dichas compensadoras se tratara de un desperdicio.
8. Cuando un tramo de la curva-masa se encuentra entre la compensadora principal y otra compensadora auxiliar, y si el movimiento de dicho tramo es descendente, el volumen comprendido entre dichas compensadoras se tratara de un préstamo.
9. El acarreo más económico es el que se tiene cuando la línea compensadora hace mínima la suma total de áreas en corte y terraplén, comprendidas entre el diagrama de masas y la línea compensadora.
10. La posición de la línea compensadora más económica es aquella que cruza el mayor número de veces el diagrama de masas.
11. El área comprendida entre el diagrama de masas y la línea compensadora representa el volumen total de acarreo de material, entre los puntos de cruce.

En la siguiente figura se ilustran algunas de las propiedades del diagrama de masas.



En la figura anterior se puede observar que del extremo donde comienza la compensadora al punto A existe un préstamo ya que se trata de un movimiento no compensado de forma descendente; del punto A' al punto B existe un préstamo; del punto B' al punto C existe un desperdicio ya que se trata de un movimiento no compensado de forma ascendente; del punto C' al punto D existe un desperdicio y finalmente del punto D' al extremo final de la curva existe un préstamo.

CAPITULO III. INTRODUCCION AL SOFTWARE DE DISEÑO AUTOCAD CIVIL 3D.

Una vez que hemos conocido lo que es el proyecto geométrico de una carretera y su proceso de cálculo, cabe mencionar que puede ser un proceso bastante extenso y en muchas ocasiones tardado, debido a estas causas siempre se ha buscado la manera de optimizar el tiempo de diseño y de implementar nuevas tecnologías en el proceso de cálculo; con el invento de la computadora se han logrado conjugar bastante bien todos estos factores, pero hay que tener sumo cuidado de no confiar al 100% en los procesos electrónicos de un aparato o un software por muy novedoso que sea, es muy importante desarrollar y dominar los conocimientos base de cualquier tema antes de implementar los recursos electrónicos de que se dispongan en la actualidad.

En la presente tesis se propone el uso de un software como auxiliar en el diseño geométrico de una carretera, dicho software es conocido como Autocad Civil 3D y contiene potentes herramientas para el proceso de información topográfica y la proyección de diversas obras civiles como proyectos de tuberías de agua potable y alcantarillado, diseño de fraccionamientos y proyectos de carreteras; en este documento nos limitaremos solamente a conocer lo referente a procesamiento de información topográfica y diseño de carreteras.

III.1 BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO.

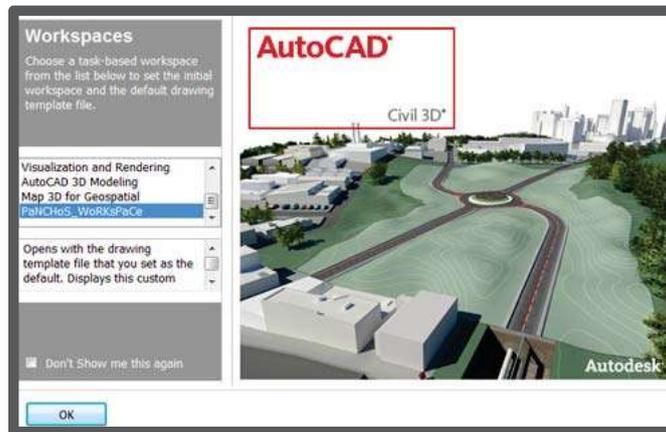
Antes de entrar de lleno al uso del programa me gustaria enlistar los pasos a seguir dentro del proceso de diseño de una carretera, mas adelante se explicara a fondo cada uno de ellos; a grandes rasgos son los siguientes:

1. Selección de una plantilla de diseño.
2. Creación de una superficie de terreno natural.
3. Vaciado (importación) de información topográfica a la superficie de TN.
4. Propuesta de un eje de camino.
5. Definición y establecimiento de las secciones de transición para las curvas horizontales de dicho eje.
6. Obtención del perfil de TN y propuesta del perfil de la rasante.
7. Creación de una sección tipo (ensamble).
8. Modelado virtual de la carretera (creación de un corredor).
9. Creación de una superficie de corredor.
10. Creación de las líneas de seccionamiento.
11. Obtención de las secciones de construcción.
12. Corrección de las secciones de construcción.
13. Cuantificación de los volúmenes de terracerías y pavimentos.
14. Obtención de la curva-masa.

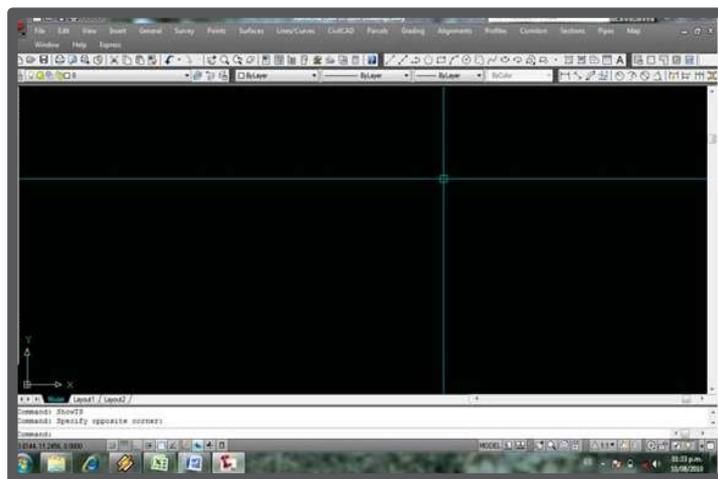
III.2 INTRODUCCION A LA INTERFAZ DEL PROGRAMA.

Al momento de abrir el programa aparecerá una ventana que nos ofrece la opción de elegir diferentes áreas de trabajo o *Workspaces*, un workspace es un área de trabajo en el cual el proyectista puede elegir las herramientas que usa más frecuentemente y tener disponibilidad inmediata de ellas; en la ventana inicial podemos elegir diferentes workspaces que vienen precargados con el programa, desde las herramientas de autocad clásico (*Autocad 3D Modeling*) hasta todas las nuevas herramientas del Autocad Civil 3D (*Civil 3D Complete*); una opción muy útil es la de poder crear un workspace que se adapte a nuestras necesidades particulares, de esta manera he creado un área de trabajo que combina las herramientas clásicas del autocad original y los nuevos menús del Autocad Civil 3D.

A continuación se muestra cómo seleccionar y cargar el *Workspace* creado por mí.



Una vez hecho lo anterior se puede observar que AutoCad Civil 3D tiene un ambiente grafico similar al clásico de autocad, con una ventana de dibujo, barra de menús, barras de herramientas y una línea de comandos.



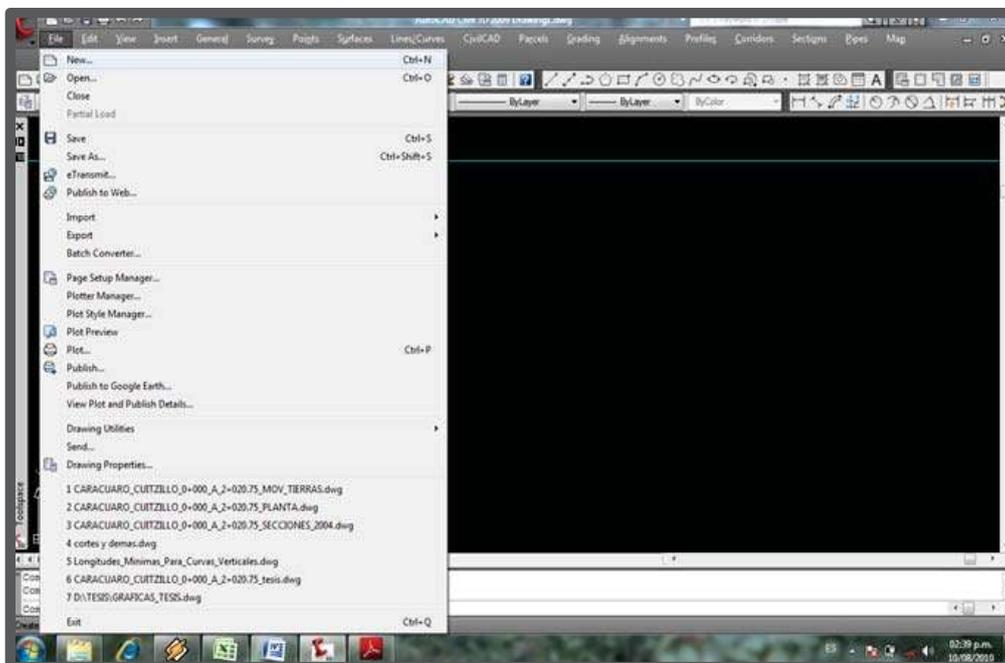
III.3 SELECCIÓN DE UNA PLANTILLA DE DISEÑO (TEMPLATE).

Una vez que elegimos el *Workspace* y aparece la pantalla inicial, debemos asegurarnos de elegir la plantilla de diseño correcta, estas plantillas son llamadas *Templates* dentro del programa y tienen una extensión (.dwt); Autocad Civil 3D, viene con una variedad de plantillas prediseñadas tanto en sistema inglés que dentro del programa se denomina *Imperial* como en sistema métrico decimal o *Metric*, se recomienda usar siempre las plantillas (*Templates*) que vienen en sistema métrico (*Metric*). Una plantilla de diseño contiene las configuraciones necesarias de unidades de medida, configuración de los elementos del proyecto (alineamiento horizontal, vertical, perfiles y secciones), calidades de línea, configuración de etiquetas y cuadros de construcción más adecuadas a los requerimientos del proyecto en el que estemos trabajando.

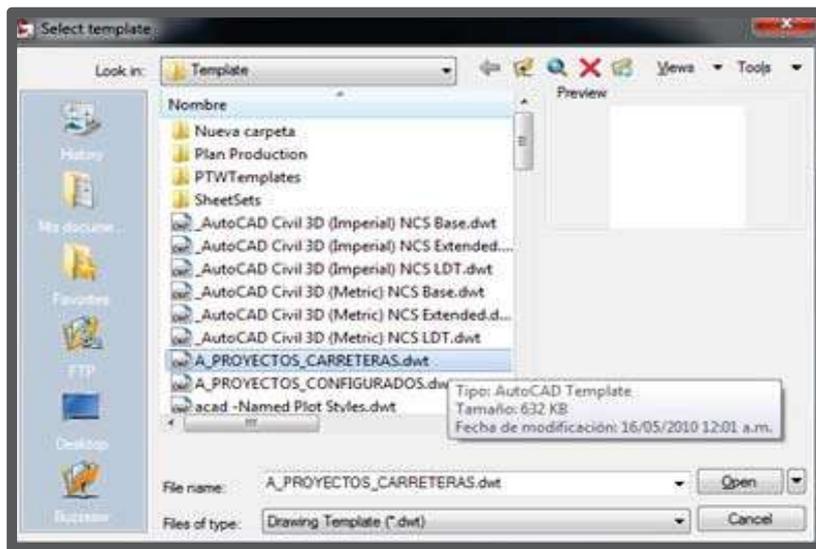
Una de las ventajas más importantes que nos proporciona este programa es la de crear diferentes plantillas de diseño dependiendo de nuestras necesidades o preferencias o también de acuerdo al tipo de proyecto que vayamos a desarrollar; se puede tener una plantilla de diseño para cada tipo de proyecto que tengamos en mente desde hidráulicos hasta carreteros.

Previamente me di a la tarea de crear una plantilla de diseño con las configuraciones adecuadas para que al momento de imprimir los planos, todos y cada uno de los elementos que conforman el proyecto pudieran ser identificados fácilmente y poder entenderlos claramente.

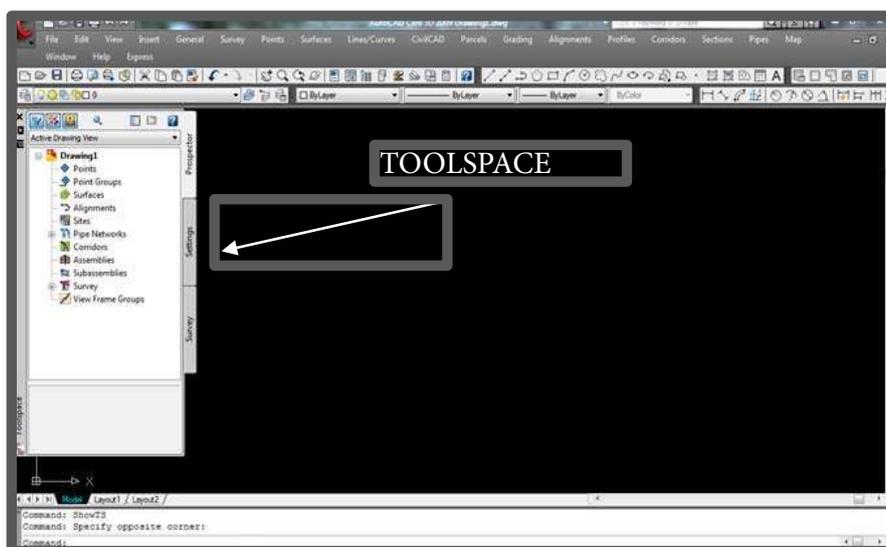
Para crear un proyecto nuevo nos dirigiremos al menú *File* y seleccionaremos la herramienta *New*.



Con ello accederemos a la ventana de dialogo *Select Template*, que nos permite seleccionar la plantilla de diseño más conveniente a nuestros propósitos; en este caso seleccionaremos la plantilla llamada: *A_PROYECTOS_CARRETERAS.dwt* por ser la que mejor se ajusta a nuestros propósitos. Una vez que hemos elegido una plantilla de diseño (*Template*) y un área de trabajo (*Workspace*) adecuados, podemos comenzar con el diseño del camino.



Durante el proceso de creación del proyecto haremos uso constante de unos de los elementos más novedosos y útiles que se ha integrado al programa, me refiero a la llamada *Toolspace*, que es una ventana flotante con opciones que nos permiten crear y editar cada uno de los elementos que conformaran el proyecto geométrico.

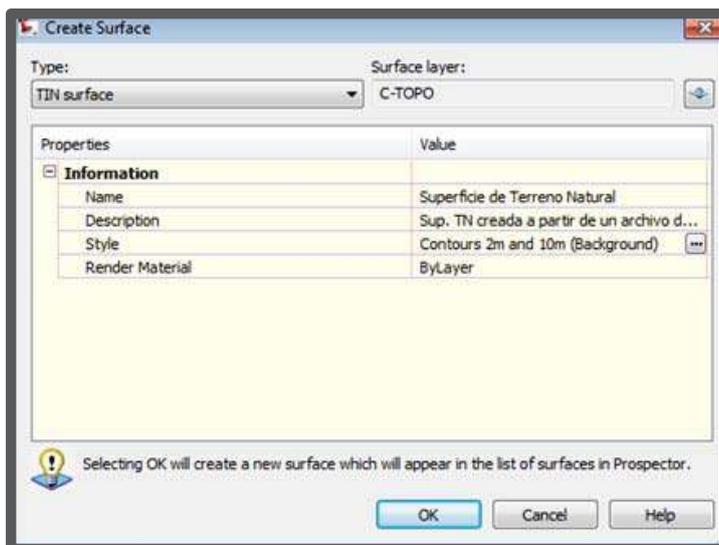
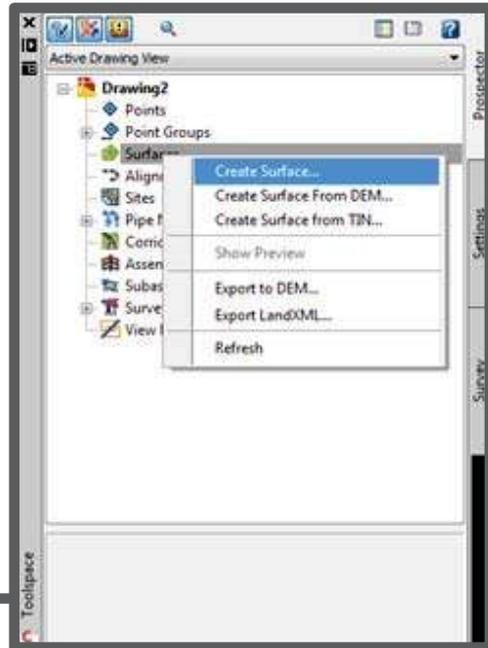


CAPÍTULO IV. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA.

IV.1 CREACIÓN DE UNA SUPERFICIE DE TERRENO NATURAL.

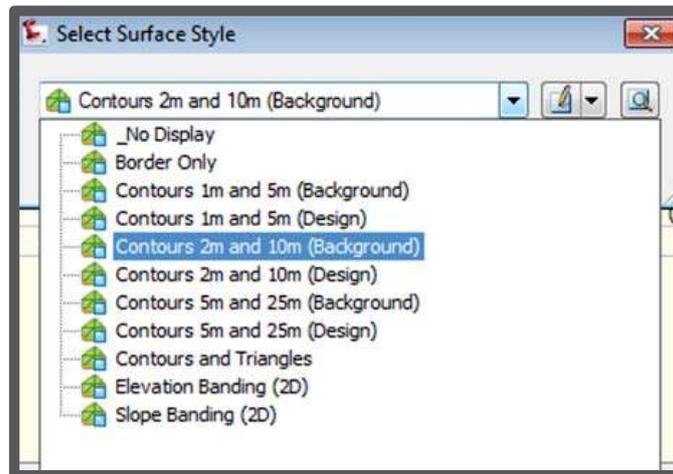
Como toda obra de ingeniería, la base para comenzar a proyectar es la topografía, si no se cuenta con un terreno natural donde proyectar no puede existir proyecto alguno, por lo que es de particular importancia el procesamiento de la información topográfica para el modelado de una superficie de terreno natural obtenida de un levantamiento topográfico.

Así que como paso inicial crearemos una superficie de terreno natural o *Background Surface* como se denomina dentro del programa; esto lo hacemos utilizando la *Toolspace*, en la pestaña denominada *Prospector* ubicamos la colección denominada *Surfaces* y daremos click sobre ella con el botón derecho del ratón, con lo cual se desplegará un pequeño menú, seleccionaremos la opción *Create Surface*.



Con lo que se desplegará la ventana de diálogo *Create Surface*.

En el campo *Name* podemos asignar el nombre que queramos a la superficie, en el campo *Description* podemos insertar una breve descripción de la superficie y si seleccionamos el campo *Style* al dar click en el icono  , desplegaremos la ventana de dialogo *Select Surface Style*, en la cual podemos seleccionar de entre varios estilos, cada estilo contiene una configuración diferente para distintas equidistancias entre curvas de nivel, calidades de línea, etc. Cada una de las configuraciones puede ser para superficies de terreno natural (*Background*) o superficies del camino terminado (*Desing*).



Seleccionamos el estilo *Contours 2m and 10m (Background)*, con este estilo la equidistancia entre curvas delgadas será de dos metros y la equidistancia entre curvas gruesas será de diez metros.

Crear una superficie es parecido a crear una carpeta vacía que se encuentra lista para ser llenada con información y darle el formato adecuado para una planta topográfica del estilo seleccionado previamente, en este caso la información será el levantamiento topográfico del terreno natural.

IV.2 ADICIÓN DE INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA.

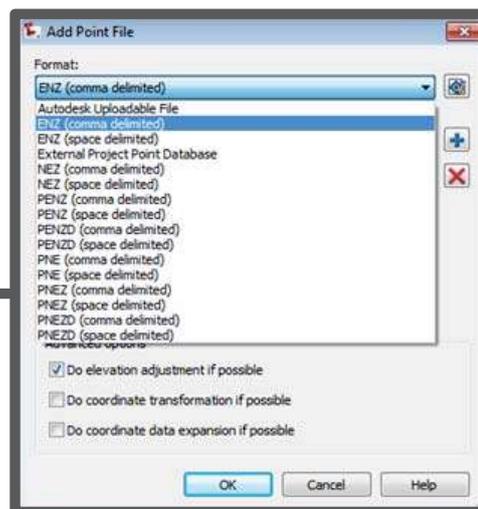
Autocad Civil 3D es muy flexible al momento de importar datos topográficos, ya que es compatible con muchas fuentes de información topográfica desde la conversión de puntos o curvas de nivel de Autocad o Civilcad, hasta la importación de información topográfica originada en Google Earth o proveniente de una carta topográfica vectorial de INEGI; pero no hay que olvidar que la mejor opción siempre es y será la información obtenida directamente de campo mediante un levantamiento topográfico.

Para el presente trabajo nos concentraremos en el método de importar un levantamiento topográfico realizado con estación total; el resultado de todo el trabajo topográfico se concentra en una libreta electrónica que contiene las coordenadas en “X”, “Y” y “Z” de las secciones transversales de terreno natural; dicha libreta electrónica puede tener una gran variedad de formatos ya que AutoCAD Civil 3D permite la importación de archivos electrónicos de puntos en una amplia gama de formatos e incluso de archivos con distintas extensiones pudiéndose importar archivos desde Microsoft Excel o desde el block de notas.



Para comenzar con el vaciado de la información topográfica, primero ubicamos la *Toolspace* y en la pestaña *Prospector* buscamos la colección *Surfaces* y ya sea dando doble click sobre ella o dando un click en el pequeño signo de mas a la izquierda desplegamos una lista con todas las superficies disponibles en nuestro proyecto, como en este caso solo hemos creado una, daremos doble click sobre la superficie llamada *Superficie de Terreno Natural* o un click sobre el signo de mas ubicado a la izquierda de la misma, con esto se desplegara una lista con tres opciones, ubicaremos la opción *Definition* y daremos doble click sobre ella y se hará visible una colección de opciones que nos permitirán editar diferentes parámetros de nuestra superficie; debemos ubicar la opción *Point Files* y daremos un click con el botón derecho sobre ella y seleccionaremos la opción *Add...* de la lista desplegable que aparece.

Con lo que se desplegara la ventana de dialogo *Add Point File*.

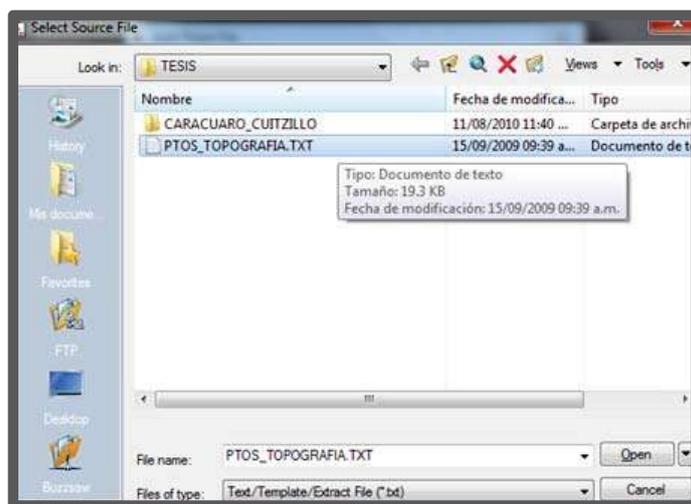


En la lista desplegable *Format* seleccionaremos de entre varios formatos el que más se adecue al archivo de puntos con que contemos; pero antes de continuar considero conveniente hacer una aclaración acerca de la nomenclatura que tiene el programa para los diferentes formatos de archivos de puntos que permite importar el programa.

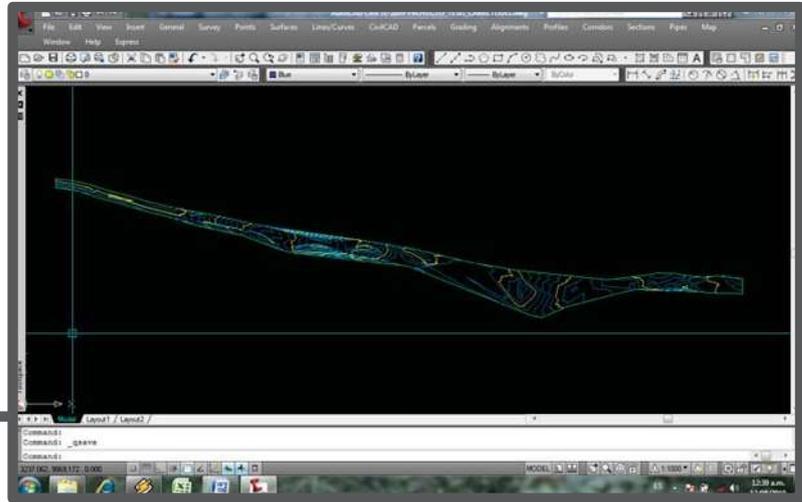
- **E – Easting** = Coordenadas Abscisas o Coordenadas en “X”.
- **N – Northing** = Coordenadas Ordenadas o Coordenadas en “Y”.
- **Z – Zeta** = Coordenadas en “Z”.
- **P – Point** = Numero de punto (si es que los puntos cuentan con una numeración).
- **D – Description** = Descriptor o identificador del punto (ejem. TN, CASA, CERCA, etc.).

La información contenida en los paréntesis nos indica que el programa acepta archivos de coordenadas separadas ya sea por una coma (*Comma Delimited*) o por un espacio (*Space Delimited*). De esta manera sabemos que por ejemplo el tipo de formato *PENZD (Space delimited)* nos indica que debemos importar un archivo de puntos en el cual aparezca el numero de punto, la coordenada en “X”, la coordenada en “Y”, la coordenada en “Z” y finalmente algún descriptor del punto cada uno de ellas separada por un espacio; en caso de que no procedamos así el programa nos envía un mensaje de error hasta que importe un archivo con el formato adecuado o elijamos otro formato.

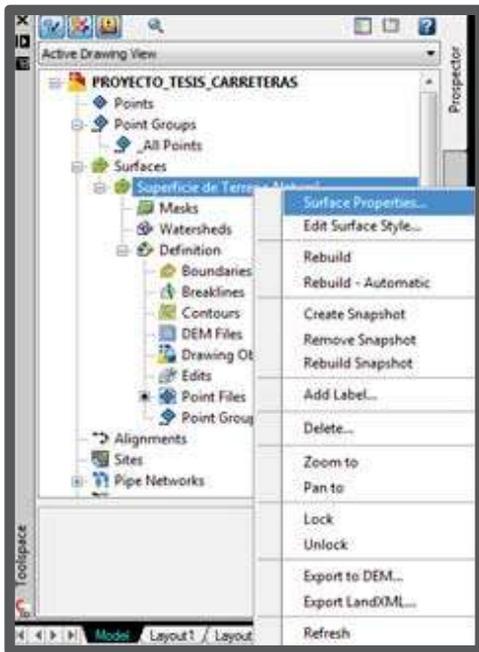
Para nuestro trabajo elegiremos el formato *ENZ (Comma Delimited)*, como se muestra en la figura anterior; una vez que elegimos el formato adecuado damos click en el icono  ubicado a la derecha de la ventana con lo que se desplegara la ventana *Select Source File* en la cual debemos localizar el archivo de puntos; una vez que elegimos el archivo que para nuestro caso se llama *PTOS_TOPOGRAFIA.TXT*, damos click en *Open* y después en *OK* e inmediatamente se puede observar la superficie de terreno natural con curvas de nivel generadas gracias al archivo de puntos que acabamos de importar.



A continuación se puede observar la superficie de terreno natural generada conteniendo la información del levantamiento topográfico.



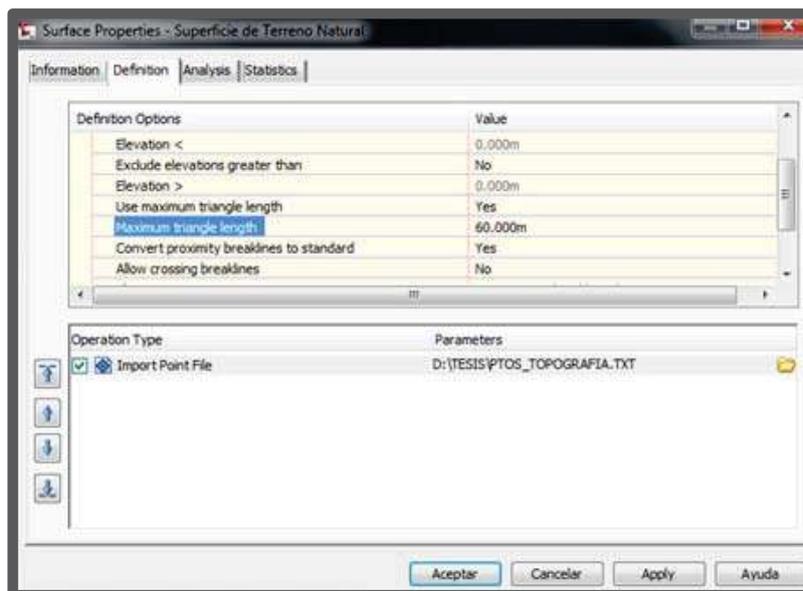
IV.2.1 DEFINICIÓN DE UNA TRIANGULACIÓN MAS ADECUADA.



Autocad Civil 3D genera las curvas de nivel de la superficie generando una red de triángulos cuyos vértices son cada uno de los puntos levantados del terreno, y sobre esta triangulación el programa interpola para crear las curvas de nivel. Pero a veces crea triangulaciones poco congruentes por lo que es necesario realizar algunas modificaciones utilizando nuestro criterio; a veces podemos observar claramente que algunos triángulos tienen una longitud excesiva y al realizar la interpolación entre los vértices del mismo se generaran curvas de nivel inexistentes; esto lo podemos solucionar especificando una longitud máxima para la creación de triángulos.

Primero debemos seleccionar la superficie de terreno y dar click con el botón derecho o localizar la superficie de terreno dentro de la colección *Surfaces* en la *Toolspace* y dar click con el botón derecho sobre ella, seleccionaremos la opción *Surface Properties*.

Posteriormente cuando la ventana *Surface Properties* se ha desplegado, buscamos y seleccionamos la pestaña *Definition* y en la parte llamada *Definition Options* buscamos la colección llamada *Build* y damos doble click sobre ella; en la opción *Use Maximum Triangle Length* seleccionaremos *Yes* con lo que se activara la opción *Maximum Triangle Length* en la cual especificaremos la longitud máxima de triangulación.



Como se puede observar en la figura anterior, he seleccionado la longitud máxima de 60m., ya que el camino tiene un cadenamiento a cada 20m. y las secciones transversales del terreno natural se obtuvieron a máximo 20m. a cada lado del camino; por lo que, a mi criterio 60m. máximo es una longitud bastante razonable para la generación de la triangulación sin el riesgo de que el programa realice interpolaciones descabelladas.

Ahora que ya tenemos una superficie de terreno natural con la información del levantamiento topográfico, podemos continuar con la propuesta y proyección del eje del camino.

IV.3 OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA.

Como mencione antes Autocad Civil 3d puede usar otras fuentes digitales de información topográfica, su versatilidad para combinarse con otras plataformas digitales de procesamiento de datos geográficos y topográficos como el Google Earth u otros programas nos darán una opción útil para cuando no se cuente con un levantamiento topográfico realizado en campo por una brigada o cuando esta aun no termine su importante tarea; sin embargo, no he de aconsejar su uso como una forma de sustituir el trabajo de un topógrafo cuya precisión es infinitamente mayor y mucho más veraz que la información obtenida de fuentes digitales; el uso mayor y primordial de este tipo de fuentes de información es, en mi opinión, para generar un proyecto preliminar o ante-proyecto, cuando este sea de extrema urgencia; pero como dije, una vez que se cuente con la información de un levantamiento topográfico real este debe utilizarse para la entrega del proyecto definitivo.

Si vamos a trabajar con este tipo de herramientas digitales es necesario conocer la forma en que trabajan estas y para poder ubicar los datos que importaremos desde las plataformas digitales, necesitamos conocer la proyección y el datum mas adecuados para la zona sobre la cual estaremos trabajando.

Una proyección cartográfica es un sistema ordenado que traslada desde la superficie curva de la Tierra la red de meridianos y paralelos sobre una superficie plana. Se representa gráficamente en forma de malla. En ellas se realizan transformaciones matemáticas que permiten representar la esfera terrestre en un plano de dos dimensiones y convertir las coordenadas geográficas (latitud y longitud) en coordenadas cartesianas (X y Y). Esto conlleva distorsiones de la superficie original de tres dimensiones, al convertirse en una superficie plana de dos dimensiones. Dependiendo de cuál sea el punto que consideremos como centro del mapa distinguimos entre proyecciones polares, cuyo centro es uno de los polos; ecuatoriales cuyo centro es la intersección entre la línea del Ecuador y un meridiano; y oblicuas o inclinadas, cuyo centro es cualquier otro punto.

Distinguimos tres tipos de proyecciones básicas:

- Proyección cilíndrica.
- Proyección cónica.
- Proyecciones modificadas.

Un datum de referencia (modelo matemático) es una superficie constante y conocida utilizada para describir la localización de puntos sobre la tierra. Dado que diferentes datums tienen diferentes radios y puntos centrales, un punto medido con diferentes datums puede tener coordenadas diferentes. Existen cientos de datums de referencia desarrollados para referenciar puntos en determinadas áreas convenientes para esa área. Datums contemporáneos están diseñados para cubrir áreas más grandes.

Los datum más comunes en las diferentes zonas geográficas son los siguientes:

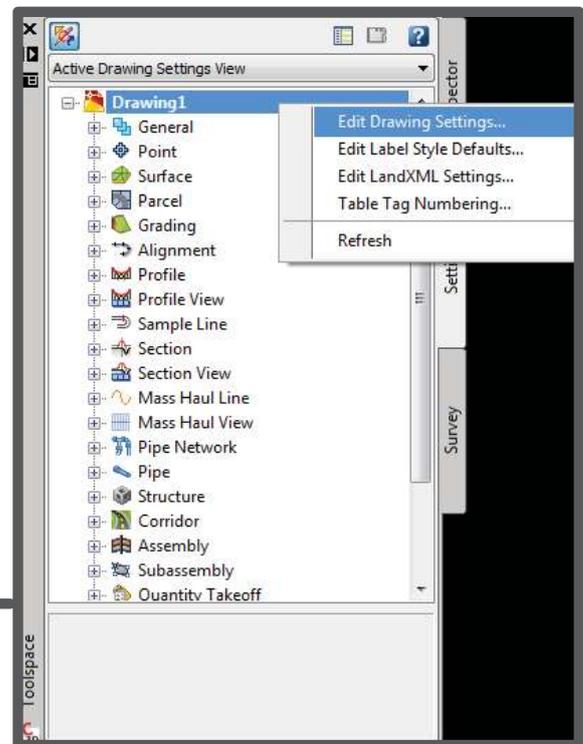
- América del Norte: NAD27, NAD83 y WGS84
- Brasil: SAD 69/IBGE
- Sudamérica: SAD 56 y WGS84
- España: ED50, desde el 2007 el ETRS89 en toda Europa.

El datum WGS84, que es casi idéntico al NAD83 utilizado en América del Norte, es el único sistema de referencia mundial utilizado hoy en día. Es el datum estandar por defecto para coordenadas en los dispositivos GPS comerciales. Aunque para México el datum oficial es el llamado ITRF92 que se utiliza desde 1992 para cualquier levantamiento geodésico.

IV.3.1 TRABAJANDO CON AUTOCAD CIVIL 3D Y GOOGLE EARTH.

Autocad Civil 3D cuenta con una herramienta para importar ya sea una imagen, una superficie o ambas desde Google Earth, pero la forma en que realiza esta acción es muy ambigua, ya que en primer lugar las opciones que nos ofrece Autocad Civil para elegir elegir una proyección cartográfica son bastante limitadas, así que solo mencionare como usarla pero no recomiendo su uso, ya que además no se puede especificar un área de interés ni una escala a la hora de importar la información.

Para comenzar, debemos configurar el espacio de trabajo para que nuestra retícula UTM se adecúe a la proyección geográfica que elijamos; para esto, localizaremos la *Toolspace* y en la pestaña *Settings* localizaremos el dibujo sobre el que estamos trabajando, daremos un click con el botón derecho sobre él y elegiremos la opción *Edit Drawing Settings*.

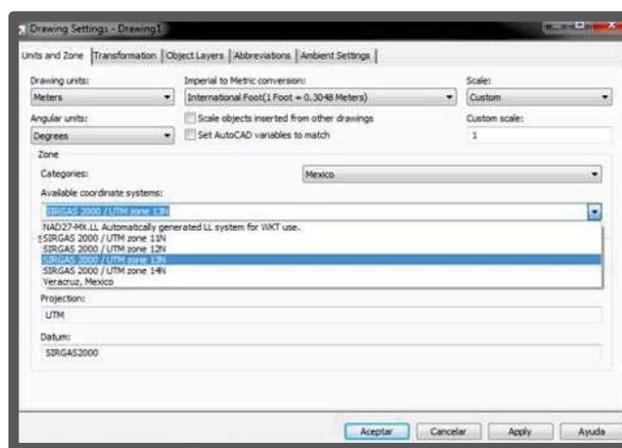


TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPITULO IV. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA.

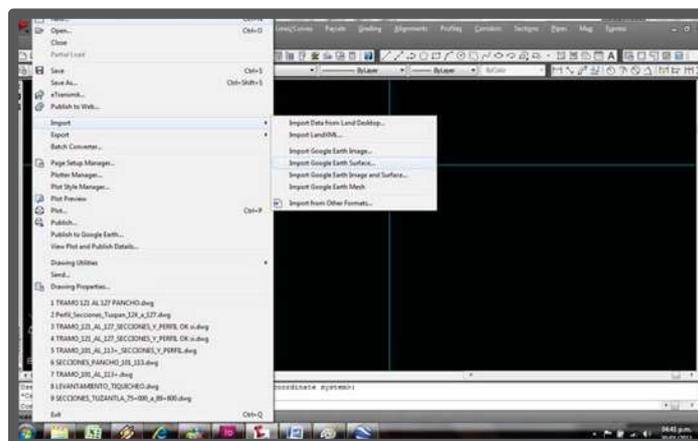
Al hacer esto se abrirá la ventana *Drawing Settings*, en esta localizaremos la pestaña *Units and Zone*, en ella podremos elegir las unidades mas adecuadas para nuestros proyectos y la zona o proyección geográfica que mas se ajuste a la zona sobre la que vayamos a trabajar. Dentro de esta ventana ubicaremos la sección llamada *Zone* y en ella modificaremos los siguientes campos:

Categories:	México
Available Coordinate Systems:	SIRGAS 2000 / UTM zone 13N

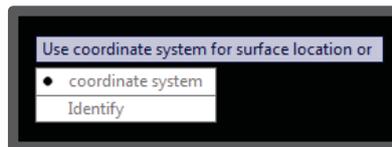
Dependiendo de la zona de México sobre la que se trabaje, podemos elegir de entre las proyecciones disponibles para México en el campo *Available Coordinate Systems*.



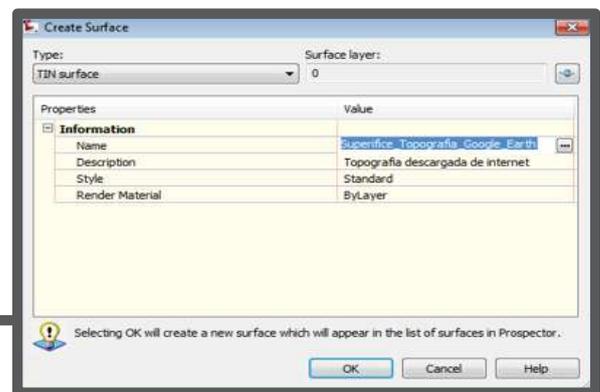
Ya que introdujimos los valores que necesitamos unicamente damos click en *Aceptar* y estaremos listos para importar la información topográfica sabiendo que se ubicará en la zona adecuada. Para ello es necesario abrir Google Earth y ubicar la zona de interes en la pantalla. Es importante aclarar que es difícil determinar a que escala se importara la topografía por lo que vuelvo a reiterar que esta sólo nos servirá como un auxiliar para elaborar un anteproyecto pero nunca para un proyecto definitivo. Ahora desde Autocad Civil 3D en el menu *File* ubicaremos la opción *Import* y de ella elegiremos la opción *Import Google Earth Surface*.



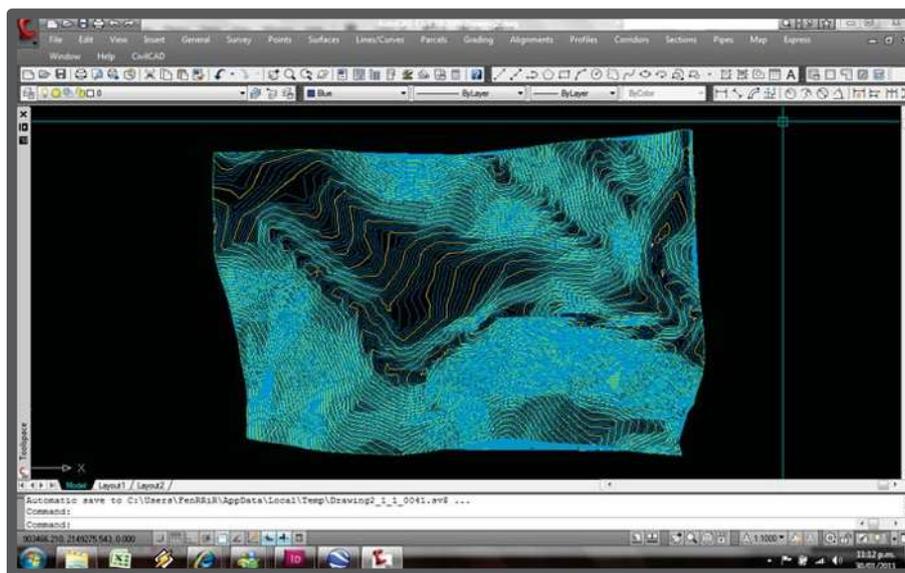
Al hacer esto se visualizará el mensaje *Use Coordinate System for Surface Location Or...*, el cual nos pregunta si deseamos usar el sistema de coordenadas que se ha fijado al elegir la proyección geográfica o algun otro, en nuestro caso elegiremos la opción *Coordinate System* que nos dejará usar el sistema de coordenadas fijado al principio.



Al igual que como cuando creamos una superficie aparecerá la ventana *Create Surface* con la cual podemos especificar los diferentes parámetros de nuestra superficie como nombre, descripción y tipo de superficie.



Entonces lo único que hará falta es esperar a que la superficie se descargue lo que puede llevar desde unos minutos hasta varias horas. pero una vez hecho esto la la superficie estará lista para trabajar sobre ella y generar nuestro anteproyecto. En seguida podremos ver la superficie creada en nuestro espacio de trabajo.



IV.3.2 IMPORTANDO INFORMACIÓN DE CARTAS TOPOGRÁFICAS.

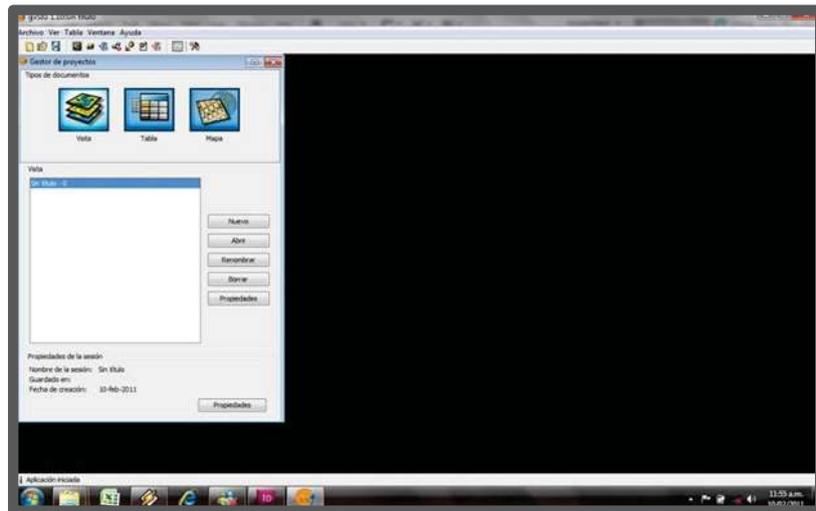
Una de las fuentes de información topográfica mas confiables son las cartas topográficas editadas por el INEGI, ya que estan configuradas de acuerdo a la proyección cartográfica Universal Transversa de Mercator o UTM y utilizan el datum mas reciente y oficial para México, es decir el datum ITRF92; dichas cartas se encuentran a una escala 1:50000 y cada una de estas forman parte del Continuo de Elevaciones Mexicano, el cual es la integración de los modelos digitales de elevación del territorio nacional generado desde el año 2003. El Continuo de Elevaciones Mexicano es un producto Raster (un raster es una imagen formada por una gran cantidad de puntos que se plasman dentro de un cuadro dividido en pequeñísimas celdas), proporciona elevaciones del país en un continuo nacional sin divisiones cartográficas bajo unidades y resoluciones consistentes.

Además es relativamente sencillo conseguir la información de las cartas topográficas rasterizadas, solamente hay que entrar a la pagina www.inegi.org.mx y entrar al *Sistema de Descarga del Continuo de Elevaciones Mexicano* y registrarse y podremos descargar cualquiera de las cartas topograficas del país. Es importante al momento de descargar la carta conocer la clave o zona de la carta sobre la cual vayamos a trabajar, ya que necesitaremos proporcionar ese dato para realizar la descarga, o si es posible conocer el rango de latitud y longitud de la zona en cuestión tambien se puede elegir de esta manera.

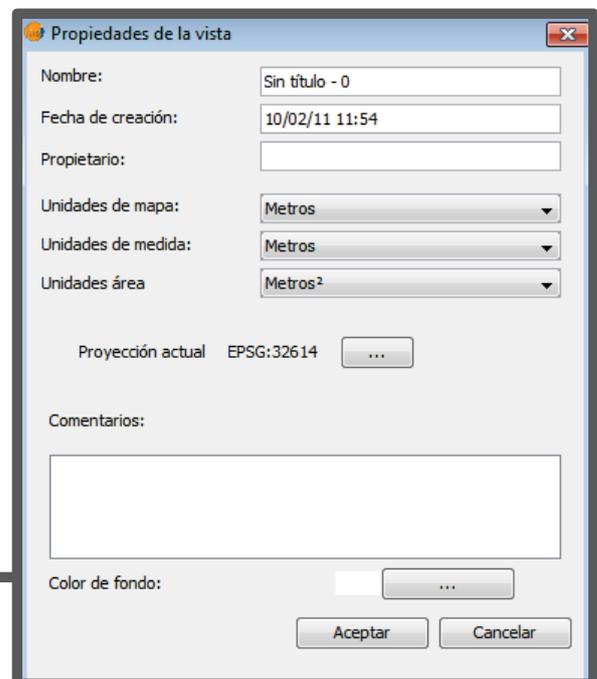


La descarga se realiza en forma de un archivo en formato *.zip* y contiene tres archivos; uno de los cuales tiene un formato *.bil* y es este el que contiene los datos de las elevaciones; existe una amplia diversidad de programas para procesar este tipo de información pero para mi caso elegi un programa llamado “*gvSIG*”, ya que contiene multiples y utiles herramientas, además de que es un programa de licencia gratuita, por lo que no hay problema para conseguirlo; dicho programa es de origen español.

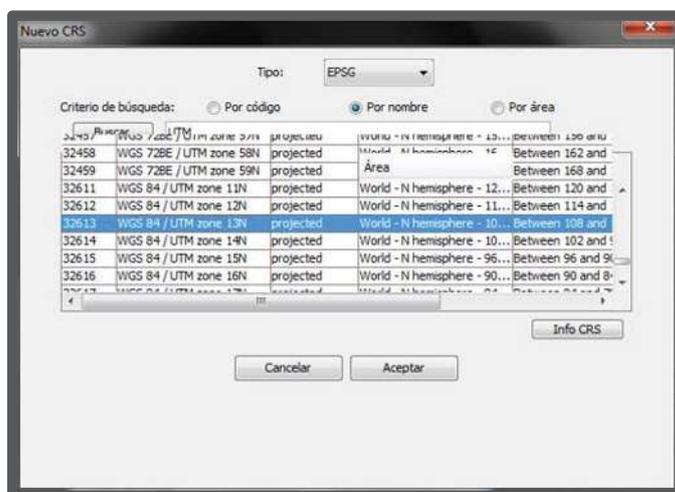
Para comenzar veremos como iniciar un proyecto con **gvSIG**, al iniciar el programa en la pantalla inicial se nos muestra el *Gestor de Proyectos*, el cual nos permite crear una vista nueva la cual es un espacio de trabajo sobre la que podremos cargar información para trabajar con ella y manipularla de acuerdo a nuestras necesidades. Entonces daremos click en el icono *Vista* y en el boton *Nuevo*, creandose un nuevo proyecto “*Sin Titulo - 0*”.



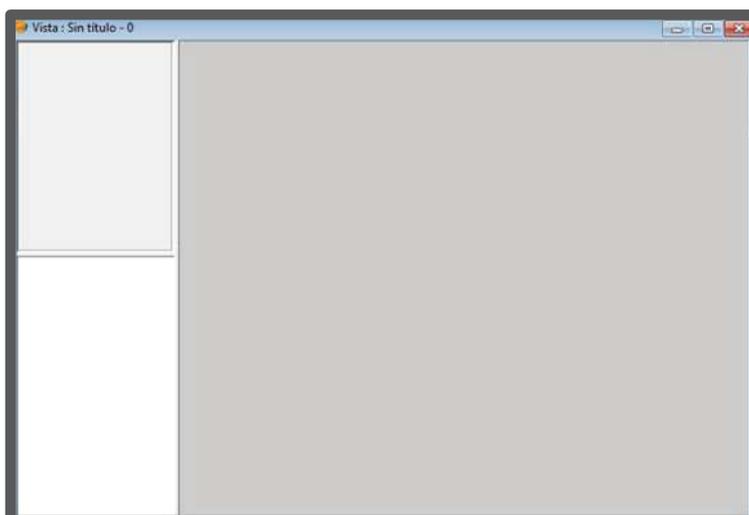
Es muy importante saber en que zona UTM se encuentra nuestro camino a proyectar para ubicarlo correctamente, por lo que, antes de hacer cualquier otra cosa debemos especificar la zona; para esto habiendo seleccionado la vista que creamos, daremos click sobre el boton *Propiedades* ubicado a la derecha de la lista donde se despliegan las vistas creadas, con lo cual se desplegará la ventana *Propiedades de la Vista*. En dicha ventana localizaremos el campo llamado *Proyección Actual* y daremos click en el boton que tiene tres puntos ubicado a la derecha.



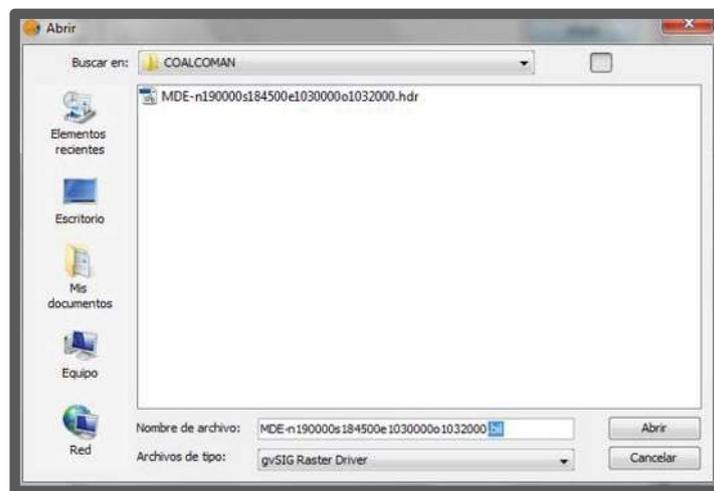
Aparecerá entonces la ventana *Nuevo CRS*, en ella podremos elegir la proyección que aplicaremos a nuestra vista o espacio de trabajo. Podemos ver inicialmente en esta ventana las proyecciones usadas recientemente y seleccionar de entre alguna de ellas, pero si la proyección que necesitamos no se encuentra entre ellas podemos navegar entre las proyecciones disponibles en el programa, para ello en la parte superior de la ventana está el campo *Tipo* y a su derecha una lista desplegable en la que elegiremos la opción *EPSG*, inmediatamente las opciones de la ventana cambian. En el campo *Criterio de Búsqueda* elegiremos *Por Nombre* y en el campo buscar escribiremos *UTM* y daremos click en el botón *Buscar*; y en la lista que aparece debajo navegaremos hasta encontrar la proyección *WGS 84 / UTM zone 13N* y daremos click en *Aceptar*.



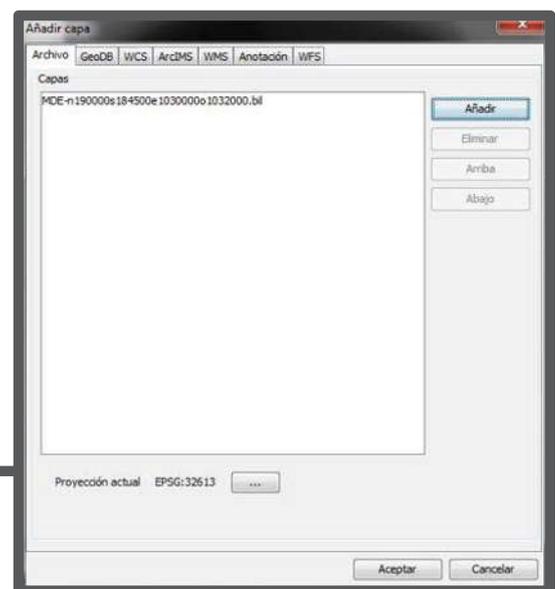
Después de esto daremos click en el botón *Abrir* del *Gestor de Proyectos* y podremos apreciar la vista creada aun en blanco.



Para añadir información a nuestra *Vista* que se encuentra vacía, ubicaremos el icono *Añadir*  barra de tareas, se desplegará la ventana *Añadir Capa* y dentro de esta daremos click en el boton *Añadir*, navegaremos hasta localizar la ubicación del archivo que necesitamos. En el campo *Archivos de tipo*, elegiremos la opción *gvSIG Raster Driver* de la lista desplegable. Como mencione anteriormente cuando descargamos los archivos de la pagina de INEGI, obtenemos tres archivos con las extensiones “.*bil*”, “.*blw*” y “.*hdr*”; para nuestro caso utilizaremos el archivo con extensión “.*bil*”, pero hay un pequeño problema; cuando seleccionamos el tipo de archivos en el campo *Archivos de tipo*, se desplegará en la ventana el archivo con la extensión “.*hdr*” por lo que debemos forzar al programa a abrir el archivo “.*bil*”, esto lo lograremos seleccionando el archivo con extensión “.*hdr*” y simplemente cambiando su extensión a “.*bil*” y daremos click en *Abrir*.



En la ventana *Añadir capa* simplemente damos click en el boton *Aceptar* y el archivo se cargará en la vista que creamos.



Podremos entonces observar la carta rasterizada en forma de una figura sombreada, en donde los colores mas oscuros indican depresiones y los colores mas claros indican elevaciones.



Antes de realizar cualquier acción será necesario hacer una transformación de la proyección del archivo para poder generar correctamente las curvas de nivel, esto es debido a que aunque elegimos una proyección, el archivo contiene coordenadas geográficas haciendo imposible calcular coordenadas cartesianas para las curvas de nivel. Para realizar dicha transformación localizaremos el icono *Transformaciones Geográficas* ubicado en la parte izquierda de la barra de herramientas.



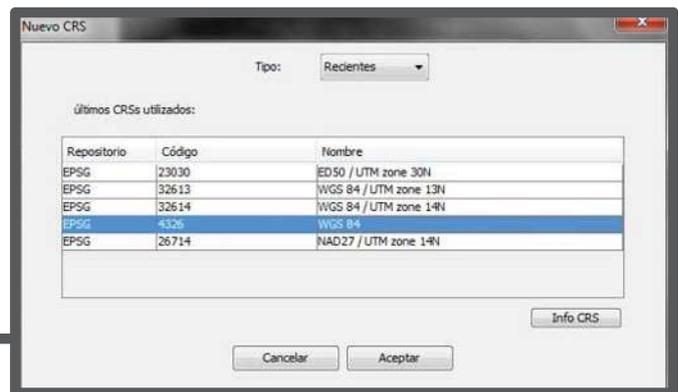
Cuando elegimos esa opción podremos elegir de entre varias herramientas que estaran disponibles en el icono ubicado inmediatamente a la derecha, en este elegiremos la opción *Reproyectar capa*.



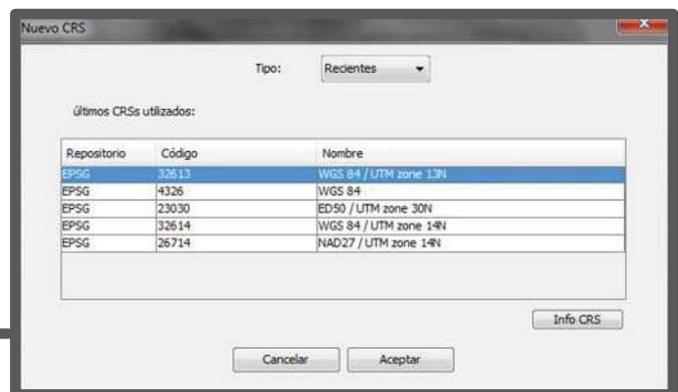
Se visualizará la ventana *Capa a reproyectar*, en ella podemos ver fácilmente los campos para elegir la proyección actual en el campo *Proyección de origen* y elegir de una lista desplegable; y en el siguiente campo llamado *Proyección de destino*, indicaremos la proyección que necesitamos.



Daremos click sobre el icono con puntos suspensivos dentro del campo *Proyección de origen* para desplegar la ventana *NuevoCRS*, la cual contiene una lista dentro de la cual elegiremos la proyeccion geográfica llamada *WGS 84* y una vez elegida daremos click en el boton *Aceptar*.



De la misma manera elegiremos la proyección que deseamos, que para este caso será la misma que configuramos para nuestra vista, es decir la proyección *WGS 84 / UTM zone 13N*.

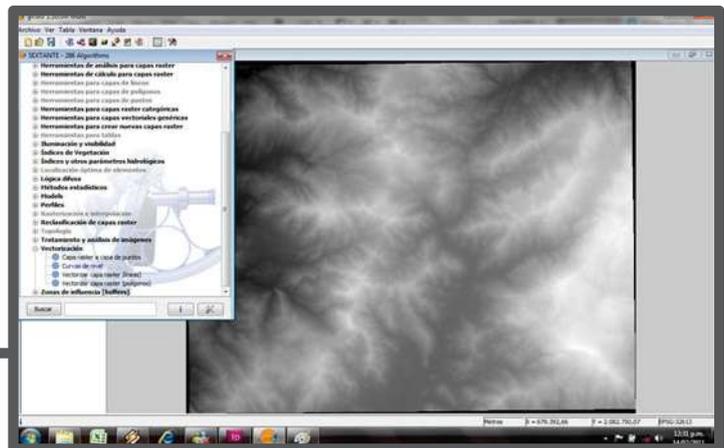


TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPITULO IV. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA.

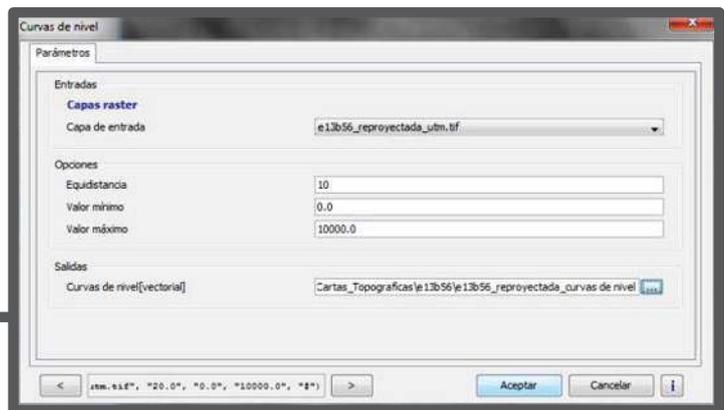
Después de haber elegido las proyecciones, daremos click en *Aceptar* en la ventana *Capa a re proyectar*, entonces el programa nos pedirá que especifiquemos un nombre y una ruta para guardar la carta topográfica reproyectada. Hecho lo anterior, deberemos crear una vista nueva en el *Gestor de proyectos*, sobre la que cargaremos la carta reproyectada y sobre esta podremos realizar los procesos necesarios para generar la información topográfica.



Lo siguiente que haremos será generar las curvas de nivel; para ello buscaremos el icono de la herramienta *Sextante* , al seleccionarla se abrirá una ventana que contiene una gran variedad de herramientas, buscaremos y seleccionaremos la herramienta *Vectorización* y al desplegar su contenido daremos doble click en la herramienta *Curvas de nivel*.

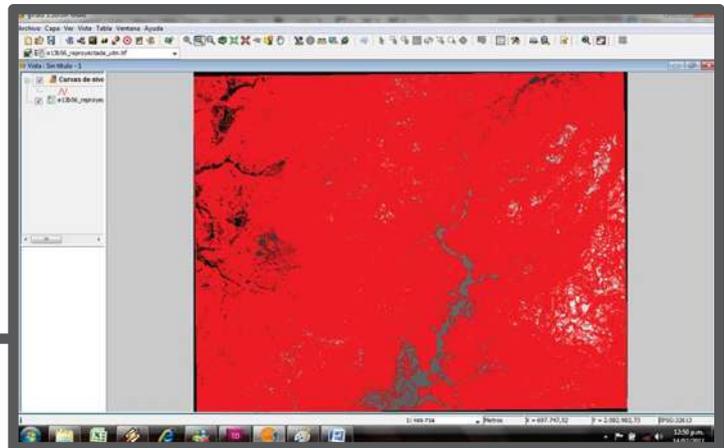


Se abrirá la ventana *Curvas de nivel*, en el campo *Capa de entrada* seleccionaremos la capa de la carta reproyectada; en el campo *Equidistancia* podemos elegir a cada cuanto desnivel se generaran las curvas de nivel y finalmente debemos especificar un nombre y una ruta para guardar el archivo que se creará al generar las curvas de nivel.

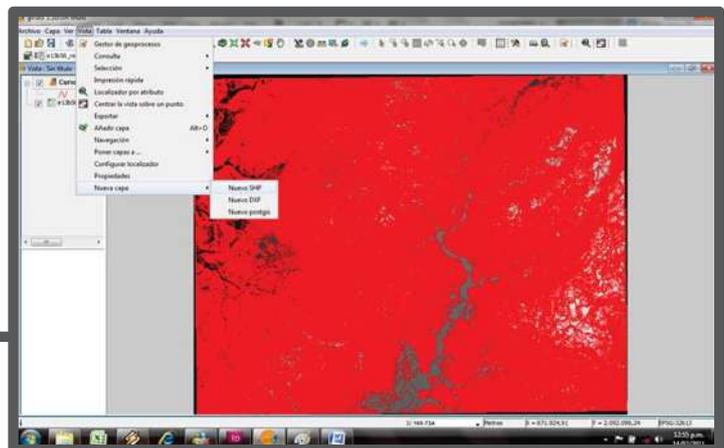


TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPITULO IV. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA.

Daremos click en *Aceptar* y esperaremos unos minutos mientras se generan las curvas de nivel, después de los cuales podremos apreciar las curvas de nivel sobre toda la carta; como las curvas que nos interesan son solo de una pequeña zona dentro de la carta, necesitamos crear un polígono sobre la zona de interés.



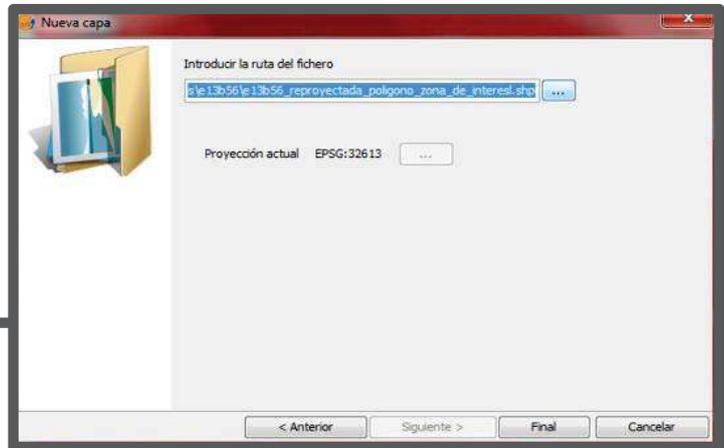
Para ello necesitamos crear una nueva capa que contendrá dicho polígono, en el menú *Vista* elegiremos la opción *Nueva capa* y del submenú que aparece elegiremos la opción *Nuevo SHP*.



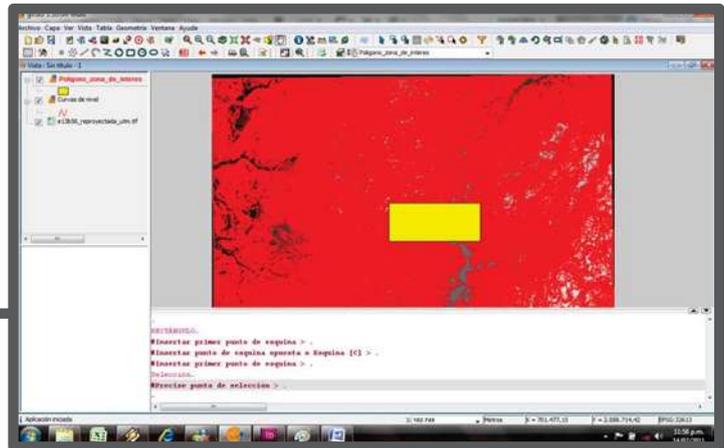
Se abrirá la ventana *Nueva Capa*, especificaremos un nombre para esta capa y en la sección llamada *Tipo de Geometría* elegiremos la opción *Tipo Polígono*, hecho esto daremos click en el botón *Siguiente* y en la ventana que aparece no será necesario modificar nada por lo que volveremos a dar click sobre el botón *Siguiente* para abrir la ventana final de la creación de la capa.



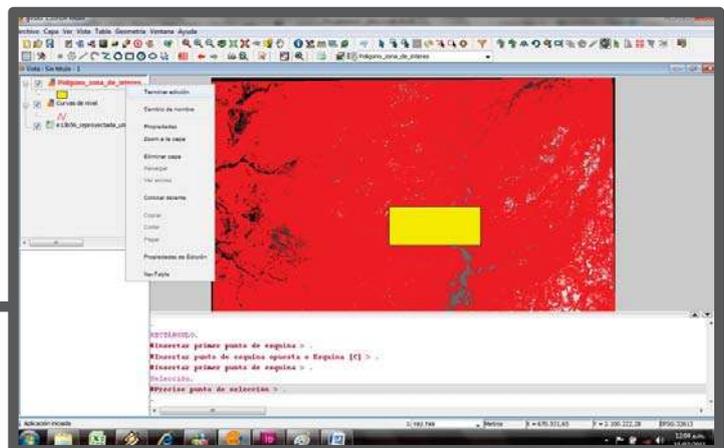
En esta ventana simplemente debemos especificar el nombre que tendrá el archivo que se creará al generar la capa y la ruta donde se guardará dicho archivo. Hecho esto daremos click en el boton *Final*.



En el panel del lado izquierdo de nuestra vista, podemos ver las diferentes capas creadas hasta este momento, entre ellas se encuentra la capa sobre la que crearemos el polígono, dicha capa podemos identificarla porque su nombre está denotado en color rojo, lo cual nos indica que se encuentra en estado de edición y podremos ver que se activan nuevos botones en la barra de herramientas. Utilizaremos el icono *Rectángulo*  para dibujar un rectángulo sobre zona que nos interesa dentro de la carta topográfica.

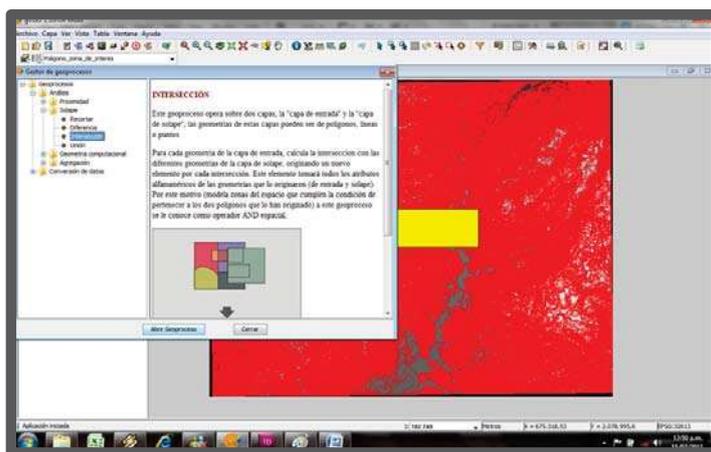


Para terminar el estado de edición de la capa, daremos un click con el boton derecho del ratón sobre la capa que está denotada en color rojo y del menú flotante que aparece seleccionaremos la opción *Terminar Edición*.

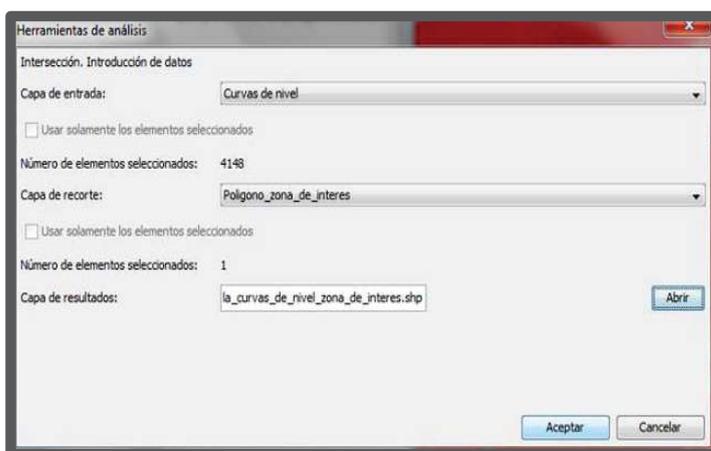


TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPITULO IV. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA.

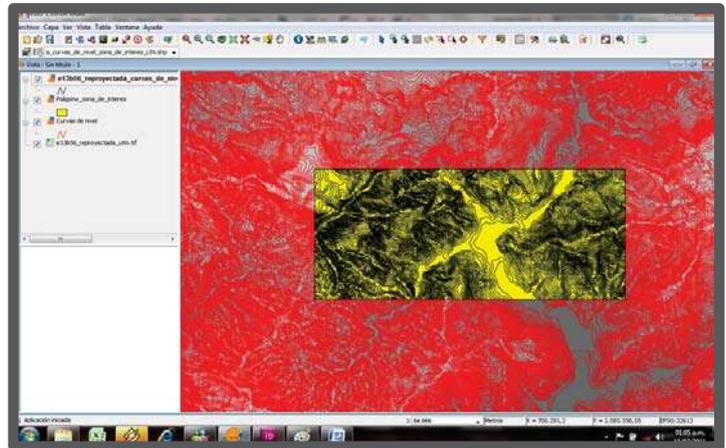
Ahora con el rectangulo creado crearemos un recorte de las curvas de nivel, para ello localizaremos el icono *Gestor de Geoprocesos* de la barra de herramienta, entonces se abrirá la ventana del mismo nombre y dentro de ella podremos ver la colección de herramientas *Geoprocesos*, desplegaremos su contenido dando click al pequeño signo de mas a la izquierda de esta y procederemos de la misma manera con la subfamilia *Análisis* y de esta desplegaremos la subfamilia *Solape* y finalmente de esta elegiremos la opción *Intersección*; hecho esto daremos click sobre el boton *Abrir geoproceso*.



Al hacer esto se abrirá la ventana *Herramientas de análisis*, en ella encontraremos los campos *Capa de Entrada* y *Capa de Recorte* en las cuales elegiremos la capa “*Curvas de nivel*” y “*Poligono_zona_de_interes*” respectivamente, que seran la primera la capa de donde se obtiene la información topografica y la segunda la capa que recortará las curvas de nivel sobre el rectangulo de la zona de interes; el siguiente campo es la *Capa de Resultados*, al dar click sobre el boton *Abrir* tendremos que asignar un nombre a la capa de resultados la cual tambien se guardará como un archivo por lo que tambien debemos especificar una ruta donde guardaremos nuestro archivo; hecho esto daremos click sobre el boton *Aceptar*.

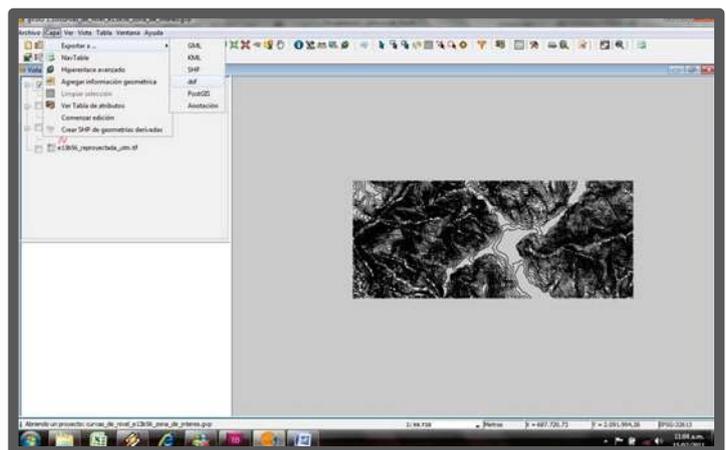


Podremos entonces apreciar la zona de interés con las curvas de nivel recortadas sobre esta.



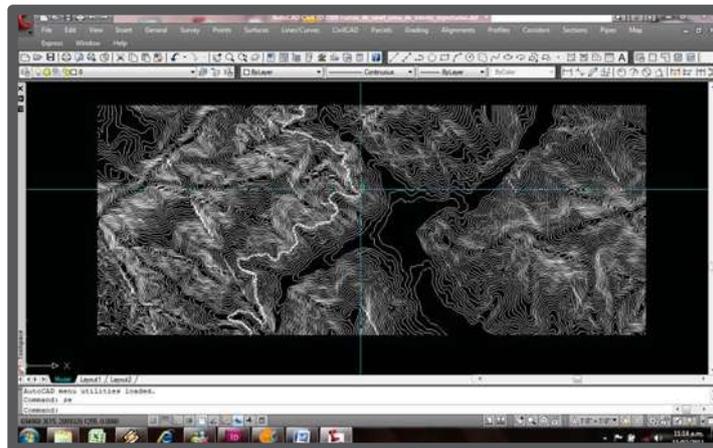
La capa que contiene las curvas de nivel recortadas sobre la zona que nos interesa podrá ser exportada a un archivo tipo *.DXF*, que es un formato que permite intercambiar datos entre Autocad y otras plataformas, y utilizarlo para generar una superficie de terreno natural; o podría también exportarse dicha capa para generar un archivo tipo *.KML* y poder visualizar las curvas de nivel sobre una imagen satelital de Google Earth y si lo deseamos podremos dibujar un eje preliminar del camino sobre dicha imagen y exportar todo el conjunto a Autocad.

Para exportar la capa de las curvas de nivel de la zona de interés, debemos seleccionarla dando un click sobre ella en el panel del lado izquierdo resaltándose con negritas, posteriormente nos dirigiremos al menú *Capa* y seleccionaremos la opción *Exportar a....* y del submenú que se despliega elegiremos la opción *dxf*.

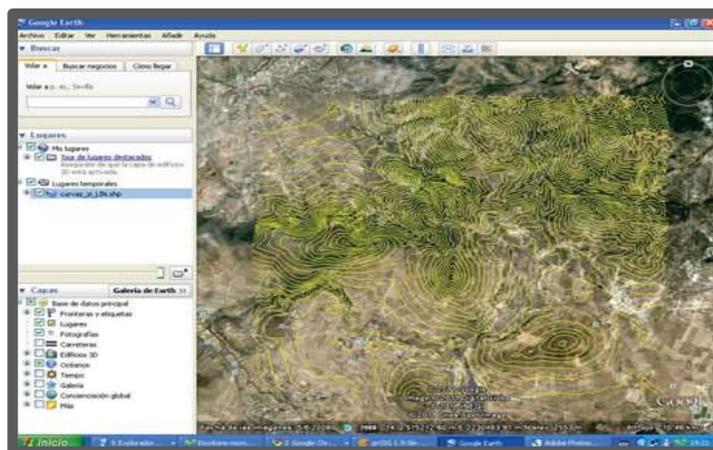


TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPITULO IV. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA.

Lo único que tendremos que hacer entonces es especificar un nombre para nuestro archivo y una ruta donde guardaremos dicho archivo; estará entonces listo nuestro archivo DXF para abrirlo en Autocad Civil 3D como cualquier otro archivo de Autocad y generar una superficie de terreno natural y sobre ella proponer el eje de nuestro camino.



Si por el contrario queremos visualizar las curvas de nivel sobre una imagen de Google Earth, procederemos de la misma forma pero en lugar de elegir la opción dxf en el submenú de *Exportar a...*, elegiremos la opción *KML* y de la misma manera definiremos un nombre y elegiremos una ruta donde guardaremos el archivo. Para abrirlo no hará falta mas que dar doble click sobre él y se se abrirá con Google Earth pudiendo ver las curvas de nivel sobre la imagen de la zona a la que corresponde.



CAPÍTULO V. GENERANDO EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

Para comenzar este capítulo me gustaría hacer un paréntesis y hacer un breve comentario respecto al procedimiento actual de proyección de carreteras; en décadas anteriores se podría decir que los proyectos de carreteras se trazaban o proyectaban prácticamente sobre terreno virgen; pero debido al gran impulso que ha dado el país a la construcción de caminos, incluso las brechas burreras como son llamadas en el argot caminero, han sido mejoradas a caminos vecinales por lo que un gran porcentaje de ellas son incluso caminos revestidos; actualmente un 90% de los caminos que se proyectan se proyectan sobre caminos vecinales o brechas e incluso algunas veces sobre caminos de altas especificaciones, por lo que podría decir que los proyectos que actualmente se hacen son proyectos de mejoramiento que aprovechan la geometría existente para definir un eje de camino y una rasante más adecuada.

Por la razón expuesta anteriormente debo agregar que aparte del archivo electrónico de puntos, el levantamiento topográfico también nos proporciona una planta de planimetría, un poco simple pero nos indica claramente las orillas del camino existente y es recomendable tratar de proponer un eje de camino que se ajuste a la geometría existente; pero además de esto, regiremos nuestro criterio al proyectar el eje de camino en base a las especificaciones de las normas de servicios técnicos de la SCT.

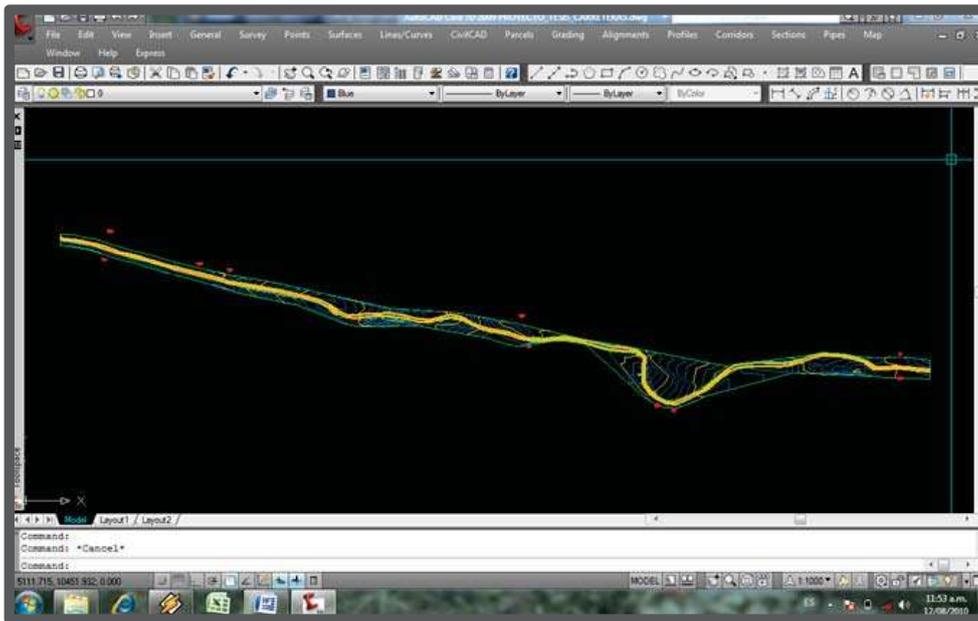
Cuando vamos a proyectar un camino es de suma importancia contar con los datos iniciales que definirán las características de nuestro proyecto; tales como tipo de camino, velocidades de proyecto, el tipo de terreno sobre el cual se proyectara, etc. A continuación se definen los datos que servirán para diseñar nuestro camino.

DATOS DE PROYECTO.

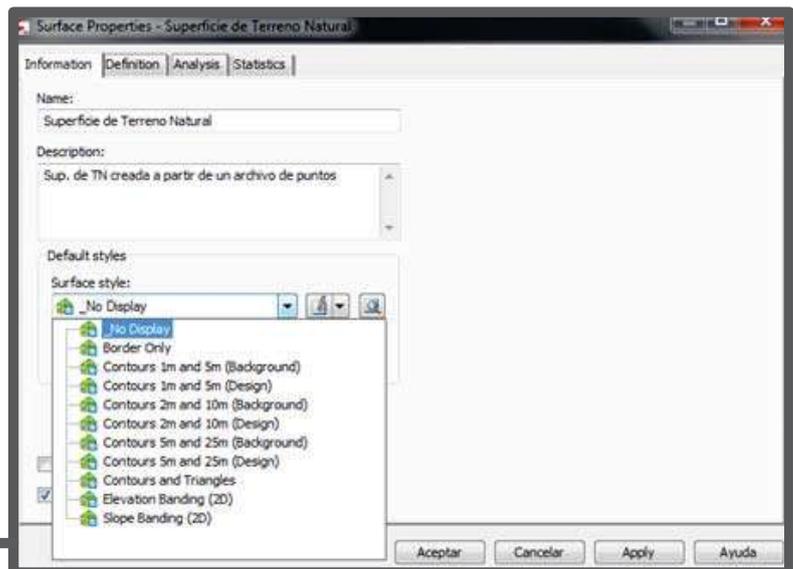
- **Tipo de Camino:** Tipo D Mejorado (es una combinación en la cual se usaran radios de curva y especificaciones para un camino tipo D, pero con ancho de corona y bombeo correspondientes a un camino tipo C; esto a solicitud de la contratante que en este caso fue la SCT).
- **Velocidad de Proyecto:** 40 Km/Hr (aunque realmente la velocidad de proyecto varia para cada curva según las necesidades que vaya presentando el eje de acuerdo a la topografía y la planimetría).
- **TDPA:** De 100 a 500 Vehículos.
- **Tipo de Terreno:** Montañoso.
- **Pendiente Gobernadora:** 8%.
- **Pendiente Máxima:** 12%.
- **Ancho de Corona:** 7.0 m (correspondiente a un camino tipo C).
- **Bombeo:** 2% (correspondiente a un camino tipo C).
- **Sobre-Elevación Máxima:** 10%.

V.1 PROPUESTA DEL EJE DEL CAMINO (ALINEAMIENTO).

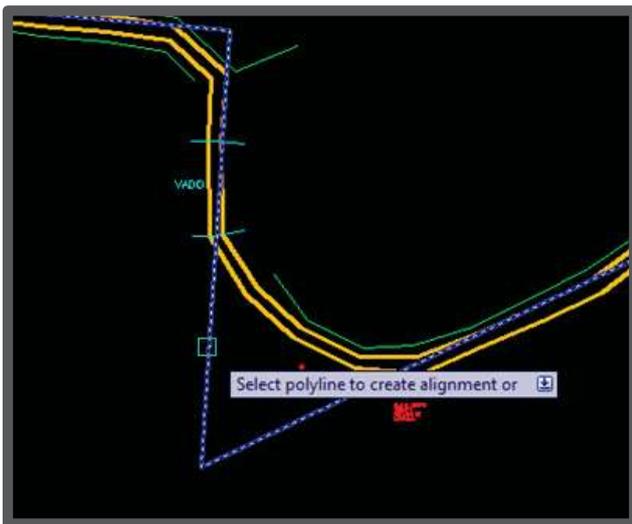
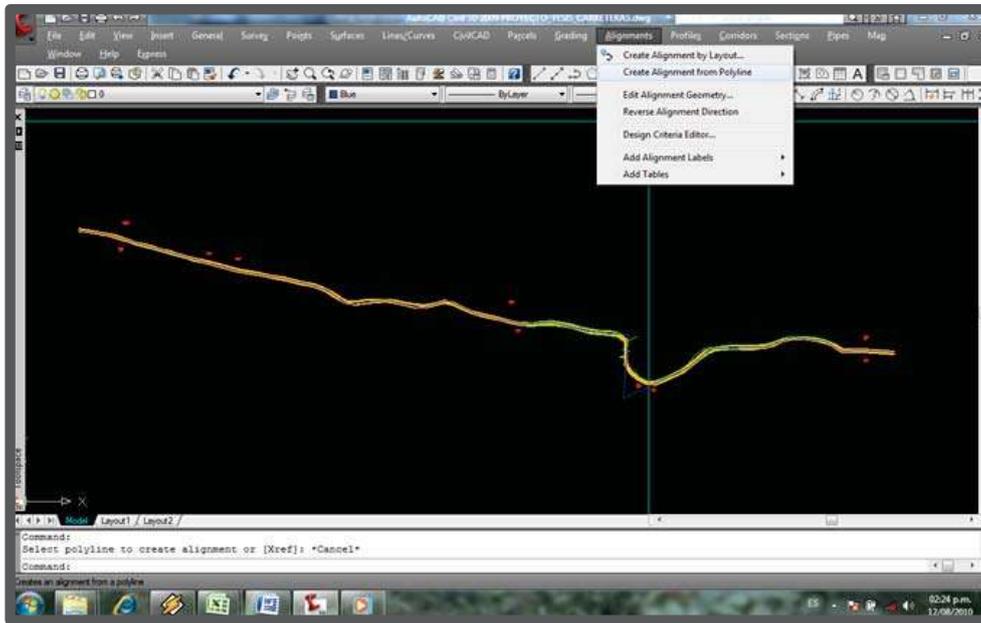
Debemos localizar el archivo *ORILLA_DE_CAMINO.dwg* e insertarlo en nuestro proyecto, para poder comenzar con el trazo del eje del camino que en Autocad Civil 3D se denomina *Alignment*. A continuación se puede apreciar la orilla del camino existente sobre la topografía del terreno con lo cual tenemos los elementos necesarios para comenzar nuestro proyecto.



Para facilitar el trazo y no tener una pantalla tan saturada con líneas apagaremos la superficie, esto es desaparecerla de pantalla pero siempre estará disponible para cuando la necesitemos. Para ello seleccionamos la superficie y damos click con el botón derecho del ratón y seleccionamos la opción *Surface Properties* que ya conocemos, nos dirigiremos a la pestaña *Information* y en la sección *Surface Style* de la lista desplegable elegiremos el estilo *No Display* y presionamos *Aceptar*.

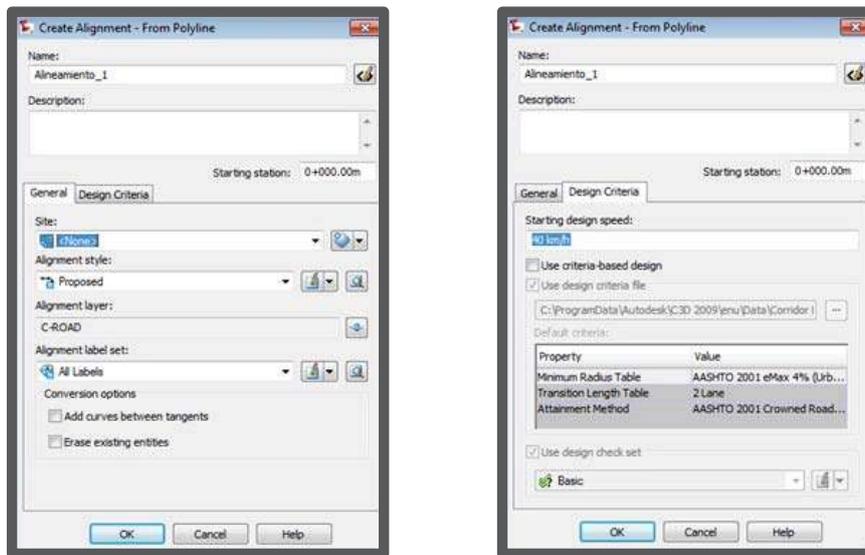


Una vez hecho esto, nos dirigimos a la barra de menús ubicada en la parte superior de la pantalla y seleccionamos el menú *Alignments*, en el cual podemos ver que las primeras dos opciones que hay son *Create Alignment by Layout* que nos permite ir trazando el eje tangente por tangente según nuestro criterio y la opción *Create Alignment from Polyline* la cual sirve para convertir una polilínea previamente trazada en un alineamiento ya sea que incluya curvas horizontales o sean únicamente tangentes; nosotros usaremos la opción *Create Alignment from Polyline* ya que en el levantamiento topográfico se propone un eje que nosotros ajustaremos para que las curvas horizontales estén dentro de los valores especificados en la norma.

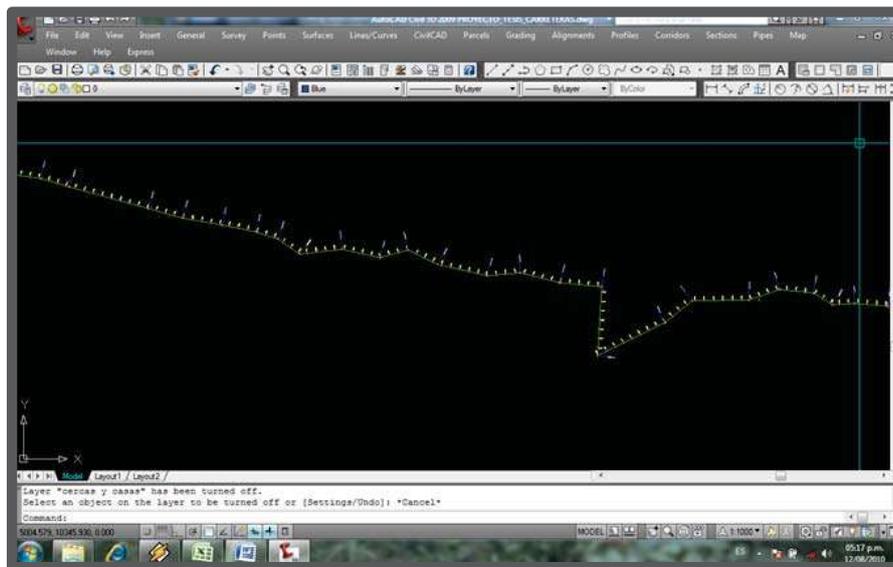


Una vez que elegimos la opción para crear el alineamiento, en lugar del cursor aparecerá un pequeño cuadro con el que debemos dar un click sobre la polilínea para seleccionarla y convertirla en un alineamiento.

Se desplegará la ventana *Create Alignment - From Polyline*, en el campo *Name* especificaremos el nombre que le daremos al *Alineamiento* que para nuestro caso será: *Alineamiento_1*; en el campo *Description* podemos dar una breve descripción del proyecto que estamos realizando, hay que tener cuidado de especificar en que cadenamiento comenzara nuestro eje de camino introduciendo la estación inicial en el campo *Starting Station*, en la pestaña llamada *General* solamente verificaremos que las casillas de *Add Curves Between Tangents* y *Erase Existing Entities* estén desactivadas; en la pestaña *Design Criteria* solamente modificaremos el campo *Starting Design Speed* en el cual introduciremos el valor de la velocidad de proyecto; damos click en *Aceptar* y nuestro alineamiento estará listo.



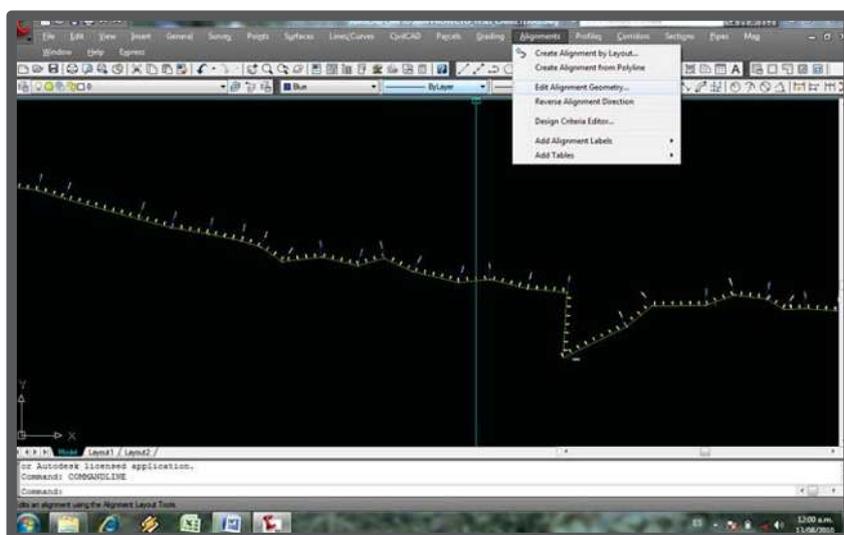
En la figura siguiente se puede observar el alineamiento creado.



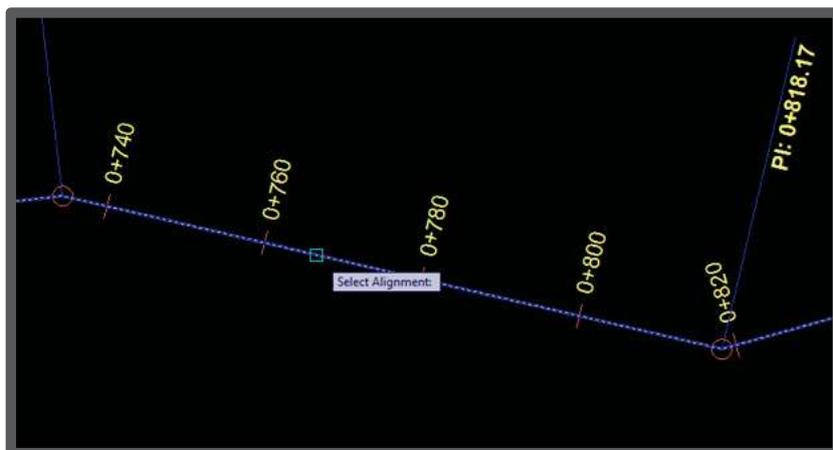
V.2 AGREGANDO CURVAS HORIZONTALES A NUESTRO ALINEAMIENTO.

Como hemos creado un alineamiento que tiene únicamente tangentes, necesitamos dibujar las curvas horizontales pero siempre observando que se trata de un camino tipo D, por lo cual solo podemos usar radios de curva especificados en la tabla de especificaciones geométricas correspondientes a caminos tipo D.

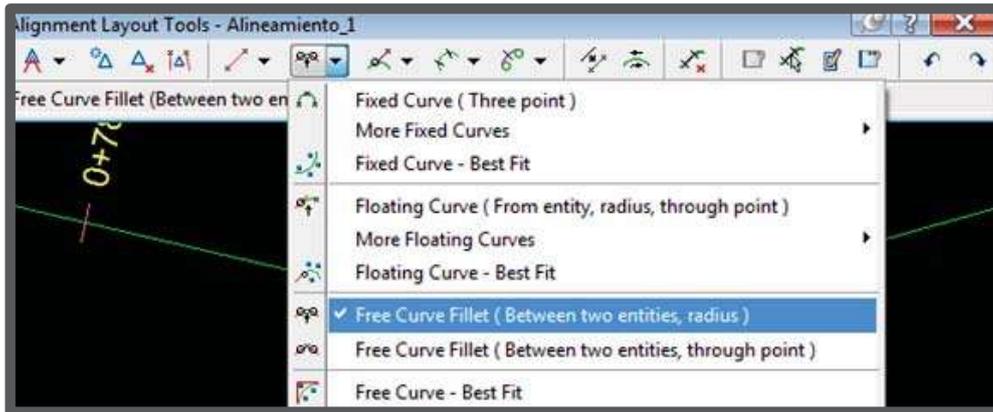
Para crear las curvas horizontales de nuestro alineamiento, necesitamos dirigirnos a la barra de menús y en el menú *Alignments* seleccionamos la opción *Edit Alignment Geometry*.



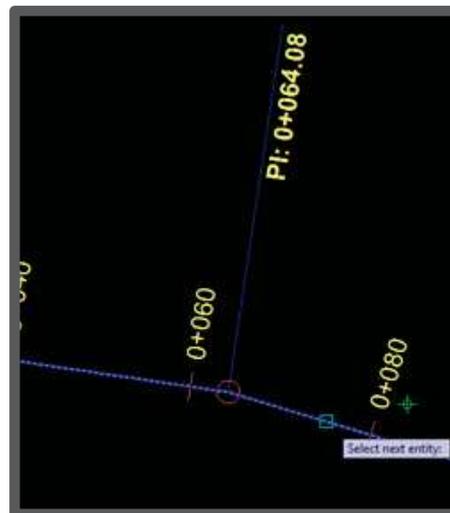
Entonces debemos seleccionar el alineamiento que vayamos a editar con el cursor cuadrado que aparece.



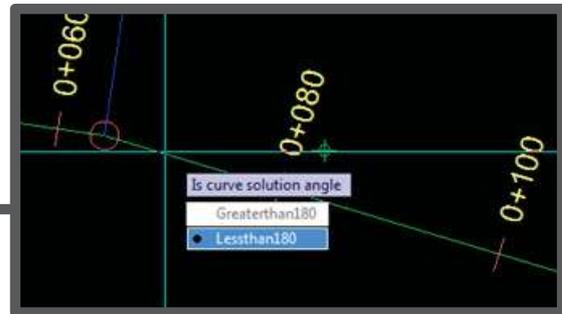
Con lo que se desplegará la barra de herramientas *Alignment Layout Tools*, la cual es una barra de herramientas con la cual podemos crear tangentes, curvas horizontales, agregar o eliminar PI y muchas otras opciones; buscaremos el icono *Free Curve Fillet (Between Two Entities, Radius)* el cual nos permite dibujar una curva circular simple seleccionando las tangentes de entrada y salida y especificando un radio de curva.



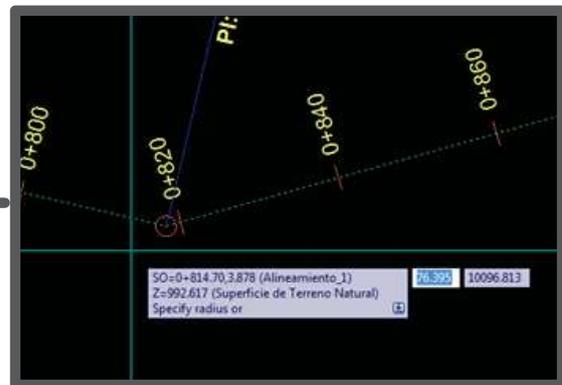
Una vez que elegimos la opción para crear el alineamiento, en lugar del cursor aparecerá un pequeño cuadro con el que debemos dar un click sobre la polilínea para seleccionarla y convertirla en un alineamiento.



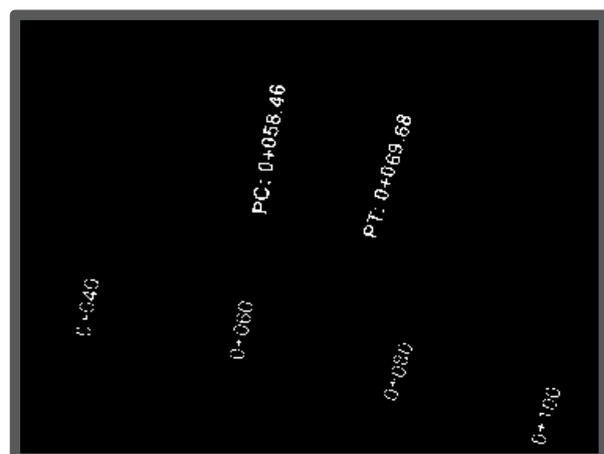
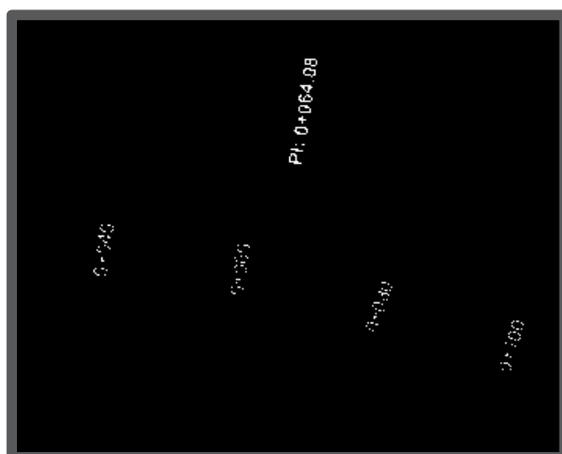
Cuando hemos seleccionamos las tangentes de entrada y salida, debemos especificar al programa que se trata de una curva en la cual las tangentes forman un ángulo menor a 180 grados.



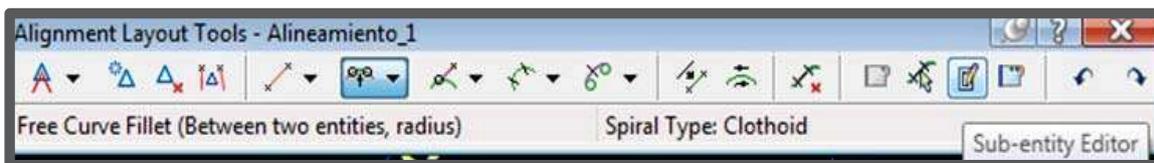
Y finalmente solo hace falta especificar un valor para el radio de la curva.



Una vez que hemos realizado todos los pasos anteriores, podemos ver la curva dibujada en la cual se identifica claramente la ubicación del PC y PT.



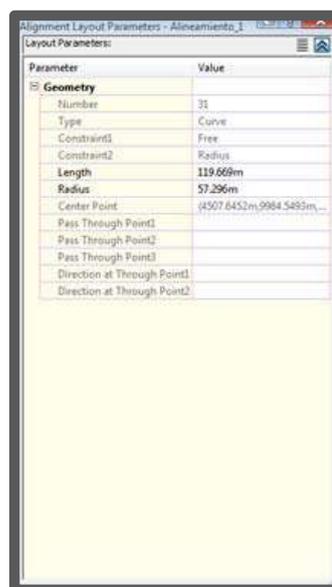
Procederemos de la misma manera con cada una de las curvas que necesitemos dibujar, siempre recordando que cuando la deflexión entre dos tangentes sea menor a 1.5 grados, no será necesario dibujar curva horizontal y únicamente se dejara indicado el PI. En caso de que sea necesario modificar el valor del radio de alguna curva, debemos utilizar la misma barra de herramientas con la que dibujamos las curvas horizontales; pero en este caso debemos ubicar el icono llamado *Sub-entity Editor*.



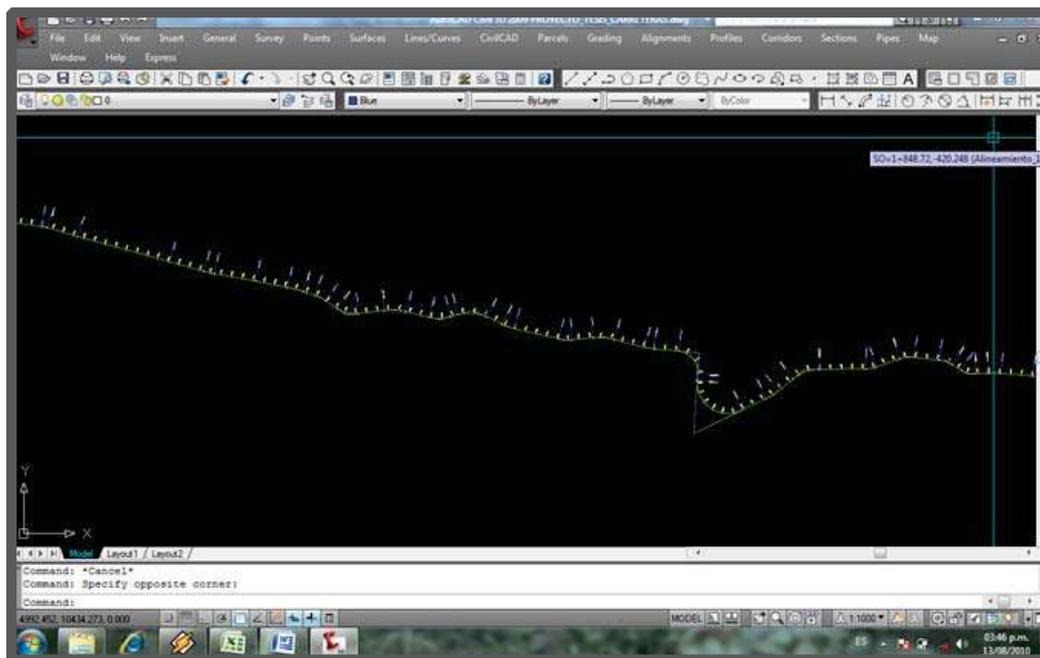
Entonces se visualizara la ventana de *Alignment Layout Parameters*, en el cual se pueden modificar diferentes parámetros de la curva; pero esta aparece completamente en blanco por lo que para poder modificar alguna de estas es necesario seleccionar la curva o tangente que vayamos a editar usando el icono *Pick Sub-entity* que se encuentra en la misma barra de herramientas.



Al momento que seleccionamos la curva que necesitamos editar, automáticamente se visualizaran los campos que permiten modificar los diferentes parámetros de la sub-entidad elegida.



Ya que hemos trazado todas las curvas de nuestro alineamiento podemos apreciar el alineamiento completo en la siguiente figura; debemos recordar que de ser necesario se pueden modificar los valores de los distintos parámetros de las curvas.



V.3 CÁLCULO DE LAS SECCIONES DE TRANSICIÓN DE LAS CURVAS HORIZONTALES.

Una parte fundamental del alineamiento horizontal es el cálculo y ajuste de las características geométricas de las curvas: sobre-elevación (S_c), ampliación (A_c) y longitud de transición (L_e); las cuales deben tener valores adecuados para evitar traslapes entre curvas muy cercanas; teniendo en cuenta las consideraciones hechas en capítulos anteriores referentes a dichas características geométricas. Es recomendable para garantizar una transición adecuada y segura del bombeo en tangente a la sobre-elevación máxima de la curva, que cierto porcentaje de la longitud de transición se desarrolle dentro de la curva hasta un máximo de un tercio de la longitud de la curva, procurando nunca excederse de hasta un 50% de la longitud de transición dentro de la curva; teniendo en cuenta estas dos restricciones podemos diseñar las curvas con una gran posibilidad de opciones y elegir la que mejor se adecue a nuestro alineamiento, ya que existen muchos casos en los que la topografía exige un eje de camino con una densidad alta de curvas por lo que será necesario probar varias combinaciones en el ajuste de la longitud de transición de entrada y salida hasta garantizar que no existan traslapes entre las curvas.

Antes de comenzar a explicar cómo se introducen y ajustan los valores de transición, sobre-elevación y ampliación en Autocad Civil 3D, me gustaría realizar el cálculo manual de una de las curvas que hemos trazado en nuestro alineamiento para posteriormente poder comparar los resultados con los obtenidos con el Autocad Civil 3D.

Para ilustrar el cálculo he elegido la curva número 13 del alineamiento cuyos datos se presentan a continuación:

Curva No.: 13
Camino Tipo: D
Velocidad de Proyecto: 30 Km/Hr.
Cad. Del PI: 1+302.09
Radio de la Curva (R_c): 38.20m.
Deflexión (Δ): 88°33'51" Derecha.

Con los datos anteriores y de acuerdo a la tabla para valores de camino tipo D, tenemos:

$L_e = 12m$.

$S_c = 5\%$.

$A_c = 1.2m$.

Para nuestro cálculo necesitaremos las siguientes formulas:

$$G^{\circ}c = \frac{1145.92}{R_c} = \frac{1145.92}{38.20} = 30^{\circ}$$

$$S_T = R_c \cdot \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) = (38.20m) \cdot \tan\left(\frac{88^{\circ}33'51''}{2}\right) = 37.25m$$

$$L_c = \frac{20 \cdot \Delta}{G^{\circ}c} = \frac{(20) \cdot (88^{\circ}33'51'')}{30^{\circ}} = 59.04m$$

$$Cad.PC = Cad.PI - S_T = (1 + 302.09) - 37.25m = 1 + 264.84$$

$$Cad.PT = Cad.PC + L_c = (1 + 264.84) + 59.04m = 1 + 323.88$$

Con los datos anteriores y conociendo el cadenamamiento del PC y del PT podremos iniciar el cálculo de las secciones más importantes en la transición de la curva.

- Cálculo de la sección en “E”.

- Sección “E” de Entrada.

$$Seccion.E_{ENTRADA} = Cad.PC + [(Le) \cdot (\%Le_{DENTRO})]$$

Como en este caso hemos elegido que el porcentaje de la transición dentro de la curva sea igual a 100% entonces:

$$Seccion.E_{ENTRADA} = (1 + 264.84) + [(12m) \cdot (1)]$$

$$Seccion.E_{ENTRADA} = 1 + 276.84$$

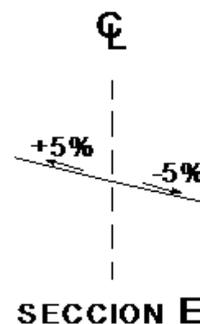
- Sección “E” de Salida.

$$Seccion.E_{SALIDA} = Cad.PT - [(Le) \cdot (\%Le_{DENTRO})]$$

Como en este caso hemos elegido que el porcentaje de la transición dentro de la curva sea igual a 100% entonces:

$$Seccion.E_{SALIDA} = (1 + 323.88) - [(12m) \cdot (1)]$$

$$Seccion.E_{SALIDA} = 1 + 311.88$$



SECCION E

- Calculo de la sección en “B”.

- Sección “B” de Entrada.

$$Seccion.B_{ENTRADA} = Seccion.E_{ENTRADA} - Le$$

$$Seccion.B_{ENTRADA} = (1 + 276.84) - 12m$$

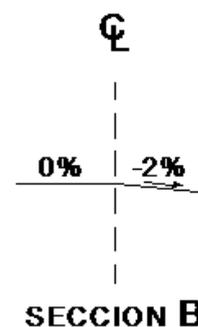
$$Seccion.B_{ENTRADA} = 1 + 264.84$$

- Sección “B” de Salida.

$$Seccion.B_{SALIDA} = Seccion.E_{SALIDA} + Le$$

$$Seccion.B_{SALIDA} = (1 + 311.88) + 12m$$

$$Seccion.B_{SALIDA} = 1 + 323.88$$



SECCION B

Una vez que conocemos el cadenamamiento de las secciones en “B” de entrada y salida podemos conocer el cadenamamiento de las secciones en “A” y “C”, pero primero necesitamos conocer el valor del parámetro de sobre-elevación “N”; el cual calcularemos con la ayuda de la siguiente formula:

$$N = \left(\frac{b}{Sc} \right) \cdot Le$$

Para este caso sabemos que el bombeo tiene un valor de -2%, pero para los cálculos tomaremos su valor absoluto y para Sc tomaremos el valor máximo para esta curva que es igual a 5%.

$$N = \left(\frac{2\%}{5\%} \right) \cdot (12m)$$

$$N = 4.8m$$

- Cálculo de la Sección en “A”.

- Sección “A” de Entrada.

$$Seccion.A_{ENTRADA} = Seccion.B_{ENTRADA} - N$$

$$Seccion.A_{ENTRADA} = (1 + 264.84) - 4.8m$$

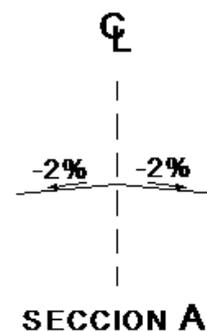
$$Seccion.A_{ENTRADA} = 1 + 260.04$$

- Sección “A” de Salida.

$$Seccion.A_{SALIDA} = Seccion.B_{SALIDA} + N$$

$$Seccion.A_{SALIDA} = (1 + 323.88) + 4.8m$$

$$Seccion.A_{SALIDA} = 1 + 328.68$$



- Cálculo de la Sección en "C".

- Sección "C" de Entrada.

$$\text{Seccion. } C_{ENTRADA} = \text{Seccion. } B_{ENTRADA} + N$$

$$\text{Seccion. } C_{ENTRADA} = (1 + 264.84) + 4.8m$$

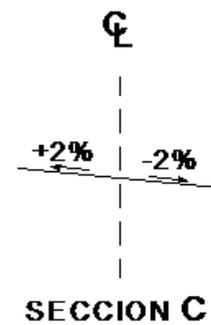
$$\text{Seccion. } C_{ENTRADA} = 1 + 269.64$$

- Sección "C" de Salida.

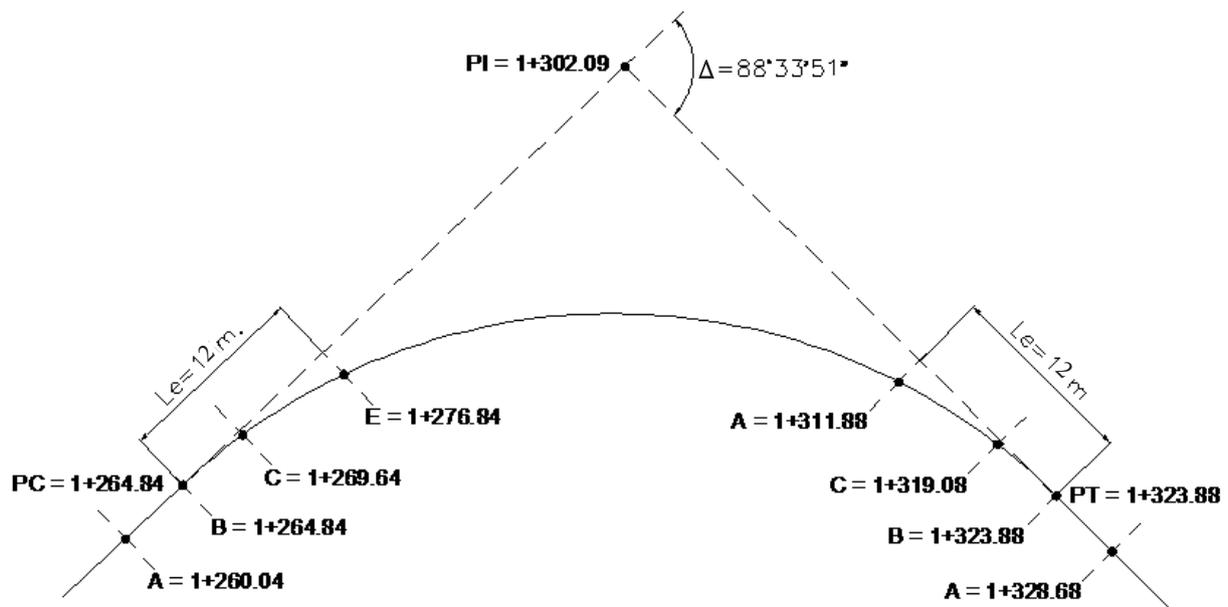
$$\text{Seccion. } C_{SALIDA} = \text{Seccion. } B_{SALIDA} - N$$

$$\text{Seccion. } C_{SALIDA} = (1 + 323.88) - 4.8m$$

$$\text{Seccion. } C_{SALIDA} = 1 + 319.08$$



Los resultados de los cálculos anteriores se ilustran en el siguiente resumen:



V.3.1 CREACIÓN DE UN ARCHIVO QUE CONTIENE LOS PARAMETROS DE UNA CURVA.

Una vez que sabemos cómo se realiza el cálculo manual de las secciones más importantes de una curva y hemos conocido los parámetros que intervienen en dicho cálculo, nos será más fácil identificar y entender la manera en que Autocad Civil 3D maneja dichos parámetros y realiza los cálculos necesarios.

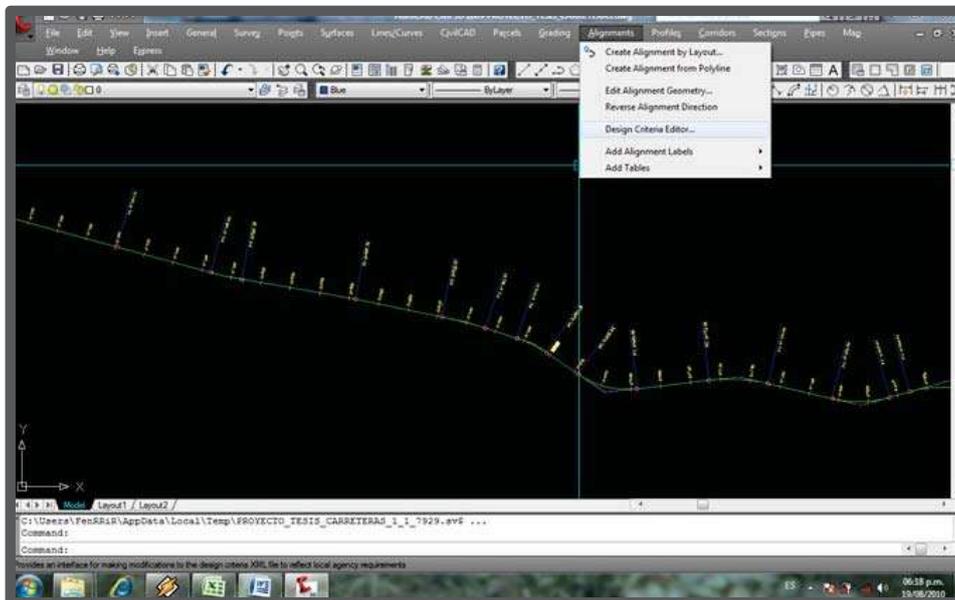
Como hemos visto los principales parámetros que definen una curva horizontal son su radio (R_c), el cadenamiento de su PI, su deflexión (Δ) y los valores de sobre-elevación (Sc), ampliación (Ac) y longitud de transición (Le), que de la tabla de especificaciones hemos obtenido de acuerdo al tipo de camino y la velocidad de proyecto; pero lo que finalmente define el cadenamiento de cada una de estas secciones es el porcentaje de la longitud de transición que requerimos que se desarrolle dentro de la curva. Autocad Civil 3D maneja todos estos parámetros de una manera muy similar, ya que cuenta con una base de datos con diferentes rangos en los valores de los radios de curva y con un valor de sobre-elevación (*Superelevation*, según la nomenclatura del programa) asignado a cada radio; los cuales se organizan en lo que yo denominare *Ficheros*, cada *fichero* está anidado dentro de otro y están organizados de tal manera que existen ficheros principales, cada uno de los cuales corresponde a un valor de sobre-elevación máxima y de cada uno de estos se desprenden ficheros para distintas velocidades de proyecto y finalmente para cada velocidad de proyecto existen distintos rangos de radio de curva y sus respectivas sobre-elevaciones máximas.

Dentro del programa existen dos métodos para proyectar las curvas horizontales muy utilizados en Estados Unidos; *AASHTO 2001 Crowned Roadway* y *Undivided Planar Roadway*, procuraremos siempre elegir el primero de los dos métodos mencionados, ya que el método de la *AASHTO* es el que utilizamos en México y su metodología de cálculo se ajusta a las normas mexicanas; cada uno de estos métodos obtiene los datos necesarios para sus cálculos de la base de datos mencionada anteriormente; esta base de datos llamada *_Autodesk Civil 3D Metric Roadway Design Standards.xml* es suficiente para realizar proyectos en Estados Unidos, pero con el uso constante de este programa hemos descubierto que esta base de datos puede y debe modificarse hasta ajustar sus valores para cada una de las curvas horizontales del alineamiento. Para llevar a cabo nuestros propósitos, antes debimos realizar los cálculos y ajustes de cada una de las curvas de nuestro alineamiento, solo así sabremos los valores de los datos que vamos a ajustar en la base de datos; siempre he recomendado que para cada una de las curvas horizontales que tengamos en el alineamiento debemos crear una copia de la base de datos y sobre esta realizar las modificaciones y ajustes, a cada uno de estos archivos que creamos debemos asignarle un nombre que nos ayude a identificar fácilmente la curva sobre la cual estamos trabajando; teniendo esto en cuenta elegí una nomenclatura bastante simple para identificar los archivos correspondientes a cada una de las curvas horizontales.

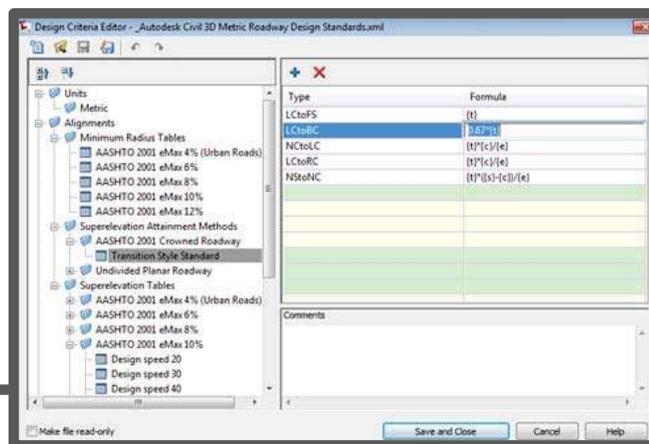
TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPÍTULO V. GENERANDO EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

Para crear cada uno de los archivos necesarios en el cálculo de las sobre-elevaciones, recomiendo primero crear una carpeta dentro de la cual guardaremos dichos archivos y dándole un nombre adecuado; en mi caso cree una carpeta con el nombre *SOBRE_ELEVACIONES_CURVAS* y dentro de ella guarde una copia de la base de datos que podemos localizar mediante la siguiente ruta:

C:\ProgramData\Autodesk\C3D 2009\enu\Data\Corridor Design Standards\Metric; para cada una de las curvas y utilice la siguiente nomenclatura; por ejemplo el archivo *C1_80%.xml* se refiere a la curva número uno del alineamiento y nos indica que el ochenta por ciento de la longitud de transición se desarrollara por fuera de la curva. Cuando hayamos nombrado todos los archivos, ajustaremos los valores de cada uno de ellos con la ayuda del *Design Criteria Editor* o editor de los parámetros de diseño que podemos localizar en el menú *Alignments*.

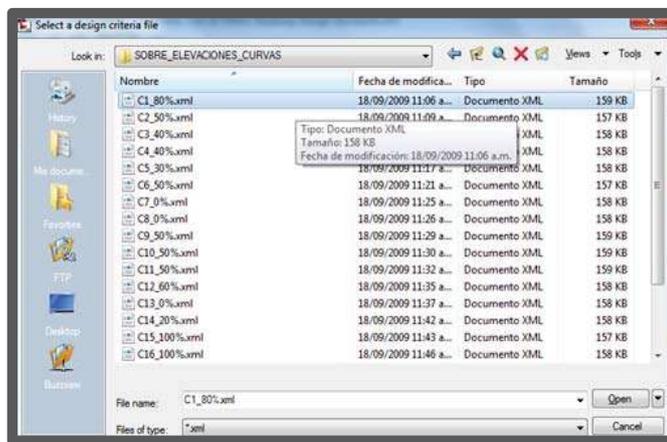


Con lo que accederemos a la ventana *Design Criteria Editor*, que por default nos permite el acceso a la base de datos *_Autodesk Civil 3D Metric Roadway Design Standards.xml*.

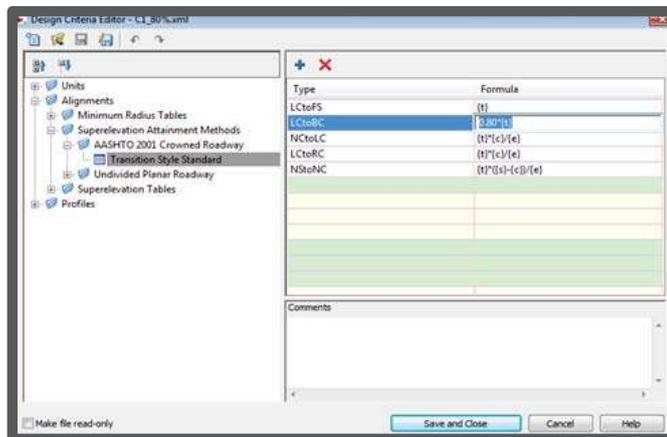


TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPÍTULO V. GENERANDO EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

Como se puede observar los diferentes ficheros de los que hemos hablado previamente, se pueden localizar fácilmente en la parte izquierda de la ventana y desde ella podemos acceder a las diferentes tablas que contienen los datos; en la colección *Alignments* encontraremos el fichero *Superelevation Attainment Methods* el cual contiene los dos métodos de cálculo utilizados por el programa y que mencionamos anteriormente, en ambos métodos se puede observar que el programa realiza los cálculos considerando en todos los casos que dos tercios de la longitud de transición se desarrollen por fuera de la curva. Bien ahora que conocimos un poco la manera cómo funciona la base de datos, lo que necesitamos es localizar y abrir los archivos que creamos previamente para cada una de las curvas de nuestro alineamiento y ajustar sus valores de acuerdo a lo que calculamos para cada curva.

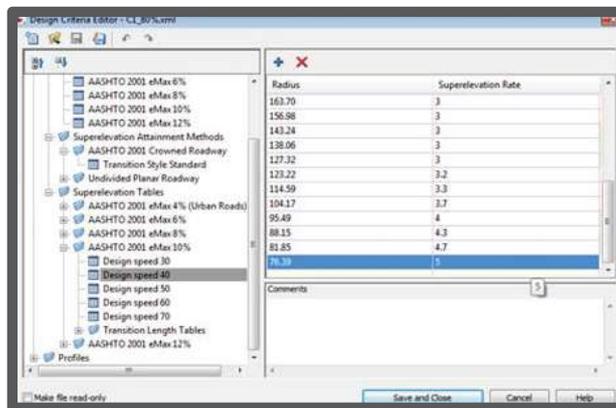


Cuando hemos seleccionado el archivo y nos encontramos nuevamente en la ventana *Design Criteria Editor*, localizamos la colección *Alignments* en la parte izquierda de la ventana y dentro del fichero *Superelevation Attainment Methods* seleccionamos el método de la *AASHTO* finalmente seleccionamos la opción *Transition Style Standard* con lo cual se visualizaran las formulas con las cuales el programa calcula las secciones de entrada y salida de cada curva; en el campo *LCtoBC* de la columna *Type* especificaremos el porcentaje de la longitud de transición que necesitamos se desarrolle por fuera de la curva.

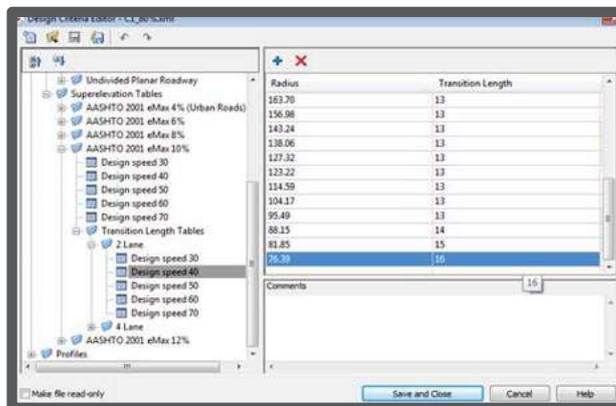


TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPÍTULO V. GENERANDO EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

Para los siguientes ajustes hay que tener cuidado de recordar la velocidad de proyecto que especificamos cuando creamos el alineamiento, ya que el método de cálculo utilizara las tablas que se encuentren dentro de los ficheros correspondientes a dicha velocidad de proyecto; aunque la velocidad de proyecto no es la misma para cada curva, no hay por qué preocuparse, ya que aunque elegimos una sola velocidad para todo el alineamiento, introduciremos manualmente los valores de cada curva de acuerdo a su velocidad de proyecto en cada uno de los archivos que hemos creado. Lo que debemos hacer es localizar la colección *Superelevation Tables* y dentro de ella seleccionar el fichero *AASHTO 2001 eMax 10%* que corresponde a la sobre-elevación máxima de 10% la cual rige en a normativa mexicana; con lo que se desplegaran los ficheros con las distintas velocidades de proyecto, seleccionaremos el fichero *Design Speed 40* y dentro de este podemos crear un nuevo campo para la columna *Radius* y *Superelevation Rate*, utilizando el icono en el campo que generamos introducimos manualmente los valores del radio de la curva y el de la sobre-elevación máxima.



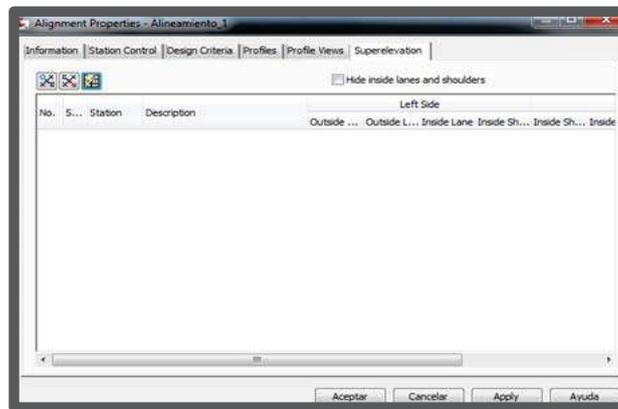
Después de esto lo que debemos hacer es introducir los valores de la longitud de transición, esto se hace en el fichero *Transition Length Tables* que se encuentra anidado en el fichero de sobre-elevaciones, elegiremos el fichero *2 Lane* y dentro de este buscamos la velocidad de proyecto con la cual estamos trabajando; una vez hecho esto procedemos de la misma manera que cuando introdujimos los valores de sobre-elevación, crearemos un nuevo campo para el radio y la longitud de transición de la curva en el cual vaciaremos los datos que necesitamos.



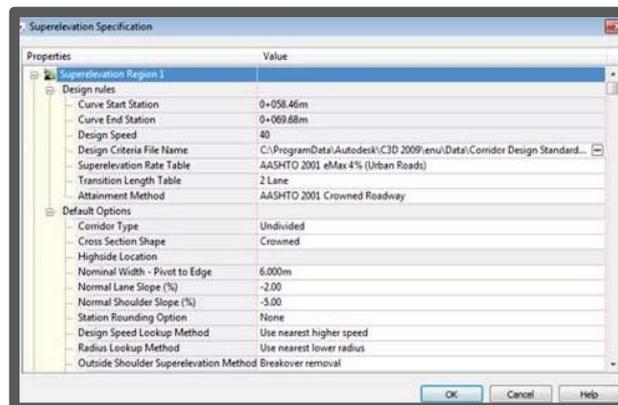
Debemos tener cuidado de solo modificar los archivos correspondientes a la velocidad de proyecto elegida y los campos adecuados; cuando hemos hecho esto simplemente guardamos lo cambios y procedemos de la misma manera hasta ajustar cada uno de los archivos que hemos creado para cada una de las curvas del alineamiento.

V.3.2 ESTABLECIENDO LOS VALORES PARA CADA CURVA.

Cuando los archivos de cada curva están listos hay que agregarlos al alineamiento; para esto damos un click derecho sobre el alineamiento y del menú que aparece seleccionamos *Alignment Properties* con lo cual se desplegara la ventana del mismo nombre; en la pestaña *Superelevation* buscaremos el icono *Set Superelevation Properties* que se ubica en la parte izquierda superior de la ventana.

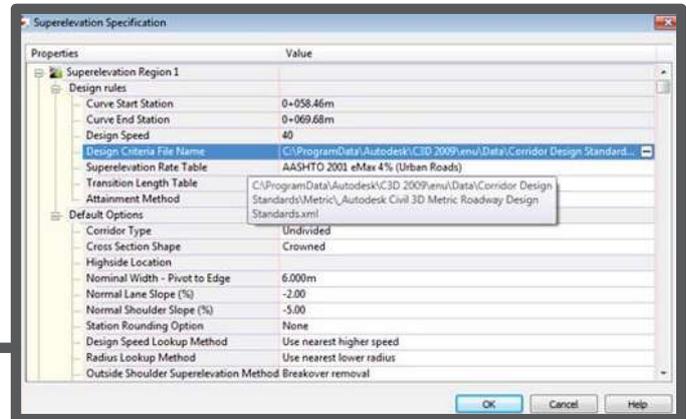


Entonces se desplegara la ventana *Superelevation Specification*, en la cual hay dos columnas *Properties* y *Value*, sobre la columna *Properties* podemos observar todas las curvas del alineamiento que dentro del programa se denominan *Regions*, de esta manera podemos saber por ejemplo que el campo *Superelevation Region 1* se refiere a la sobre-elevación de la curva número uno del alineamiento.

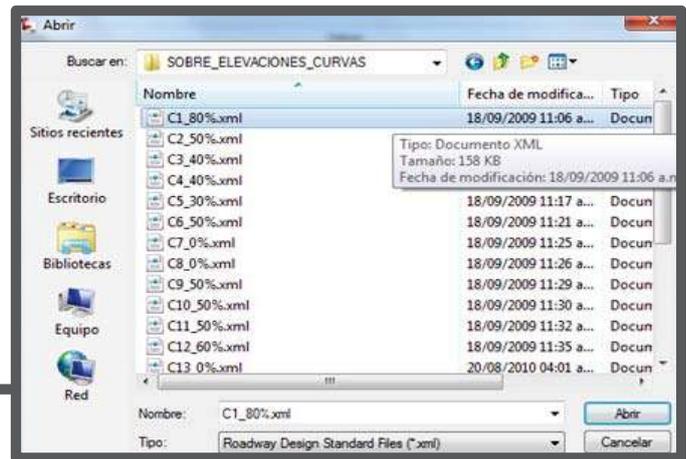


TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPÍTULO V. GENERANDO EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

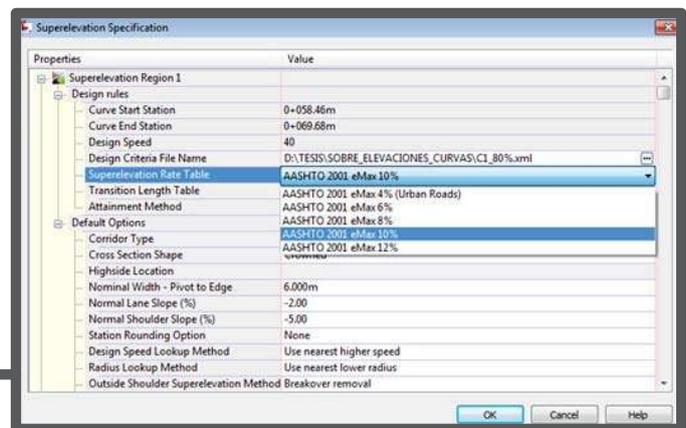
Dentro de cada *Region* solo modificaremos dos campos; el primero de ellos es el campo *Design Criteria File Name*.



Cuando seleccionamos este campo se visualizara la ventana que nos permite navegar para buscar los archivos que hemos modificado, cuando localizamos el archivo que necesitamos solo damos click en *Abrir*.

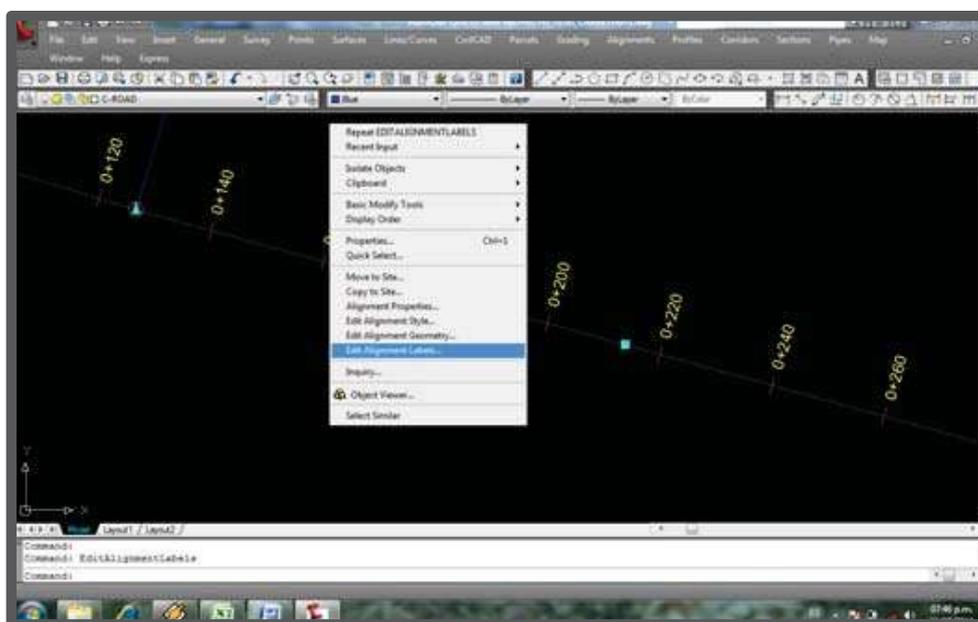


El siguiente campo que debemos modificar es el campo *Superelevation Rate Table*, en el cual se especifica de cuál de todos los ficheros de la base de datos se obtendrán los datos para realizar los cálculos, para nuestro caso seleccionaremos la sobre-elevación máxima de 10%.



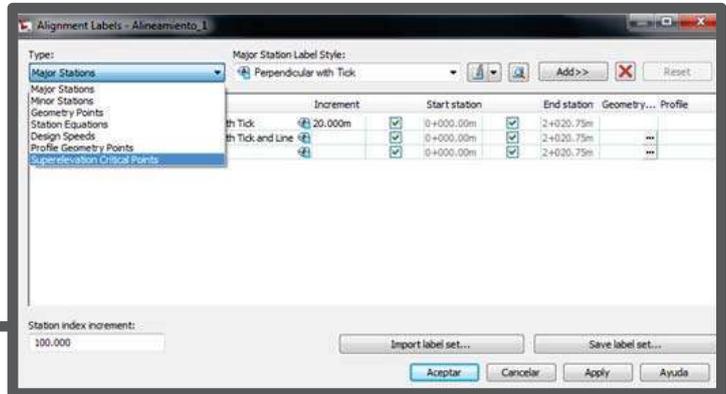
V.3.3 DEFINICIÓN DE LA AMPLIACIÓN EN LAS CURVAS HORIZONTALES.

Ya que hemos ajustado correctamente la sobre-elevación y la longitud de transición de cada curva, lo que hace falta para terminar de definir las características de las curvas horizontales es dibujar la ampliación de la corona en cada curva. Esto se hace de una manera más tradicional, es decir más manual, ya que prácticamente lo que debemos hacer es dibujar la ampliación de la curva manualmente. Recordando que la ampliación y la sobre-elevación se empiezan a dar a partir de la sección en “B” y que la ampliación y sobre-elevación máxima se presentara siempre en la sección en “E” de cada curva, nos ayudaremos de una herramienta que permite visualizar el cadenamamiento en que se presenta cada una de estas secciones; de esta manera podemos saber exactamente donde comenzará la ampliación y en donde se presentará la ampliación máxima para poder dibujarla. Para esto seleccionaremos el alineamiento y daremos click derecho sobre él, del menú que aparece elegiremos la opción *Edit Alignment Labels*.

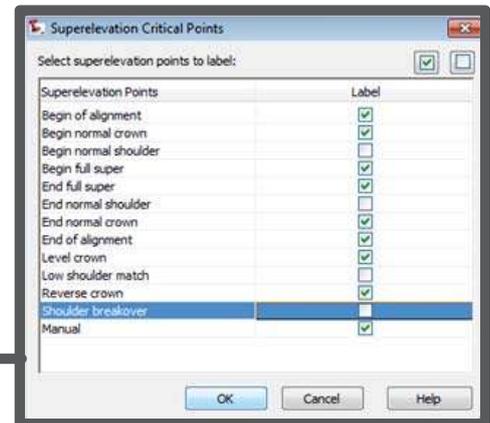


Con lo que se desplegara la ventana *Alignment Labels*, la cual nos ayudará a elegir las etiquetas o rótulos que deseemos se visualicen en nuestra planta y editar cada una de ellas de acuerdo a nuestras necesidades; como mencione en la Introducción al Programa, no es necesario configurar o editar ni un solo elemento ya que la plantilla de diseño (*Template*) que elegimos ha sido configurada previamente.

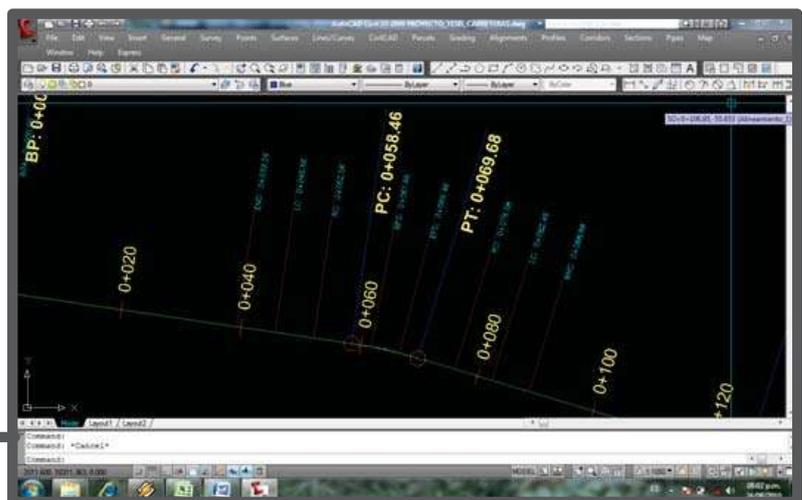
En la ventana *Alignment Labels* encontraremos el campo *Type* en la parte superior izquierda, el cual tiene una lista desplegable en la cual elegiremos las etiquetas *Superelevation Critical Points*, que visualizara todas las secciones de transición de entrada y salida de cada una de las curvas.



Cuando elegimos la opción deseada de la lista desplegable, daremos click en el icono *Add>>* y aparecerá una ventana en la cual podemos elegir los puntos o secciones más importantes que necesitamos se visualicen en nuestro alineamiento. Tendremos cuidado de que todos los puntos que contengan elementos del hombro (*Shoulder*) estén desactivados antes de dar click en *Aceptar*.



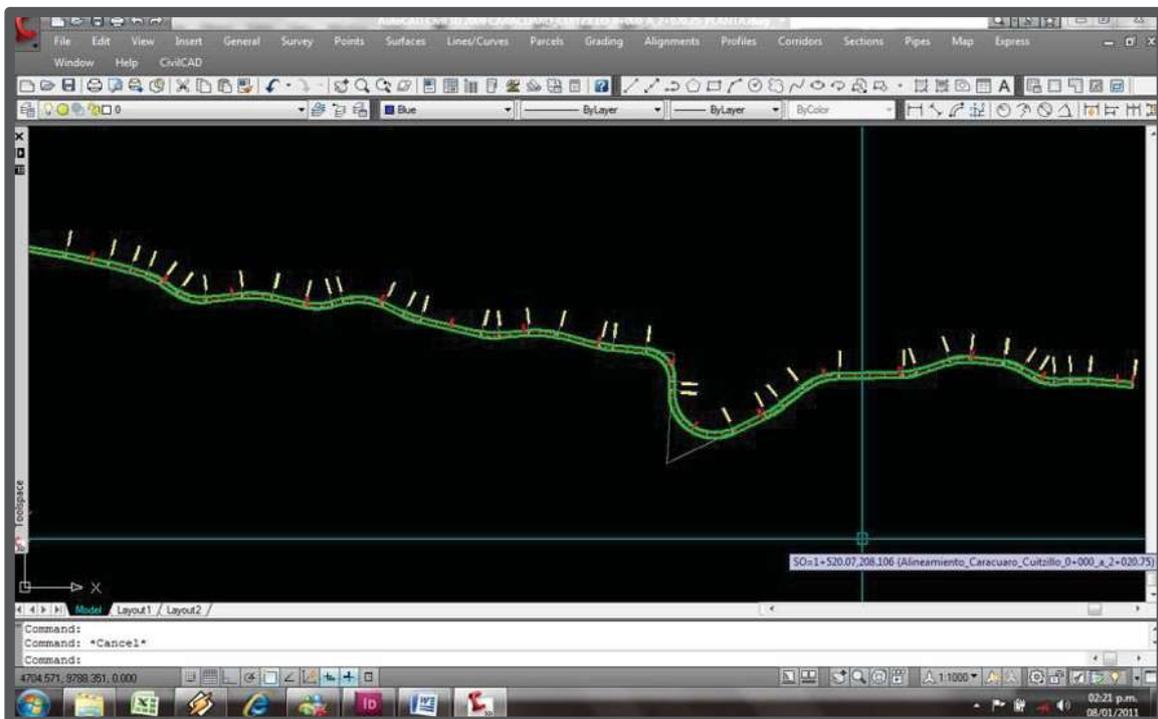
Finalmente podemos observar cómo se visualizan las etiquetas ubicadas en las secciones más importantes de cada una de las curvas horizontales del alineamiento.



TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPÍTULO V. GENERANDO EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

Valiéndonos de ellas podemos dibujar una polilínea a ambos lados del camino que delimitaran los hombros de nuestro camino, recordando que el ancho de corona será de 3.5m a cada lado en tangentes y que además de los 3.5m debemos adicionar la ampliación de la corona en la parte interna de cada curva horizontal.

A continuación podemos ver como se ve el eje del camino con sus hombros izquierdo y derecho dibujados.

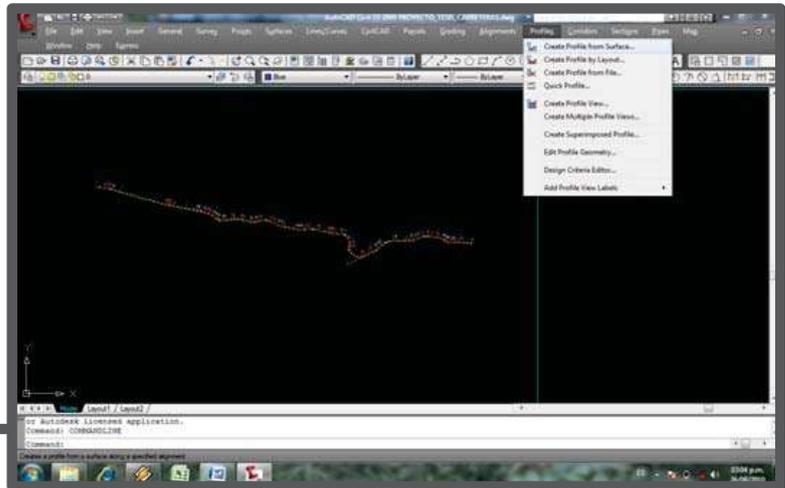


CAPÍTULO VI. GENERANDO EL ALINEAMIENTO VERTICAL.

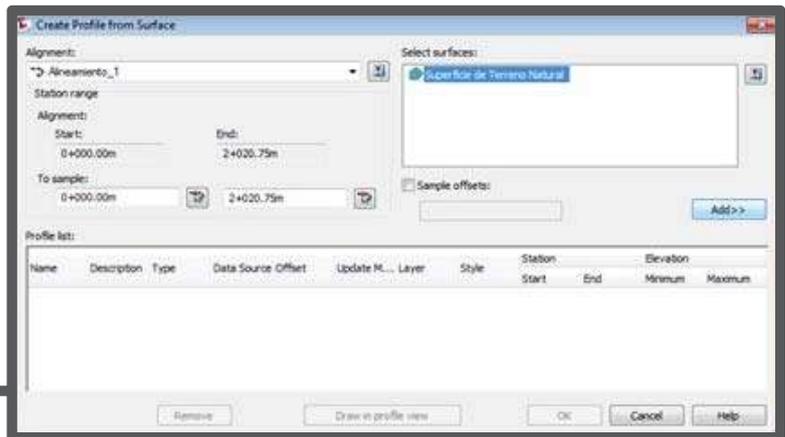
VI.1 GENERANDO EL PEFIL DE TERRENO NATURAL.

Una vez que hemos terminado de crear el alineamiento y ajustar todas sus características a la normativa Mexicana; el paso siguiente es obtener un perfil de terreno natural a partir de la superficie de terreno natural y basado en el alineamiento que hemos propuesto.

Para ello nos dirigiremos a la barra de menús y en el menú *Profiles* seleccionaremos la opción *Create Profile From Surface*.



Con lo que se desplegara la ventana *Create Profile From Surface*; en ella podremos elegir de entre las superficies y alineamientos disponibles para crear nuestro perfil, como en este caso solo existe una superficie y un alineamiento solo podemos ver un elemento en el campo *Alignments* y lo mismo sucede con el campo *Select Surfaces*.

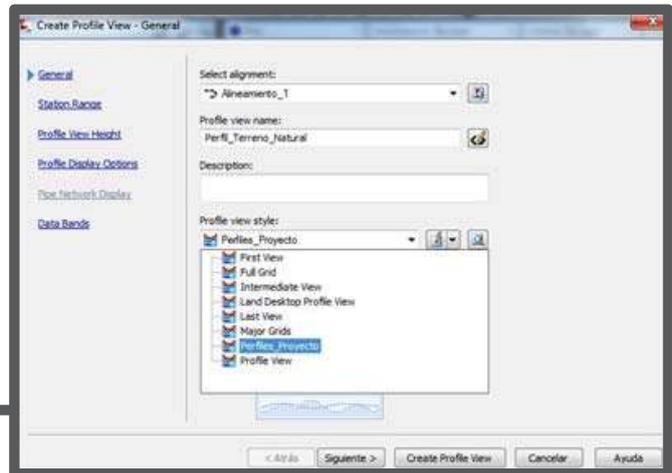


Una vez que elegimos el alineamiento y la superficie de nuestro proyecto, damos click en el botón *Add>>* y después en el icono *Draw in Profile View*.

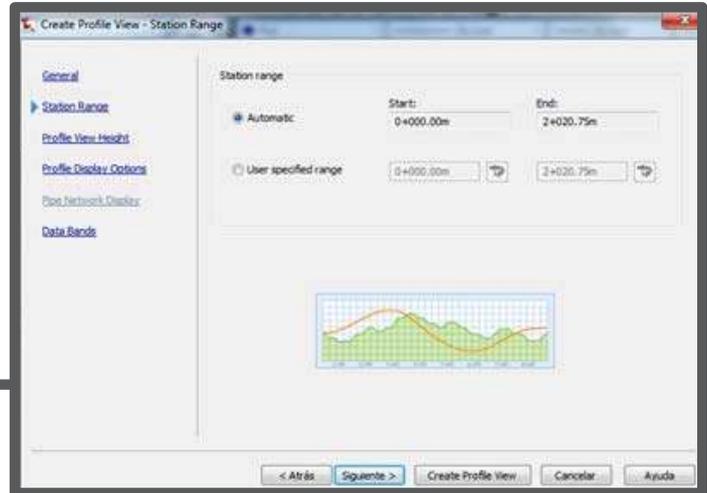


Aparecerá la ventana *Create Profile View*; como con la superficie de terreno podemos crear un perfil pero este no se visualizara si no creamos un *Profile View* que contenga las configuraciones de escalas, retículas, rótulos y demás; AutoCAD Civil 3D cuenta con varios estilos ya configurados que pueden elegirse al momento de crear el *Profile View*, pero como mencione al principio me he dado a la tarea de crear una plantilla de diseño con todas las configuraciones necesarias.

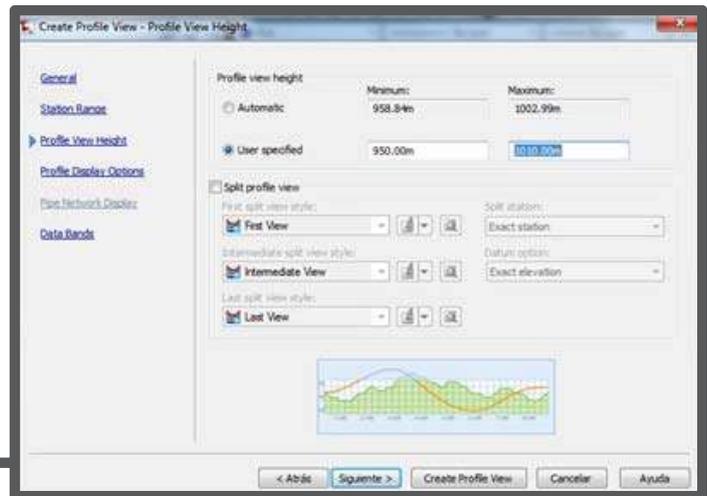
A la izquierda de la ventana podemos ver una lista de submenús que nos permiten configurar las preferencias para nuestro perfil; en el submenú *General* podemos especificar el nombre del *Profile View* y en el campo *Profile View Style* de la lista desplegable seleccionaremos el estilo *Perfiles_Proyecto* al cual no es necesario modificar ninguna de sus características.



Si damos click en el botón *Siguiente*> en la parte inferior de la ventana nos desplazaremos hasta el siguiente submenú: *Station Range*, en la cual podemos especificar desde que estación queremos que inicie nuestro *Profile View* y en que estación termina, como en esta ocasión queremos que se genere el perfil del alineamiento completo no modificaremos nada de esta opción.

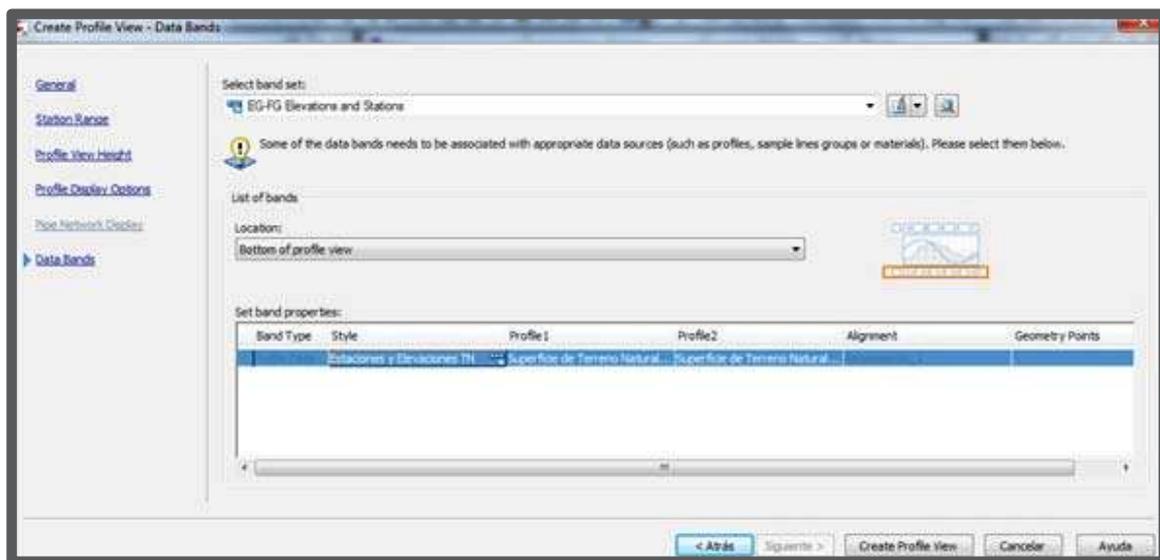


El siguiente submenú es *Profile View Height*, el cual nos permite especificar la altura que tendrá la retícula del perfil, una gran ventaja de Autocad Civil 3D es que cualquiera de sus elementos ya sea alineamiento, perfil o secciones, son dinámicos, lo que quiere decir que si por ejemplo notamos que la altura de la retícula del perfil es demasiado alta o muy baja para que se visualicen las etiquetas siempre existirá la posibilidad de modificarla con este submenú.

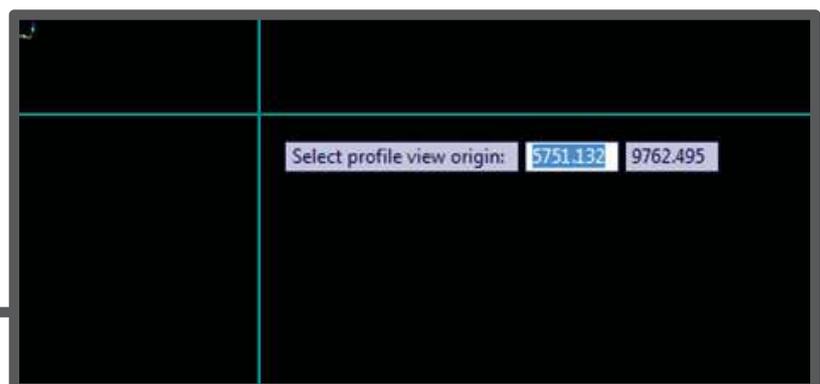


El siguiente submenú es *Profile Display Options*, por el momento en este no modificaremos nada y pasaremos al siguiente submenú llamado *Data Bands*, el cual nos permite agregar los datos de pie de perfil como su cadenamiento y elevaciones y además el Indicador de *Alineamiento Horizontal* en la parte superior del perfil.

Para esto en el campo *Select Band Set*, de la lista desplegable seleccionaremos *EG-FG Elevations and Stations*, en el campo *Location* seleccionaremos *Bottom of Profile View* y finalmente en la parte inferior donde aparecen las *Set Band Properties* en la columna *Style* seleccionaremos el estilo *Estaciones y Elevaciones TN*, creado por mí para perfiles.



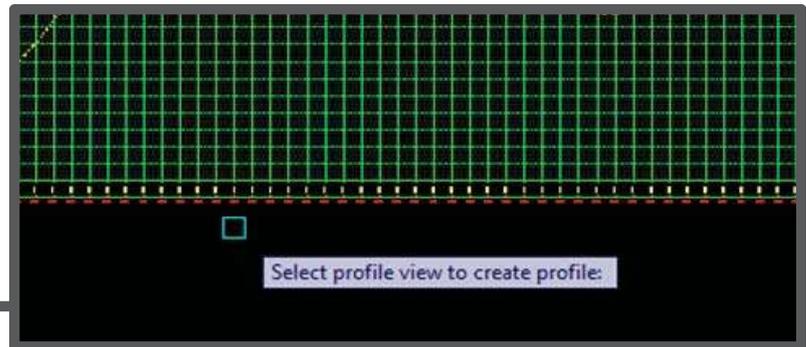
Finalmente daremos click en el botón *Create Profile View* y especificaremos un punto sobre la ventana de dibujo donde ubicaremos el inicio de nuestro *Profile View* teniendo cuidado de no ubicar el perfil muy cerca del alineamiento para no correr el riesgo de que amontonen uno sobre otro.



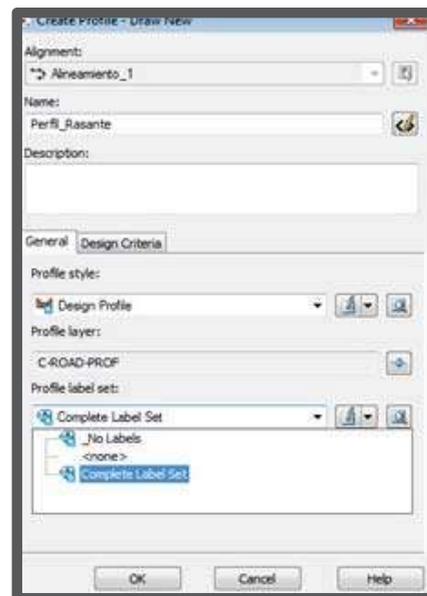
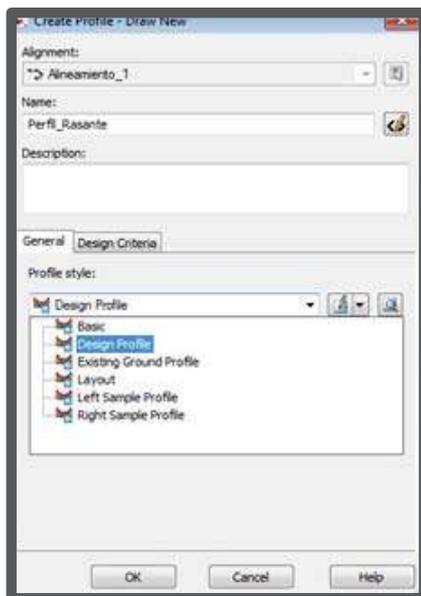
VI.2 PROPUESTA DEL PERFIL DE LA RASANTE.

Una vez que tenemos el perfil de terreno natural debemos proponer una rasante; para esto dentro del menú *Profiles* de la barra de menús, existe otra opción para crear perfiles llamada *Create Profile by Layout*, la cual nos permite ir dibujando tangentes y curvas verticales sobre nuestro *Profile View*; debemos recordar que para realizar una propuesta adecuada de rasante debemos basarnos en las Normas de Servicios Técnicos de la SCT y en nuestro propio criterio.

Cuando hemos seleccionado la opción *Create Profile by Layout*, el cursor de nuestro ratón adoptará la forma de un cuadrado con la cual debemos seleccionar y dar un click sobre el *profile view* donde deseemos proponer nuestra rasante.



Con lo que se desplegará la ventana *Create Profile*, debemos especificar un nombre de perfil para diferenciarlo del perfil de terreno natural, si lo deseamos podemos agregar una breve descripción, dentro de la ventana podemos ver dos pestañas en la parte inferior, en la pestaña *General* en el campo *Profile Style* seleccionaremos la opción *Design Profile* de la lista desplegable, en el campo *Profile Label Set* seleccionaremos la opción *Complete Label Set* y finalmente daremos click en *OK*.



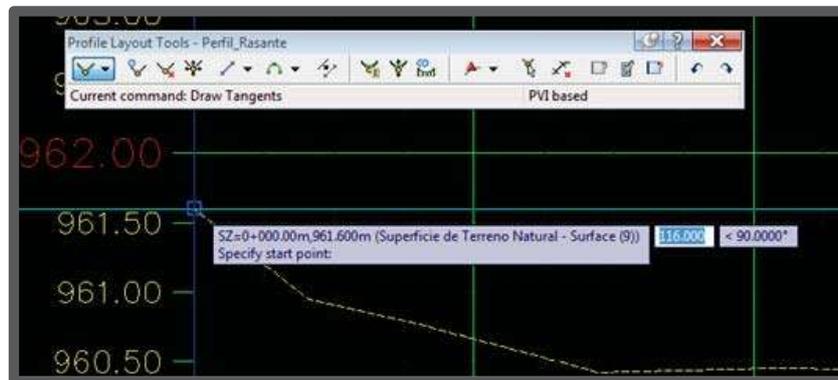
En seguida se visualizara la barra de herramientas *Profile Layout Tools*, que nos permite diferentes opciones para crear nuestra rasante.



Como primer paso dibujaremos las tangentes verticales de nuestra rasante, para ellos nos ayudaremos con el icono *Draw Tangents* ubicado en el extremo izquierdo de la barra de herramientas.



De esta manera podemos ir dibujando nuestras tangentes simplemente dando un click en los puntos donde queramos ubicar los puntos de inflexión vertical; cuando deseemos corregir o cambiar de ubicación algún PIV inmediatamente después de haberlo ubicado teclearemos la letra "U" y después enter con lo que el ultimo PIV y la ultima tangente vertical desaparecerán y nos ubicaremos en el PIV anterior a la tangente que borramos.



Cuando hemos terminado de dibujar todas las tangentes verticales de nuestra rasante, necesitaremos insertar las curvas verticales que unan dichas tangentes; como se menciona en el capítulo referente al alineamiento vertical la mejor manera de calcular la longitud de la curva vertical es obteniendo la diferencia algebraica de las pendientes de entrada y salida de la curva, con dicho valor obtenemos la longitud mínima de curva vertical que obtenemos de las graficas dependiendo de si es una curva en cresta o en columpio.

Utilizaremos como ejemplo el cálculo de la longitud de una de las curvas verticales de nuestra rasante.

Datos.

P1 = -1.34%

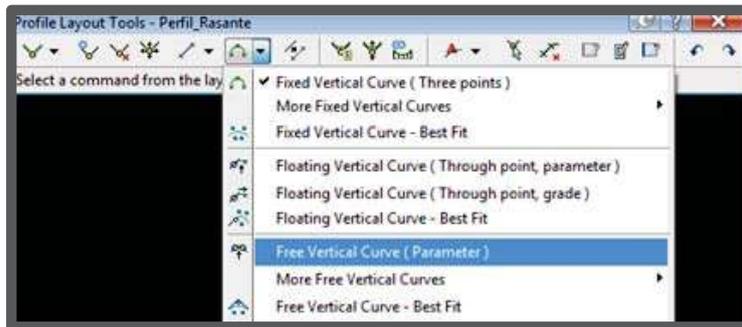
P2 = 11.79%

A= VALOR ABSOLUTO DE [- 1.34 - 11.79] = 13.13

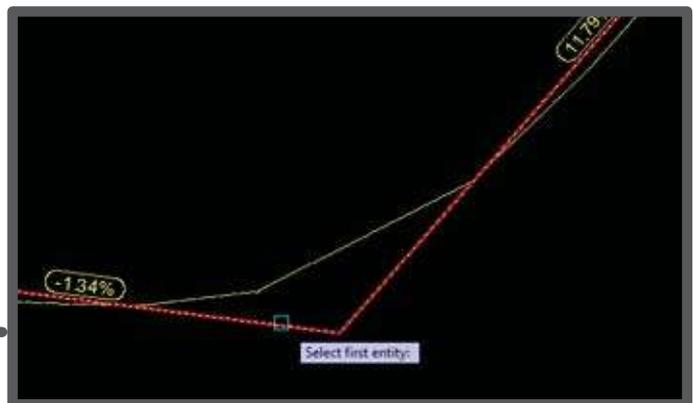
Con el valor que obtuvimos de la diferencia algebraica de pendientes “A”, y como la curva en cuestión es una curva en columpio, la longitud mínima será:

L = 90m.

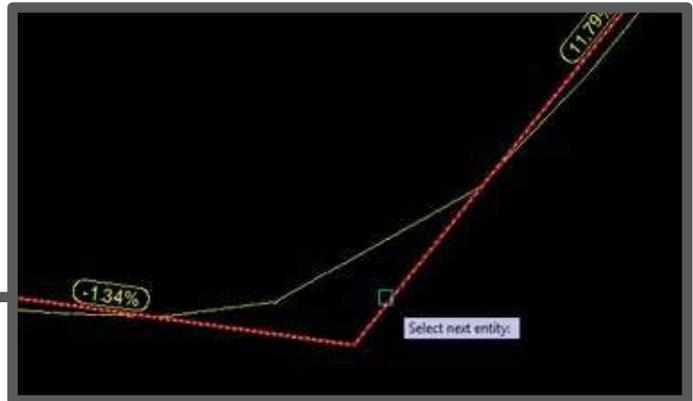
Ahora que sabemos cuánto debe medir la curva vertical, debemos dibujarla; para esto utilizamos la misma barra de herramientas *Profile Layout Tools*, buscamos el icono *Free Vertical Curve (Parameter)*. Esta opción nos permite dibujar una curva vertical seleccionando la tangente de entrada y salida y especificando la longitud que calculamos previamente.



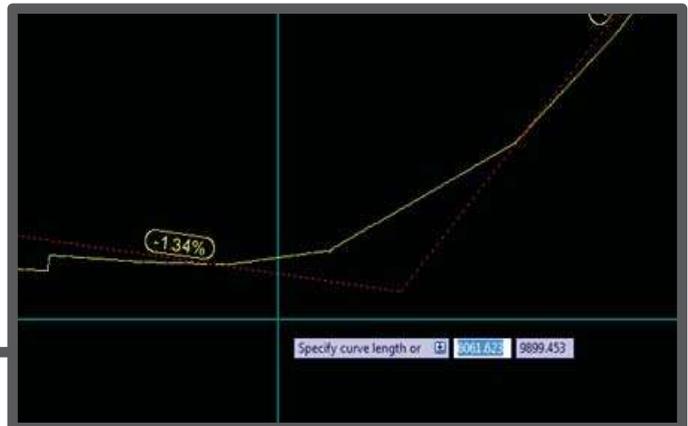
Podremos ver que el cursor adquiere una forma cuadrada y aparece la instrucción *Select First Entity*, entonces daremos click sobre la tangente de entrada de la curva vertical.



En seguida aparecera la instruccìon *Select Next Entity*, entonces daremos click sobre la tangente de salida de nuestra curva vertical.



El ùltimo paso para dibujar nuestra curva vertical es especificar la longitud de curva que hayamos calculado cuando aparezca la instruccìon *Specify Curve Length*.



Hecho lo anterior damos Enter y la curva aparecera lista, con sus rotulos y sus PCV y PTV claramente definidos.



Procediendo de esta manera dibujamos todas las curvas, siendo las únicas restricciones la longitud mínima que calculamos para cada curva y la distancia que exista entre un PIV y otro. Respecto a las etiquetas o rótulos para cada curva y PIV no hay que preocuparse, ya que he configurado previamente dichas etiquetas dentro de la plantilla de diseño elegida cuando comenzamos nuestro proyecto.

Para poder apreciar el perfil completo y a detalle es necesario ir al capítulo Anexos al final del presente trabajo; ya que por cuestiones de espacio fue imposible ubicar una figura con el perfil completo en páginas tamaño carta.

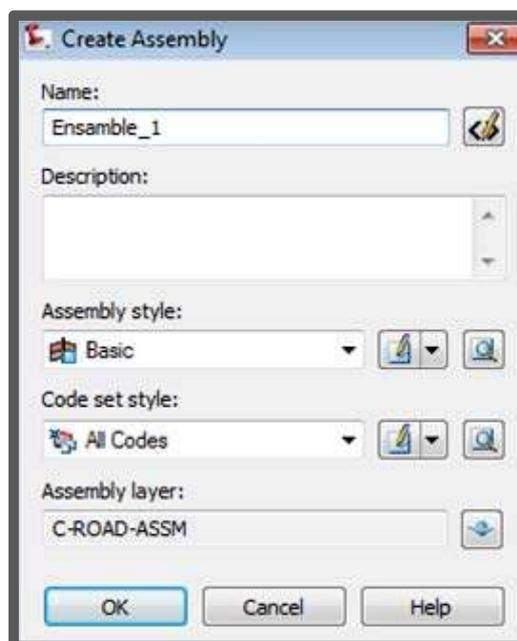
CAPÍTULO VII. GENERANDO UN MODELO VIRTUAL DEL CAMINO.

Como se menciono cuando comenzamos con la descripción del programa, Autocad Civil 3D tiene una secuencia bien definida de procesos, en el que en cada uno de ellos se va creando un elemento que servirá para comenzar con la proyección del siguiente y nos permitirá crear un modelo del camino, dicho modelo nos ayudara a obtener los elementos restantes de nuestro proyecto geométrico como las secciones de construcción, volúmenes y curva-masa.

VII.1 CREACIÓN DE UNA SECCIÓN TIPO (ENSAMBLE).

Una vez que terminamos la propuesta y configuración de los alineamiento vertical y horizontal; lo siguiente que debemos crear o definir es la sección tipo que aplicaremos en el modelado del camino, esta sección tipo se denomina *Assembly* o Ensamble; el cual contiene todas las configuraciones o características de una sección tipo en tangente, pero que contiene parámetros dinámicos que le permitirán seguir las especificaciones que hemos dado a cada una de las curvas del alineamiento.

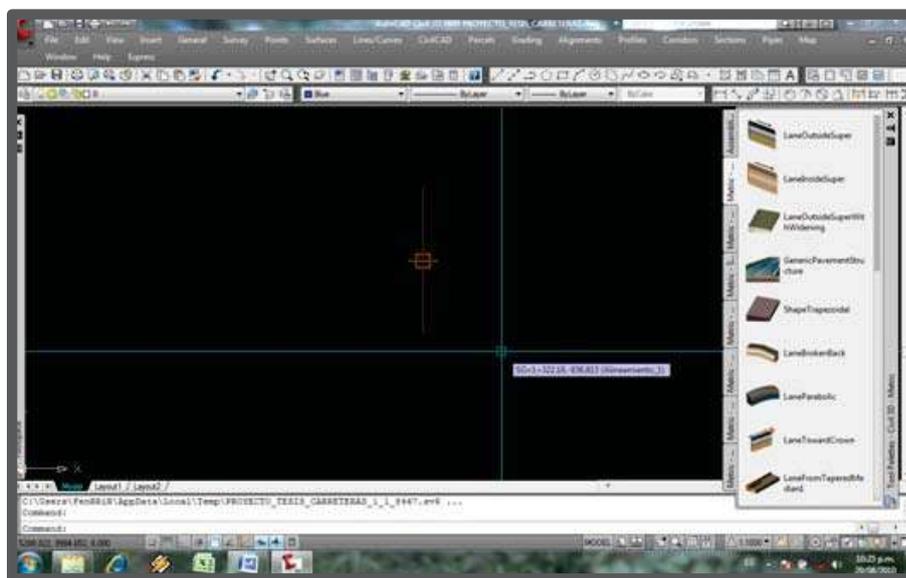
Para comenzar nos dirigiremos al menú *Corridors* y seleccionaremos la opción *Create Assembly* y se visualizara la ventana *Create Assembly*, en ella solo especificaremos el nombre de nuestra sección tipo o ensamble, en los demás campos no modificaremos nada ya que los valores que contienen son adecuados a nuestros propósitos así damos click en el botón *OK*.



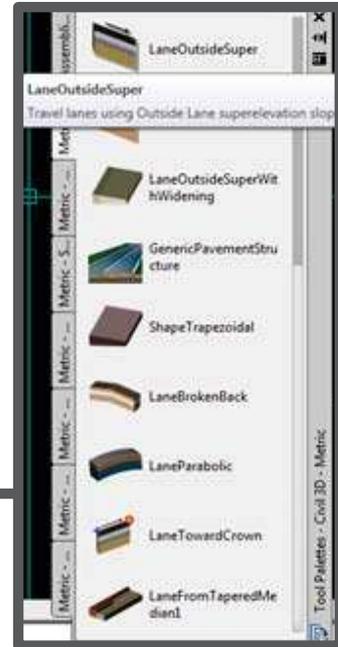
Después debemos especificar un punto sobre la ventana de dibujo el cual será el eje o centro de línea de nuestra sección tipo, será el punto central donde iremos agregando los elementos de nuestro ensamble, al igual que cuando creamos el *Profile View* recomiendo tener cuidado de elegir un punto donde el ensamble no se vaya a sobreponer sobre algún otro elemento de nuestro proyecto.



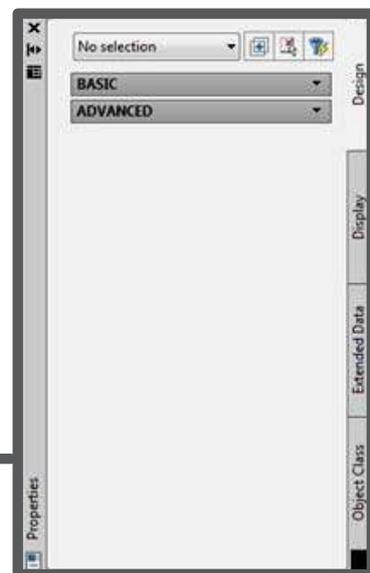
Después debemos especificar un punto sobre la ventana de dibujo el cual será el eje o centro de línea de nuestra sección tipo, será el punto central donde iremos agregando los elementos de nuestro ensamble, al igual que cuando creamos el *Profile View* recomiendo tener cuidado de elegir un punto donde el ensamble no se vaya a sobreponer sobre algún otro elemento de nuestro proyecto.



Lo primero que haremos será agregar los carriles de la superficie de rodamiento; para esto buscamos la pestaña llamada *Metric – Roadway* ubicada entre las pestañas del lado izquierdo de la *Tool Palettes* y seleccionaremos el primer elemento de la parte superior llamado *LaneOutsideSuper*.

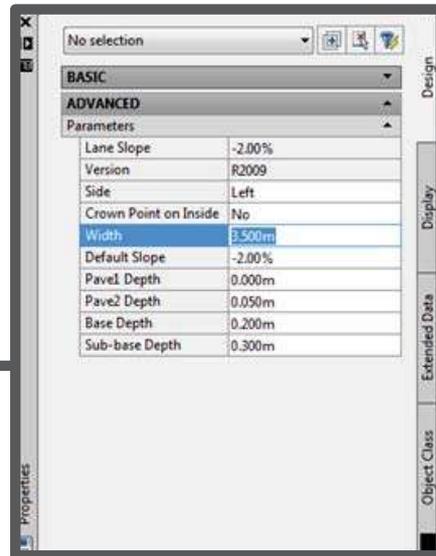


Con ello accederemos a la ventana *Properties* en la cual definiremos las características de los carriles, tal como estructura del pavimento, ancho de carril, bombeo, etc.



Primero que nada buscaremos la pestaña *Design* y seleccionaremos la colección *ADVANCED* con lo que se desplegara una lista de campos de los cuales solo modificaremos los valores de los siguientes:

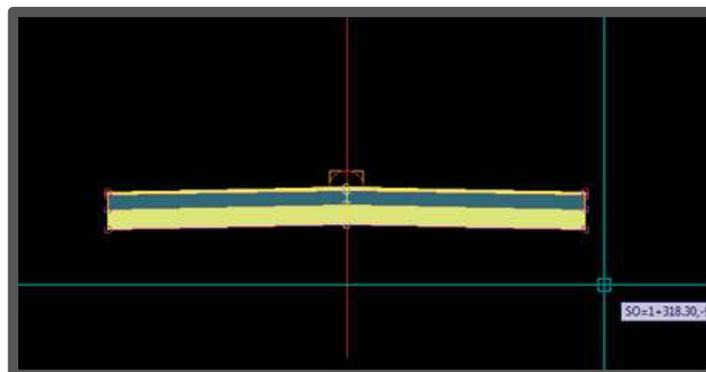
- **Sub-Base Depth** = 0.30m.
- **Base Depth** = 0.20m.
- **Pave2 Depth** = 0.05m
- **Pave1 Depth** = 0.00m.
- **Default Slope** = -2.00%
- **Width** = 3.50m.
- **Side** = Left.



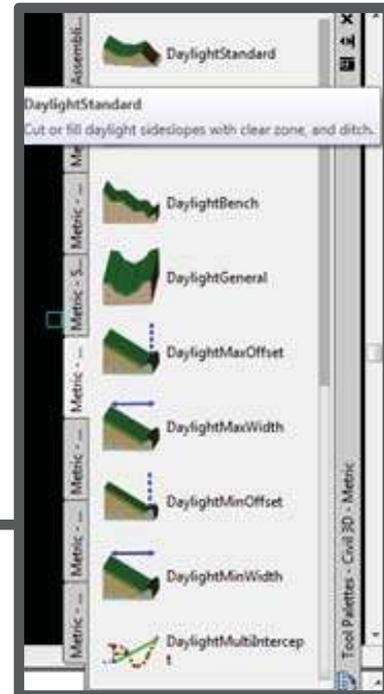
Los campos correspondientes a *Sub-Base*, *Base*, *Pave2* y *Pave1* corresponden a la estructura del pavimento; como mencione antes los datos que vayamos a introducir en estos campos no deben ser arbitrarios si no que deben corresponder a los resultados que arrojen los estudios de geotecnia y diseño de pavimentos realizados previo al proyecto geométrico del camino.

Una vez que hemos definido los valores necesarios se debe tener cuidado con el lado del ensamble que se especifica en el campo *Side*; ya que ese será el carril que se dibujara, así pues como especificamos el lado *Left* dibujaremos primeramente el carril izquierdo dando un click en el recuadro central de la *Baseline* pero del lado izquierdo.

Para dibujar el carril izquierdo simplemente debemos modificar el valor del campo *Side*, de *Left* a *Right* en la ventana *Properties*. Una vez hecho esto podemos visualizar los carriles de la superficie de rodamiento.



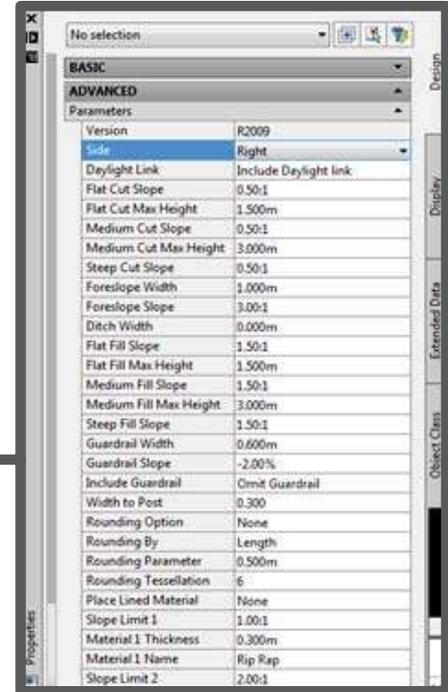
Lo siguiente será agregar los taludes de corte y terraplén, incluyendo las cunetas. Para esto buscamos la pestaña *Metric - Daylight* de la ventana de herramientas *Tool Palettes* y seleccionaremos el primer elemento llamado *DaylightStandard*.



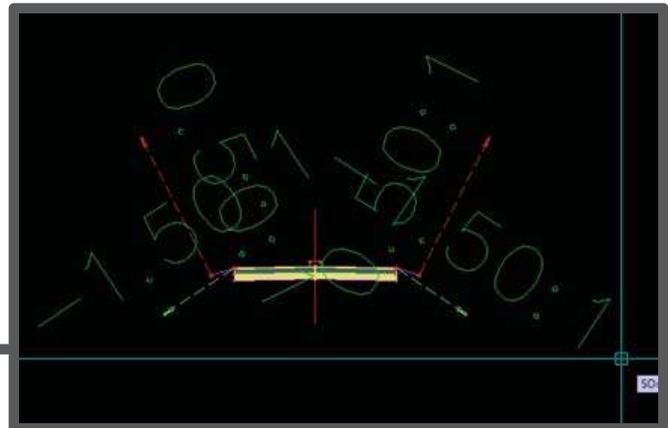
Al igual que cuando configuramos los carriles, la ventana *Properties* se visualizara y en ella dentro de la pestaña *Design* buscaremos la colección *ADVANCED* y la seleccionaremos desplegándose la lista de parámetros que podemos modificar, de esta lista modificaremos los siguientes campos especificando los siguientes valores:

- **Steep Fill Slope** = 1.50:1
- **Médium Fill Slope** = 1.50:1
- **Flat Fill Slope** = 1.50:1
- **Ditch Width** = 0.00m.
- **Foreslope Slope** = 3.00:1
- **Foreslope Width** = 1.00m.
- **Steep Cut Slope** = 0.50:1
- **Medium Cut Slope** = 0.50:1
- **Flat Cut Slope** = 0.50:1
- **Side** = Right.

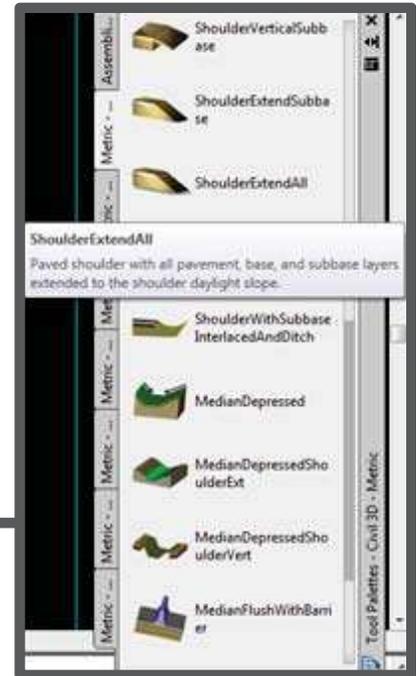
Al igual que con los valores de la estructura de pavimento, el valor que definiremos para el talud de corte será definido por el resultado que arrojen los estudios de geotecnia, para el presente caso usaremos los valores más usuales para taludes de terraplén y corte.



Con la configuración anterior podemos dibujar los taludes derechos ya que hemos especificado ese lado, para dibujar los taludes izquierdos cambiaremos el valor del campo *Side* de *Right* por *Left* y simplemente daremos click en círculo que se ubica en los extremos o más bien en los hombros de la superficie de rodamiento, de esta manera se dibujaran los taludes.

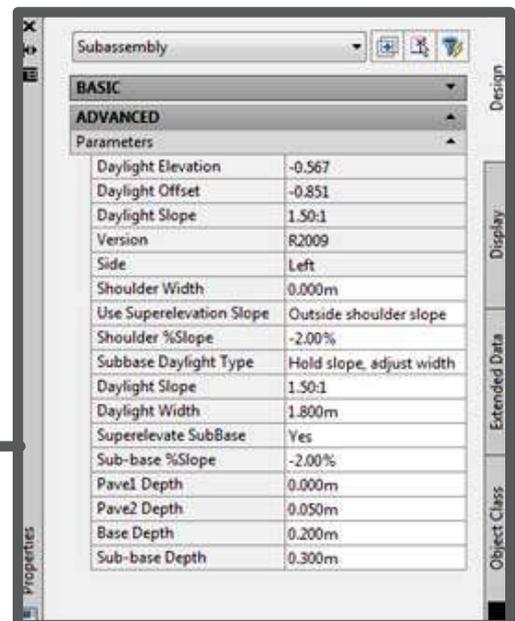


Como el espacio entre los taludes de corte o terraplén y la estructura del pavimento forma una cuña triangular vacía, debemos agregar otro elemento para cuantificar el material en esas cuñas; nuevamente buscaremos la pestaña *Metric - Roadway* pero en esta ocasión buscaremos el elemento llamado *ShoulderExtendedAll* y lo seleccionaremos.

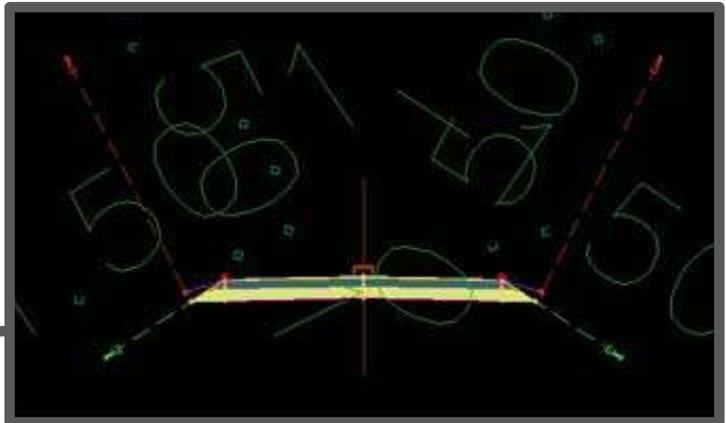


Nuevamente aparecerá la ventana *Properties* y en la colección *ADVANCED* definiremos los valores en los siguientes campos:

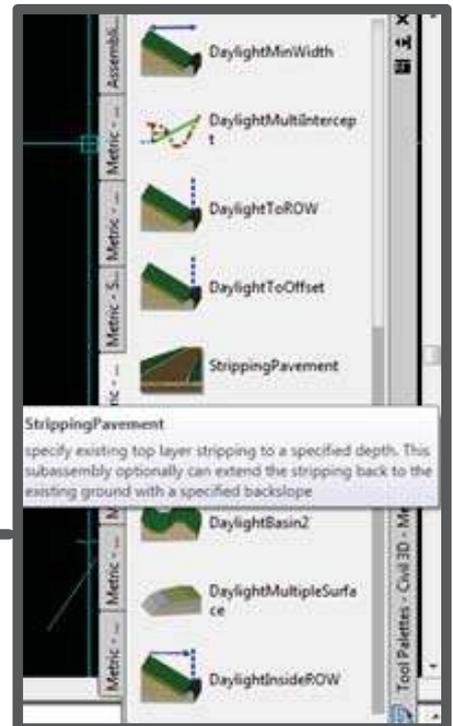
- **Sub-Base Depth** = 0.30m.
- **Base Depth** = 0.20m.
- **Pave2 Depth** = 0.05m
- **Pave1 Depth** = 0.00m.
- **Sub-Base Slope** = -2.00%
- **Superelevate SubBase** = Yes.
- **Daylight Slope** = 1.50:1
- **SubBase Daylight Type** = Hold Slope, Adjust Width.
- **Use Superelevation Slope** = Outside Shoulder Slope.
- **Shoulder Width** = 0.00m.
- **Side** = Left.



Cuando se han introducido todos los valores simplemente hay que dar click sobre los hombros de la superficie de rodamiento y los hombros se dibujaran.

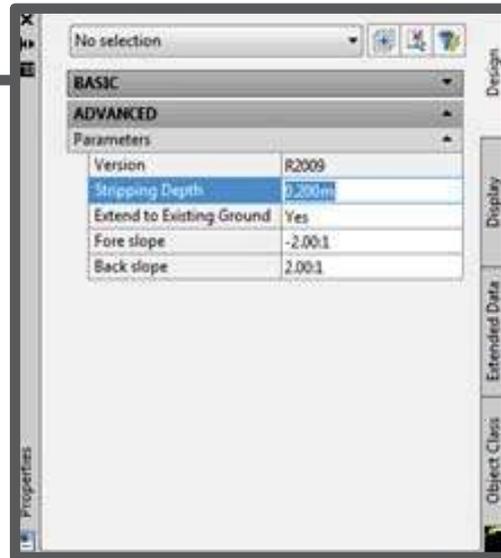


Ya casi hemos terminado de configurar nuestro ensamble, únicamente falta agregar y configurar el despalme; de la misma manera en la *Tool Palettes* buscaremos en la pestaña *Metric - Daylight* el elemento llamado *Stripping Pavement* y lo seleccionaremos.

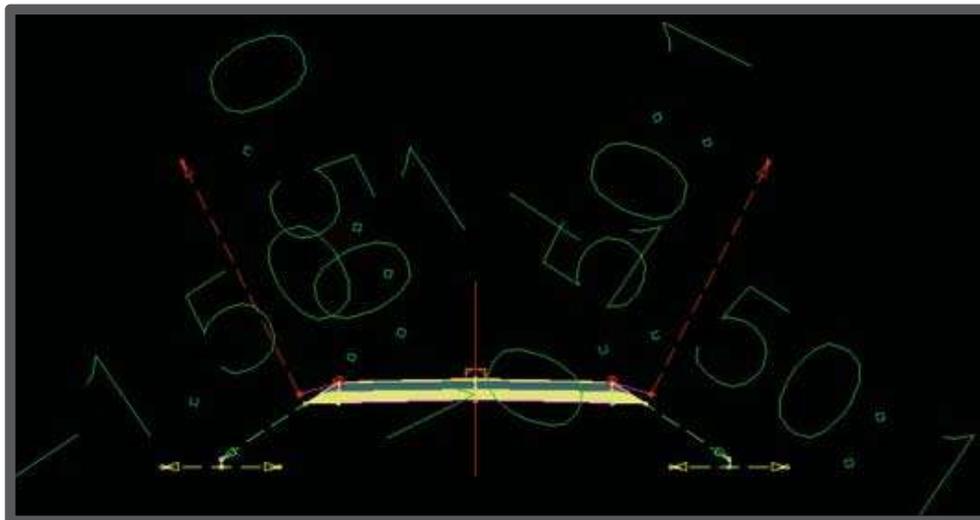


Cuando la ventana *Properties* se despliega debemos introducir los siguientes valores:

- *Stripping Depth* = 0.20m.



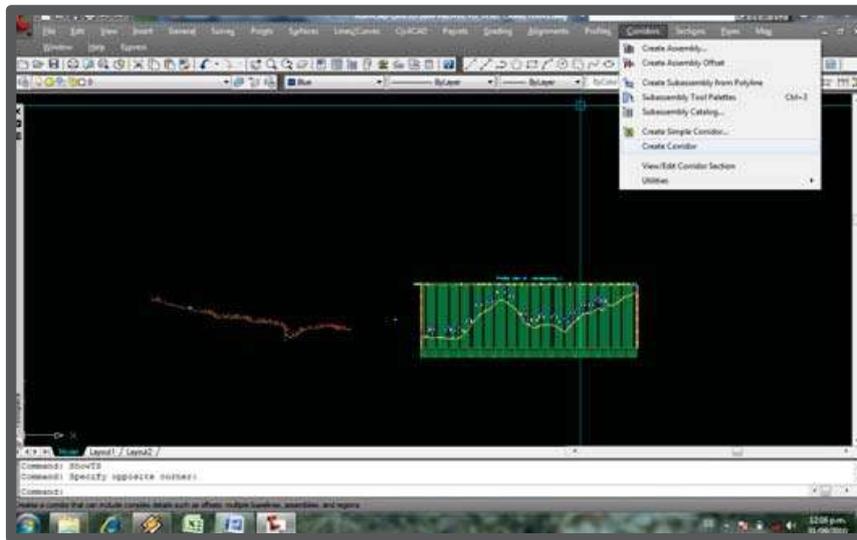
En este caso para ubicar el despalme buscaremos las flechas que indican los taludes de terraplén izquierdo y derecho y daremos un click en el extremo de cada una de ellas y habremos terminado nuestro ensamble, que terminado se ve de la siguiente forma:



VII.2 GENERANDO EL MODELO VIRTUAL DEL CAMINO (CORREDOR).

Una de las razones por las que Autocad Civil 3D es un paquete computacional tan exitoso y utilizado en los últimos años es porque nos permite crear un modelo virtual de la obra que estemos proyectando, en nuestro caso el modelado virtual de un camino; dicho modelo virtual se denomina *Corridor* o Corredor y se basa principalmente en los datos topográficos de la superficie de terreno natural que hemos creado, del alineamiento y la rasante que hemos propuesto y del ensamble o sección tipo que definimos para nuestro proyecto; conjugando todos estos elementos Autocad Civil 3D crea el modelo de la carretera del cual posteriormente podremos obtener las secciones de construcción.

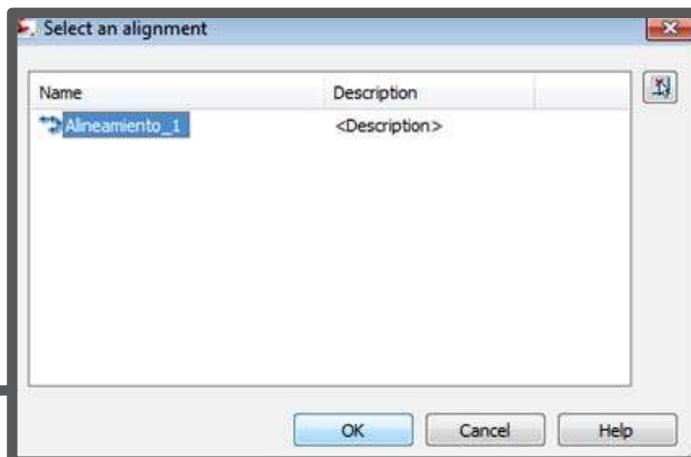
Para iniciar con la creación del Corredor nos dirigiremos al menú *Corridors* de la barra de menús, y seleccionaremos la opción *Create Corridor*.



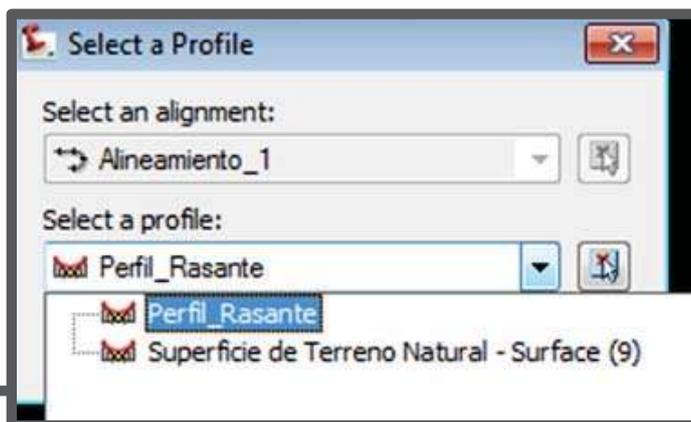
El cursor del ratón tomara la forma de un pequeño cuadrado y programa nos pedirá que seleccionemos el alineamiento que usaremos para definir el corredor o también podemos simplemente teclear Enter para desplegar una lista de la cual podemos elegir el alineamiento.



Teclaremos Enter con lo que se visualizara la ventana *Select an Alignment* y de la lista que aparece elegiremos el alineamiento que creamos.



Cuando hemos seleccionado el alineamiento, nuevamente el cursor adquirirá la forma de selección pero en este caso nos pedirá que elijamos el perfil que definirá las elevaciones de nuestro corredor o dar enter para elegir de una lista, tecleamos Enter y se desplegara la ventana *Select a Profile*, en ella debemos tener cuidado de elegir el perfil de la rasante que propusimos y una vez que la seleccionamos damos click en el botón *OK*.

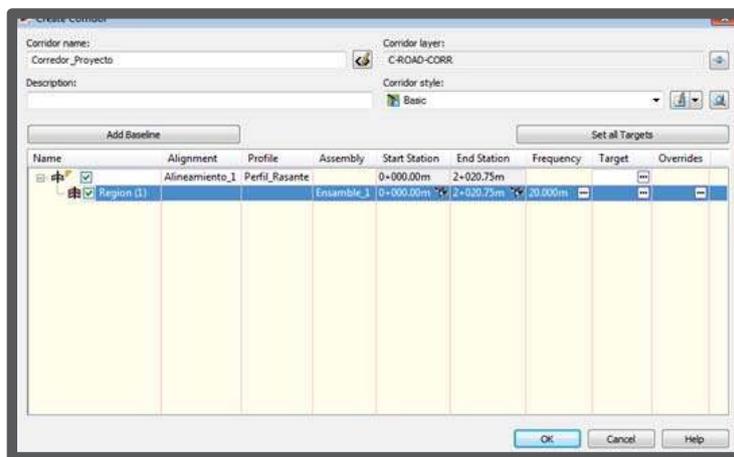


Finalmente el programa nos pedirá que seleccionemos con el ratón el ensamble que definirá las características de nuestro camino o que tecleemos Enter para elegir de una lista, como en los dos anteriores teclearemos Enter y en la ventana *Select an Assembly* elegiremos el ensamble que definimos para nuestro proyecto.



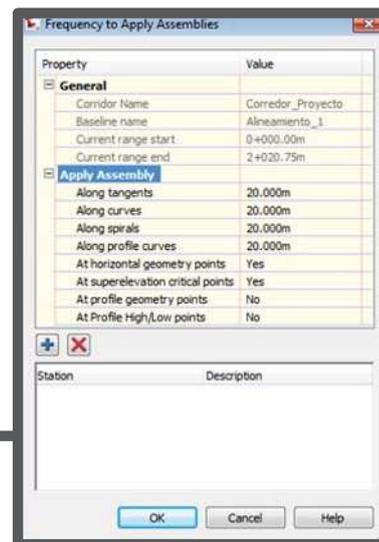
Cuando hemos seleccionados los tres elementos que definirán nuestro Corredor; alineamiento, perfil y ensamble; la ventana *Create Corridor* se hará visible, en ella configuraremos otros datos importantes como la frecuencia a la que el programa aplicara el ensamble para modelar el camino, la superficie de terreno natural que tomara como referencia o la forma en que definiremos los hombros de la superficie de rodamiento.

Primero definiremos un nombre para nuestro corredor en el campo Corridor Name que para nuestro caso hemos llamado “*Corredor_Proyecto*”; más abajo podemos ver una parte con muchas columnas en las que podemos definir o cambiar las características de nuestro corredor.

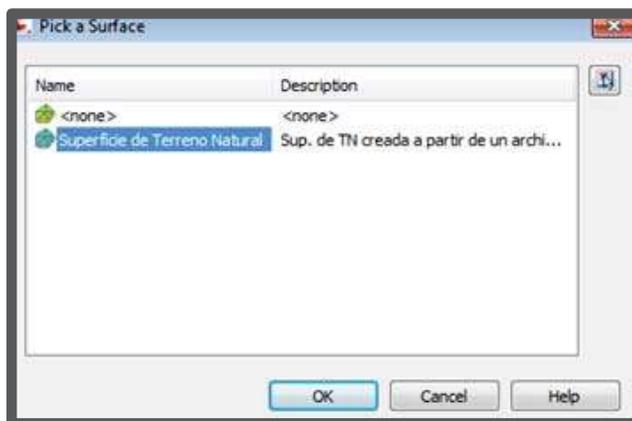


Localizaremos la columna *Frequency* y cuando demos click en ella se visualizara la ventana *Frequency to Apply Assemblies*, podremos ver que contiene dos colecciones, solamente modificaremos los valores de los campos dentro de la colección *Apply Assembly* y de ellos solo modificaremos los siguientes con los valores que se muestran a continuación:

- **Along Tangents** = 20.00m.
- **Along Curves** = 20.00m.
- **Along Spirals** = 20.00m.
- **Along Profile Curves** = 20.00m.
- **At Horizontal Geometry Points** = Yes.
- **At Superelevation Critical Points** = Yes



Lo siguiente es especificar los elementos que definirán los límites de nuestro corredor o que se tomaran como referencia para ubicar los hombros de la superficie de rodamiento y los ceros de construcción de los taludes de corte y terraplén. Para esto damos click en el botón *Set All Targets* y se abrirá la ventana *Target Mapping*, en ella encontraremos tres colecciones con elementos que definirán las características mencionadas anteriormente; en la colección *Surfaces* en la columna *Object Name* daremos click en el botón *<Click Here to Set All>* con lo que se desplegara la ventana *Pick a Surface* en la que seleccionaremos la superficie creada por nosotros y que nombramos *Superficie de Terreno Natural*; esto indicara al programa que tome como límite de los taludes de corte y terraplén la superficie especificada por nosotros.



Lo siguiente que debemos hacer es especificar los hombros de la superficie de rodamiento incluyendo la ampliación de la corona en las curvas horizontales, esto se hará siguiendo las polilíneas que dibujamos a ambos lados del alineamiento; para ello en la colección *Width or Offset Targets* daremos click en la columna *Object Name* correspondiente a cada uno de los cuatro elementos que componen la colección.

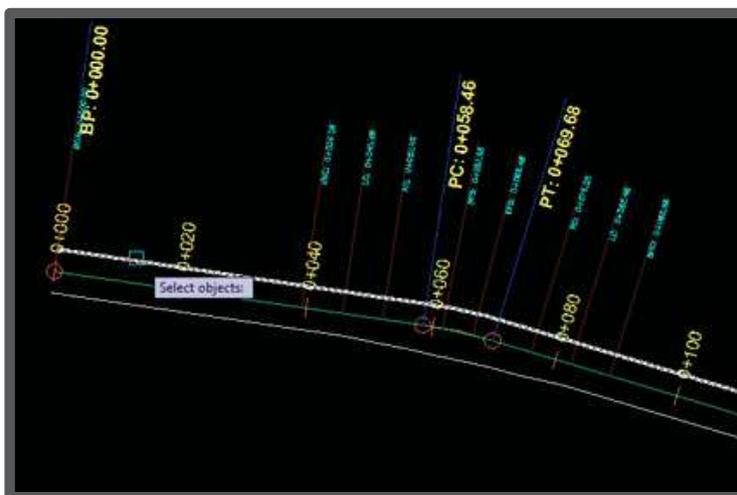
Antes de continuar debemos observar que en la columna *Assembly Group* dos elementos de la colección están definidos como *Group - (14)* y los dos restantes están definidos como *Group - (15)*; esto indica que pertenecen a uno de los dos grupos de elementos que componen el ensamble que hemos creado y la distinción entre grupo 14 y grupo 15 nos indica a qué lado del ensamble corresponde, por lo que es importante tomar nota de qué lado corresponde a cada grupo al momento que creamos el ensamble; para nuestro caso el *Group - (14)* corresponde al lado izquierdo y el *Group - (15)* corresponde al lado derecho.

Sabiendo esto, podemos dar click en el primer elemento *Width Alignment* para especificar los hombros; se desplegara la ventana *Set Width or Offset Target* y en el primer campo llamado *Select Object Type to Target* seleccionaremos la opción *Feature Lines, Survey Figures Polylines*; esto nos permitirá seleccionar la polilínea que definirá el hombro derecho o izquierdo de acuerdo al grupo del elemento que estemos editando, como en este caso el elemento pertenece al *Group - (14)* debemos seleccionar la polilínea izquierda.

TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPÍTULO VII. GENERANDO UN MODELO VIRTUAL DEL CAMINO.

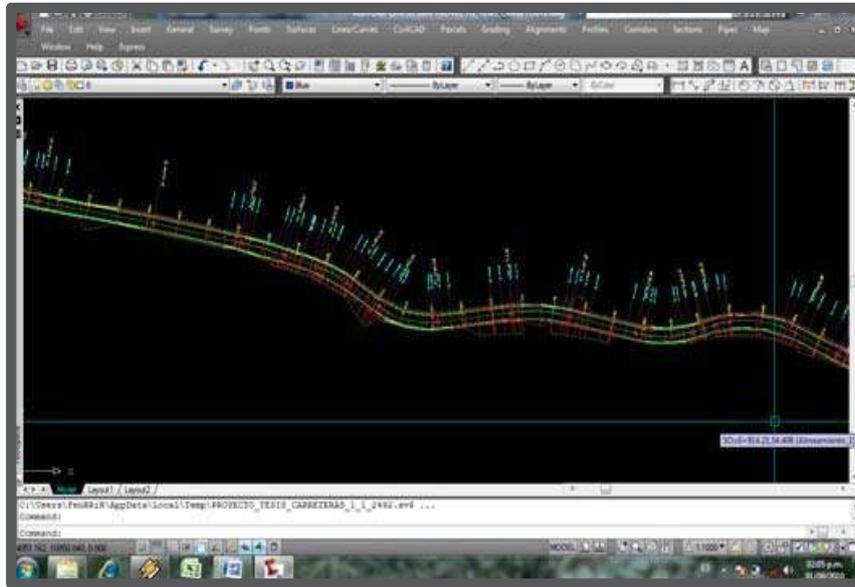


Daremos click en el botón *Select From Drawing* lo que nos permitirá localizar y seleccionar con el cursor del ratón la polilinea que se ubica a la izquierda de nuestro alineamiento.



Procederemos de la misma forma para los siguientes tres elementos de la colección, teniendo cuidado de observar el grupo al que pertenece el elemento que estemos editando y elegir la polilinea del lado correspondiente a dicho grupo. Cuando hemos terminado esta operación damos click en el botón *OK* de la ventana *Target Mapping y Create Corridor*; entonces el programa comenzara a crear el modelo de nuestra carretera de acuerdo a todos los parámetros que hemos definido hasta este momento, esta operación puede tomar desde algunos minutos hasta una hora dependiendo de la complejidad de nuestro proyecto y de su longitud.

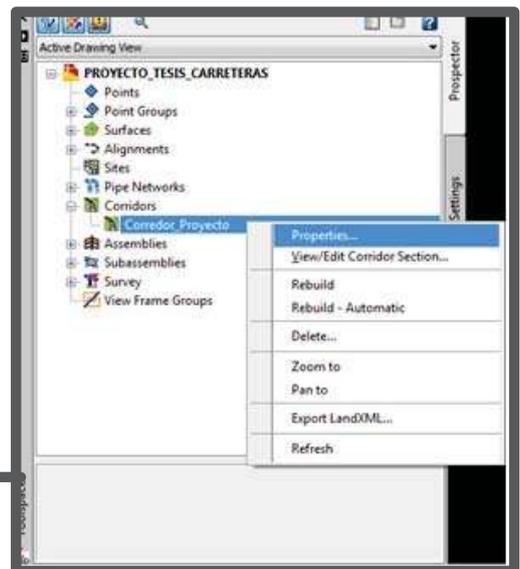
A continuación se puede observar el corredor modelado sobre nuestro alineamiento.



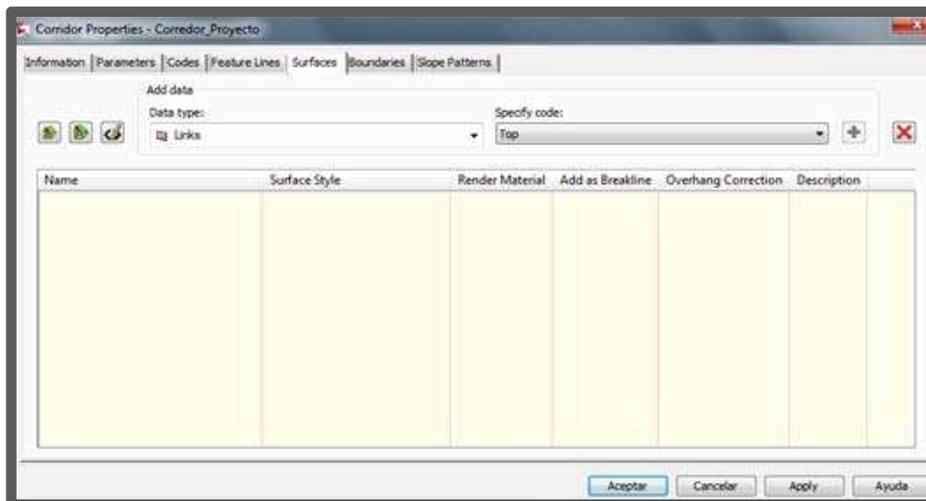
VII.3 AGREGANDO UNA SUPERFICIE AL MODELO DEL CAMINO (SUPERFICIE DEL CORREDOR).

Hemos creado el corredor pero aun es como la armazón de una tienda de campaña, para que realmente sirva de algo necesitamos crear la cubierta que llene los espacios vacios de la armazón y la manera de hacer esto es crear una superficie . Esta superficie será el equivalente al nivel de piso terminado ya que adoptara la forma de la parte superior del corredor.

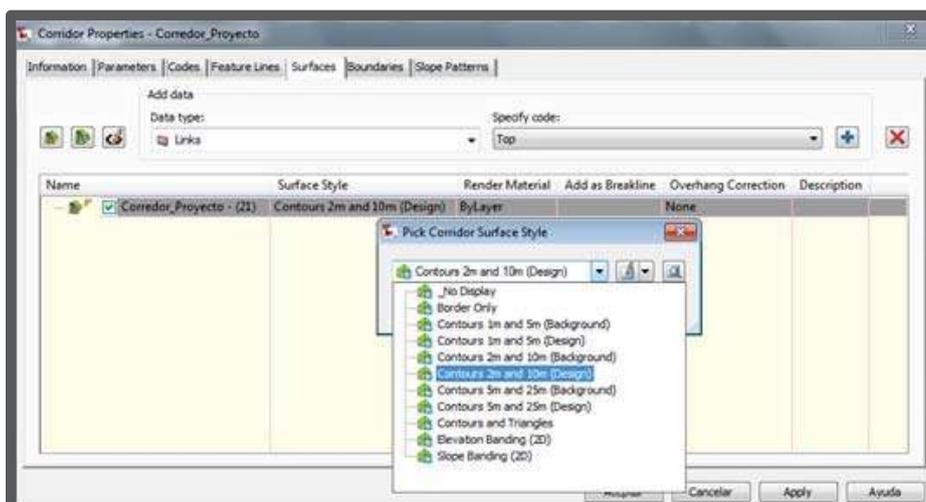
Para crear la superficie de piso terminado esta vez utilizaremos la *Toolspace*; en ella localizaremos y seleccionaremos la colección *Corridors* desplegando su contenido y sobre el corredor que hemos creado daremos click con el botón derecho con lo que se desplegara un menú, del cual seleccionaremos la primera opción llamada *Properties*.



Con esto se visualizará la ventana *Corridor Properties*.

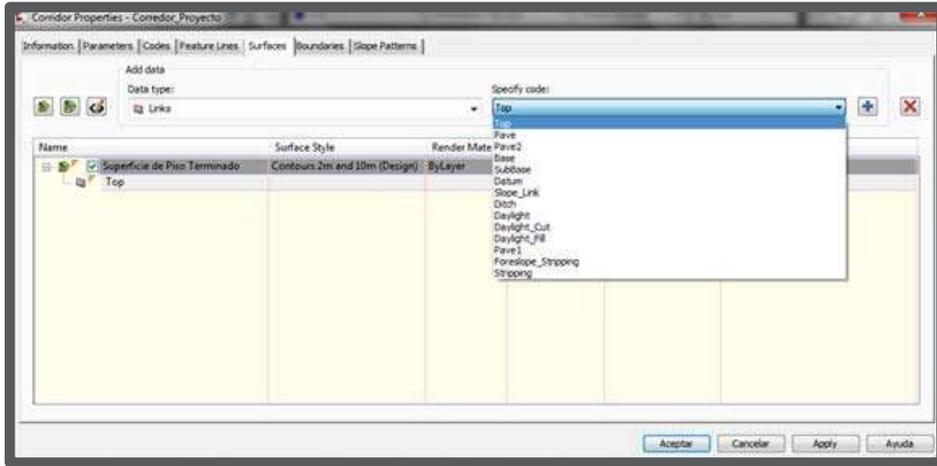


Lo primero que haremos será localizar la pestaña *Surfaces* y dentro de ella buscaremos el icono *Create a Corridor Surface*  ubicado en la parte superior izquierda de la ventana, cuando demos click en él se agregará una superficie a la lista inferior a la cual podemos modificar sus características, primero especificaremos el nombre de la superficie, para nuestro caso será “*Superficie de Piso Terminado*”; al igual que cuando creamos la superficie de terreno natural podemos elegir un estilo de superficie, configurado para que la visualización de la superficie de piso terminado no se confunda con la superficie de terreno natural; por lo que daremos click en la columna *Surface Style* y en la ventana que aparece llamada *Pick Corridor Surface Style* elegiremos el estilo *Contours 2m and 10m (Design)*.

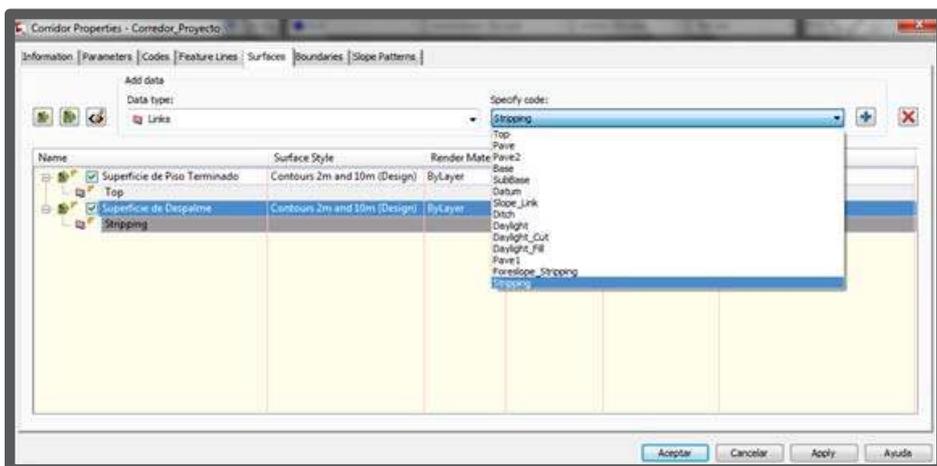


TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPÍTULO VII. GENERANDO UN MODELO VIRTUAL DEL CAMINO.

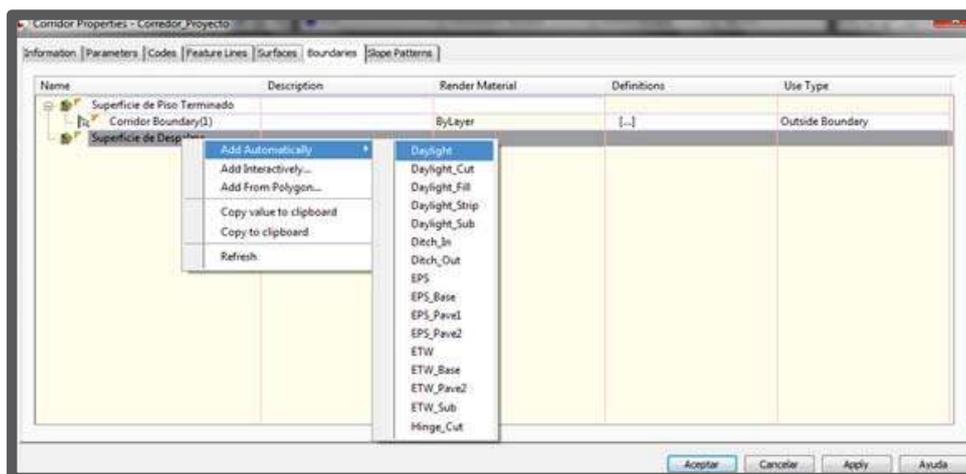
Teniendo el estilo de superficie definido, debemos especificar en qué nivel del corredor se generara la superficie, ya que podemos generar la superficie en alguna de las capas del pavimento, a nivel del corte o terraplén, despalme, etc.; para el caso de la superficie que creamos necesitamos que la superficie se genere en la parte superior del corredor, por lo que en la sección llamada *Add Data* en el campo *Data Type* seleccionaremos el valor *Links* y en el campo *Specify Code* seleccionaremos el valor *Top*.



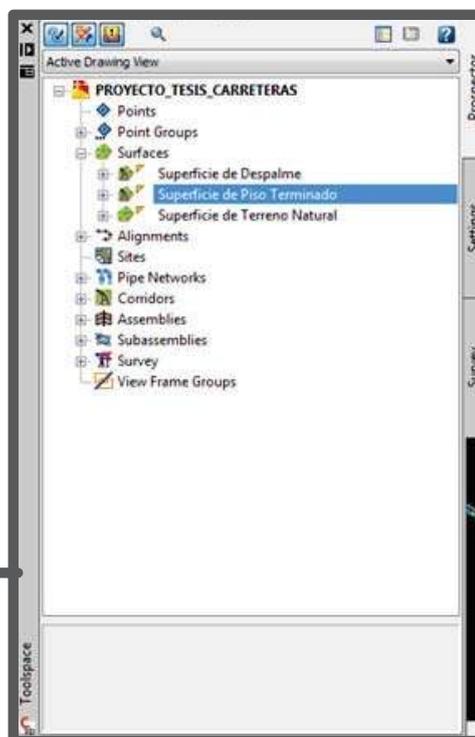
De esta manera la superficie seguirá la corona y los taludes del camino; lo siguiente que haremos será crear la superficie del despalme que nos servirá para visualizar el mismo en las secciones y cuantificar su volumen, lo haremos de la misma manera que como creamos la superficie de piso terminado, pero esta se llamara *Superficie de Despалme*, seleccionaremos el mismo estilo de superficie pero seleccionaremos el valor *Stripping* en el campo *Specify a Code*.



Para definir los límites o los puntos hasta donde se crearan las superficies nos dirigiremos a la pestaña *Boundaries*, en ella encontraremos varias columnas y en la primera de ellas estarán las dos superficies que hemos creado para el corredor, daremos un click con el botón derecho sobre cada una de ellas y del submenú que aparece elegiremos la primera opción llamada *Add Automatically* y seleccionaremos el valor *Daylight*, con esto las superficies de nuestro corredor se extenderán no mas allá de los taludes de corte o terraplén.



Hecho lo anterior damos click en el botón de *Aceptar* y las superficies se crearan; podemos visualizarlas en la ventana *Toolspace*.

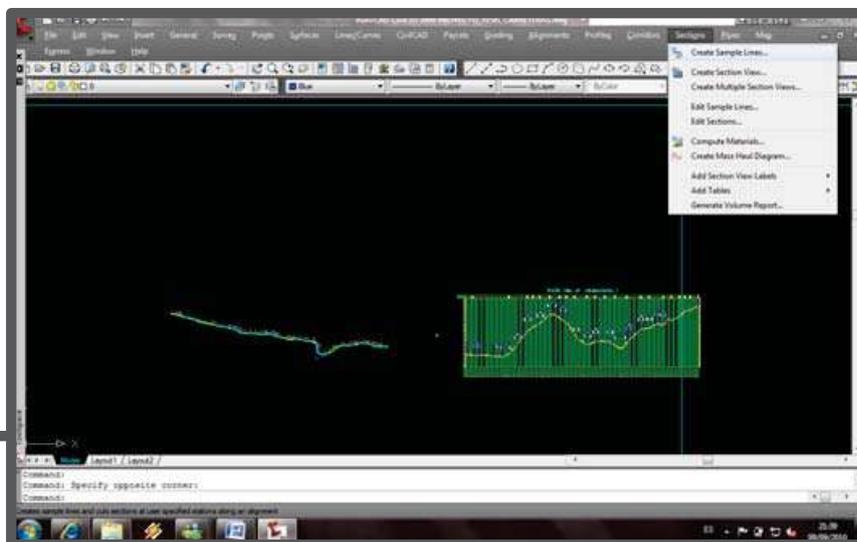


CAPÍTULO VIII. GENERANDO SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN.

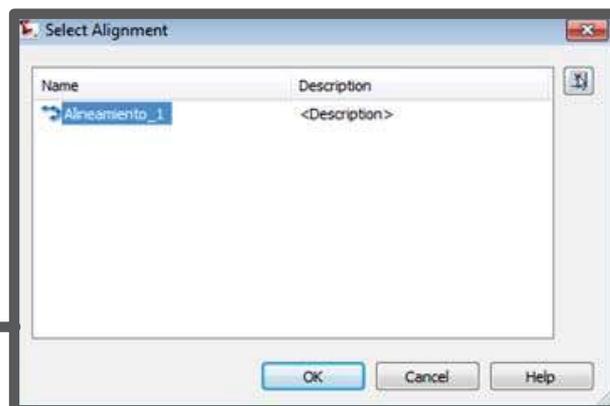
VIII.1 CREACIÓN DE LAS LINEAS DE SECCIONAMIENTO.

Una vez que hemos terminado de modelar nuestro camino, podemos obtener secciones del camino, para esto necesitamos crear primero las Líneas de Seccionamiento o *Sample Lines* las cuales son un conjunto de líneas perpendiculares al eje del camino que se generan de acuerdo al cadenamiento del camino; cada una de estas líneas de seccionamiento servirá para generar las secciones de construcción con cada uno de los elementos que las conforman.

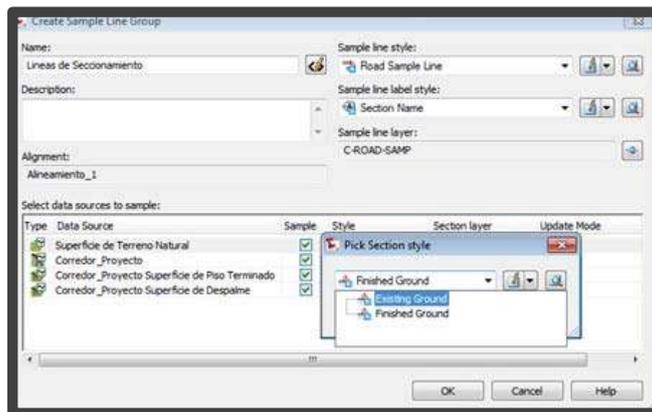
Para esto nos dirigiremos al menú *Sections* y elegiremos la opción *Create Sample Lines*.



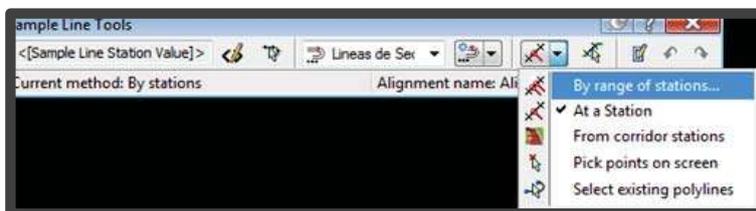
Con lo que el programa nos pedirá que seleccionemos un alineamiento o podemos presionar Enter y elegir de una lista, en este caso teclearemos enter y seleccionaremos el alineamiento que hemos creado previamente.



Podremos ver la ventana *Create Sample Line Group*, lo primero que haremos será definir un nombre para nuestro grupo de líneas de seccionamiento, en este caso las llamaremos simplemente “*Líneas de Seccionamiento*”; en la parte inferior de la ventana encontraremos el área llamada *Select Data Sources to Sample* la cual contiene todas las superficies que hemos creado, lo que haremos únicamente será modificar el valor de la columna *Style* para la superficie de terreno natural, elegiremos para esta el estilo *Existing Ground* y daremos click en *OK*.



En la barra de herramientas *Sample Line Tools*, seleccionaremos la opción *By Range of Stations*, lo que nos permite crear nuestro grupo de líneas de seccionamiento eligiendo el cadenamamiento inicial y final.



Veremos que se despliega la ventana *Create Sample Lines – By Station Range*, la cual contiene dos columnas y en ella modificaremos los siguientes campos:

Left Swath Width.

- *Width* = 10m.

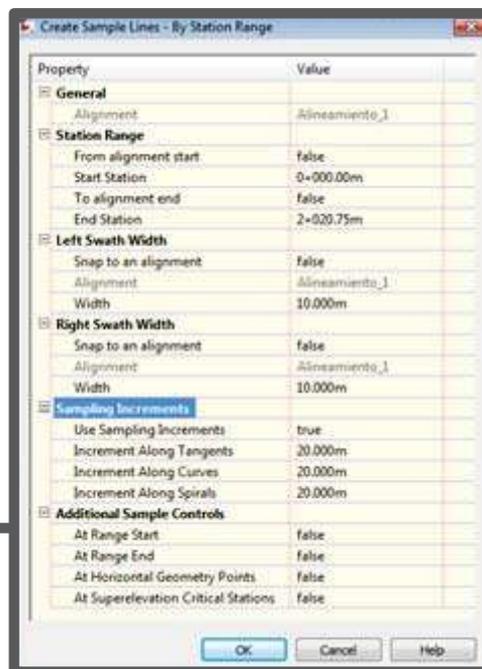
Right Swath Width.

- *Width* = 10m.

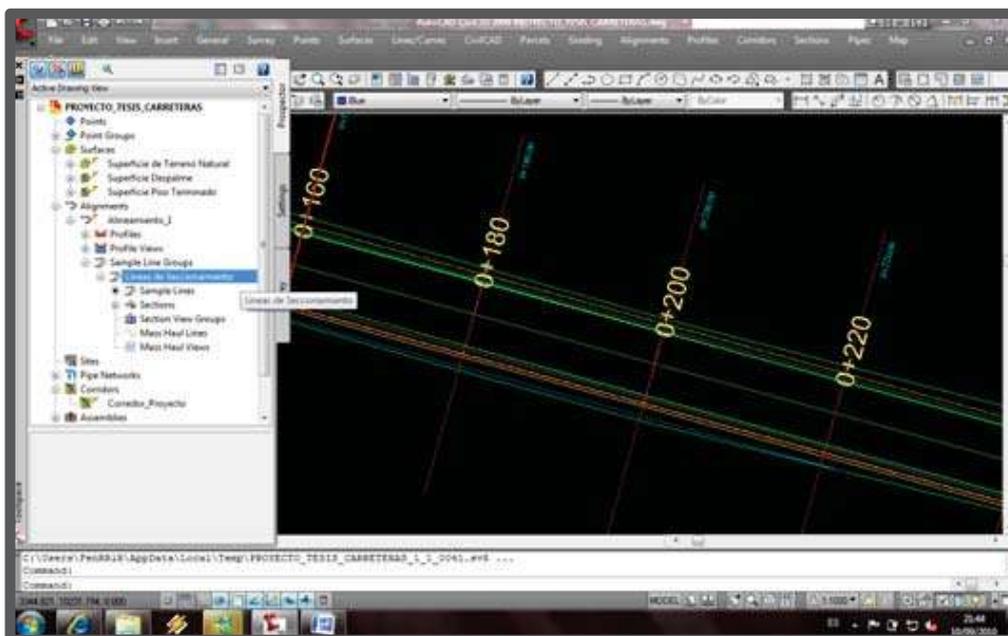
Sampling Increments.

- *Use Sampling Increments* = True.
- *Increment Along Tangents* = 20.0m.
- *Increment Along Curves* = 20.0m.
- *Increment Along Spirals* = 20.0m.

Dejaremos los valores propuestos para los demás campos y daremos click en OK.



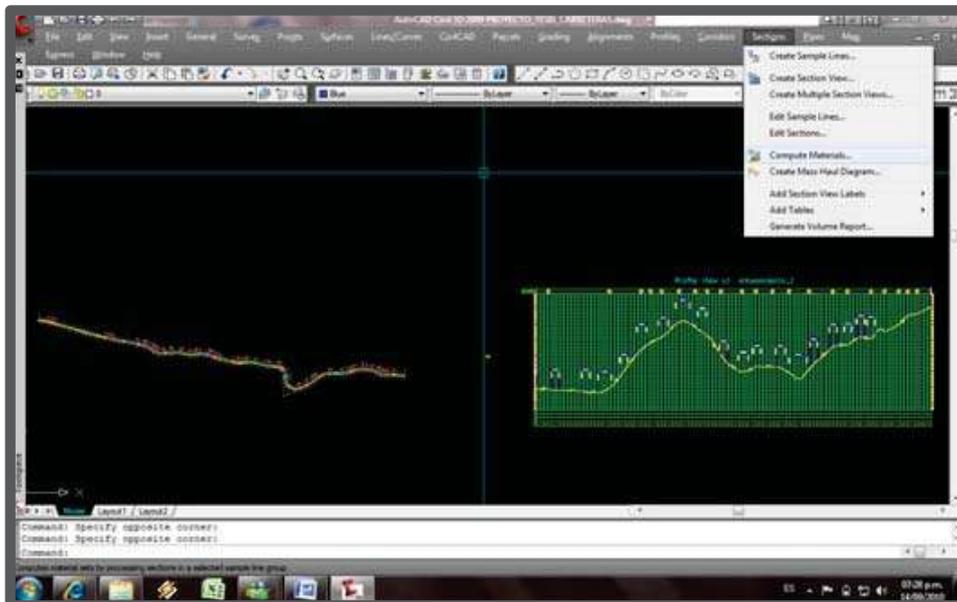
Finalmente teclaremos la tecla Esc para finalizar el comando y podremos ver las líneas de seccionamiento creadas sobre el alineamiento.



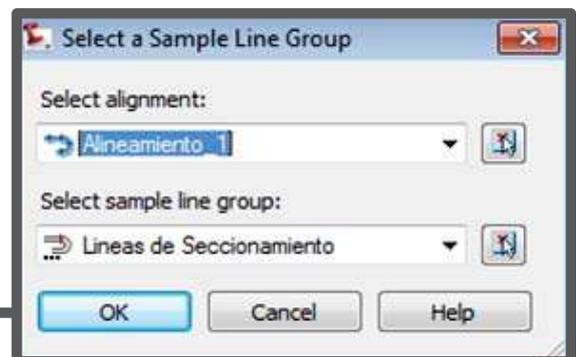
VIII.2 CREACIÓN DE CUADROS DE ÁREAS PARA LAS SECCIONES.

Antes de continuar hare una aclaración, para poder crear las etiquetas que contengas los datos de las áreas será necesario realizar un procedimiento que a primera vista parece innecesario, ya que al generar los volúmenes Autocad Civil 3D comete pequeños errores que pueden ser corregidos y que se explicará mas a detalle un poco mas adelante; como decia el propósito de generar volúmenes con Autocad Civil 3D es simplemente para aprovechar los cuadros de áreas que son creados cuando se generan los volúmenes.

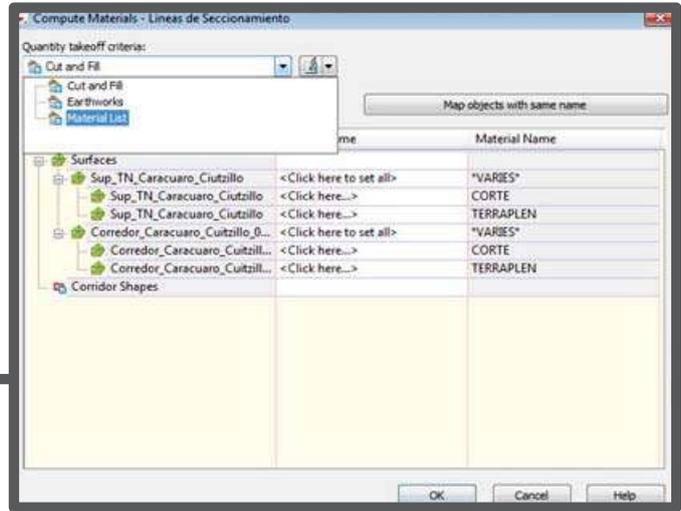
Para empezar nos dirigimos a la barra de menús y localizamos el menú *Sections* y seleccionaremos la opción *Compute Materials*.



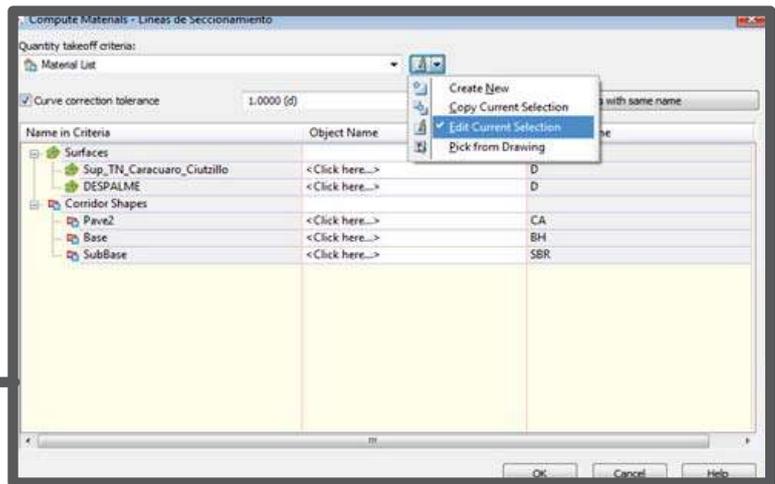
Aparecerá la ventana *Select a Sample Line Group*, en la cual debemos elegir el alineamiento y el grupo de líneas de seccionamiento que hemos creado.



Damos click en el botón de *OK* y de visualizara la ventana *Compute Materials*, en ella localizaremos el campo llamado *Quantity Takeoff Criteria* y de la lista desplegable seleccionaremos la lista *Material List*.



Una vez que elegimos la lista adecuada, daremos click en el icono *Edit Current Selection* para agregar o modificar los materiales que necesitemos para nuestras secciones.

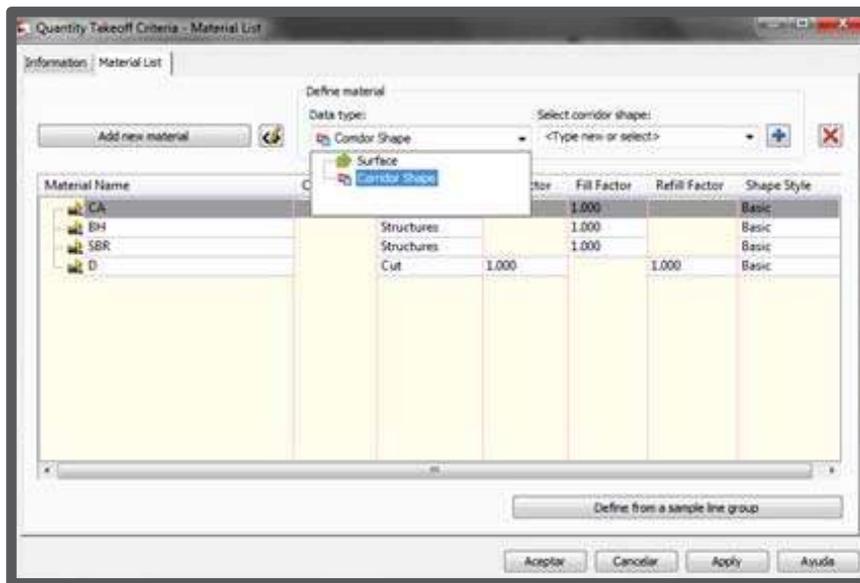


Daremos click en *OK* y se visualizara la ventana *Quantity Takeoff Criteria*, en ella aparecen varios materiales por default los cuales eliminaremos con el botón *Delete* y agregaremos cuatro materiales nuevos con ayuda del botón *Add New Material*, los cuales representan la estructura del pavimento y el despalme; cada uno de estos llevaran los siguientes nombres y modificaremos los siguientes valores:

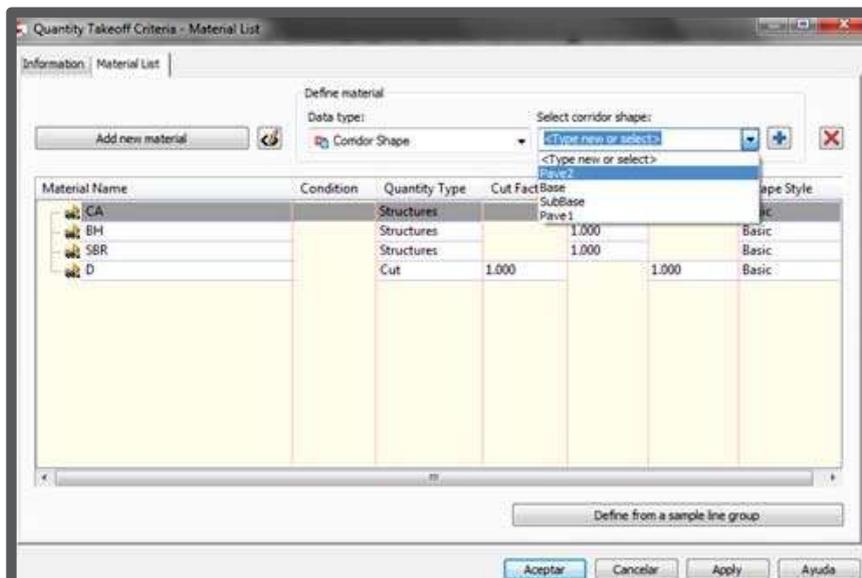
MATERIAL	MATERIAL NAME	QUANTITY TYPE
- Carpeta Asfáltica.	- CA	- Structures.
- Base Hidráulica.	- BH	- Structures.
- Subrasante.	- SBR	- Structures.
- Despalme.	- D	- Cut.

TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPÍTULO VIII. GENERANDO SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN.

Hecho esto lo siguiente que necesitamos hacer es localizar la sección llamada *Define Material*; en la cual iremos agregando los datos de las capas de pavimento del ensamble respectivas a cada material; para esto modificaremos los valores de los campos *Data Type* y *Select Corridor Shape* para cada uno de los materiales; por ejemplo para el material CA en el campo *Data Type* seleccionaremos el valor *Corridor Shape*.

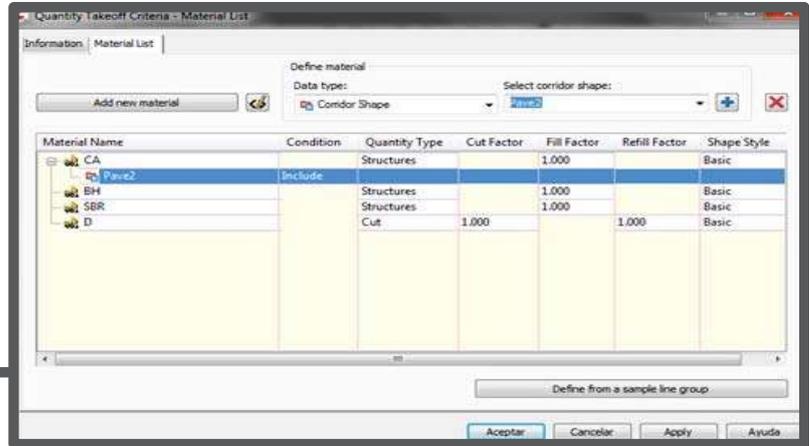


Para el campo *Select Corridor Shape* seleccionaremos la capa de pavimento que hayamos definido para la carpeta asfáltica en nuestro ensamble, en nuestro caso será *Pave2*.



TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPÍTULO VIII. GENERANDO SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN.

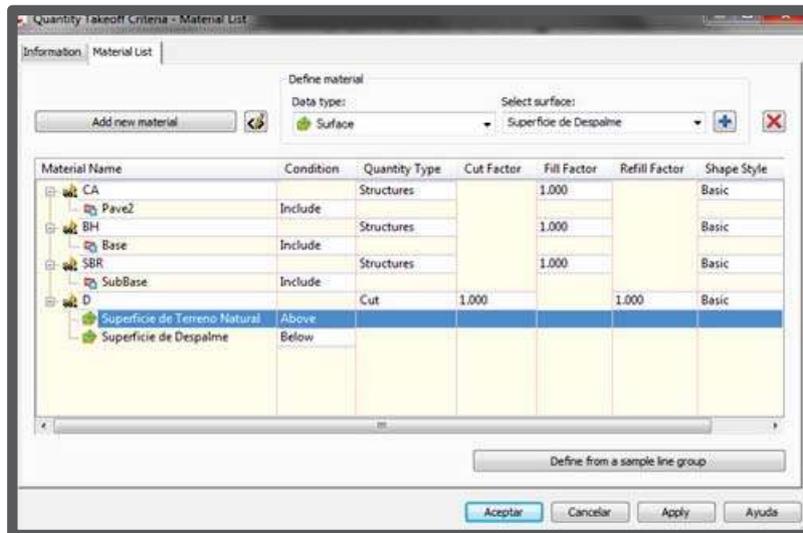
Y finalmente para agregar los datos al material elegido daremos click en el icono *Add Data to Material Item* , una vez que agregamos los datos se podrán visualizar de la siguiente manera:



Procederemos de igual manera con los tres materiales restantes, modificando y agregando los siguientes valores:

MATERIAL NAME	DATA TYPE	SELECT CORRIDOR SHAPE
- BH	- Corridor Shape	- Base
- SBR	- Corridor Shape	- SubBase
- D	- Surface	- Superficie de Terreno Natural - Superficie de Despalme

Debo aclarar que para el material despalme “D”, debemos agregar dos datos de superficie, la *Superficie de Terreno Natural* y la *Superficie de Despalme*; y aclarar que para la *Superficie de Terreno Natural* en la columna *Condition* seleccionaremos el valor *Above* y para la *Superficie de Despalme* seleccionaremos el valor *Below*.



Daremos click en *Aceptar* y regresaremos a la ventana *Compute Material*, en la cual debemos modificar el campo *Object Name* con los siguientes valores:

NAME IN CRITERIA	OBJECT NAME
- Surfaces	
- Superficie de Terreno Natural	- Superficie de Terreno Natural.
- Superficie de Despalme	- Corredor_Proyecto Superficie de Despalme
- Corridor Shapes	
- Pave2	- Corredor_Proyecto Pave2
- Base	- Corredor_Proyecto Base
- SubBase	- Corredor_Proyecto SubBase

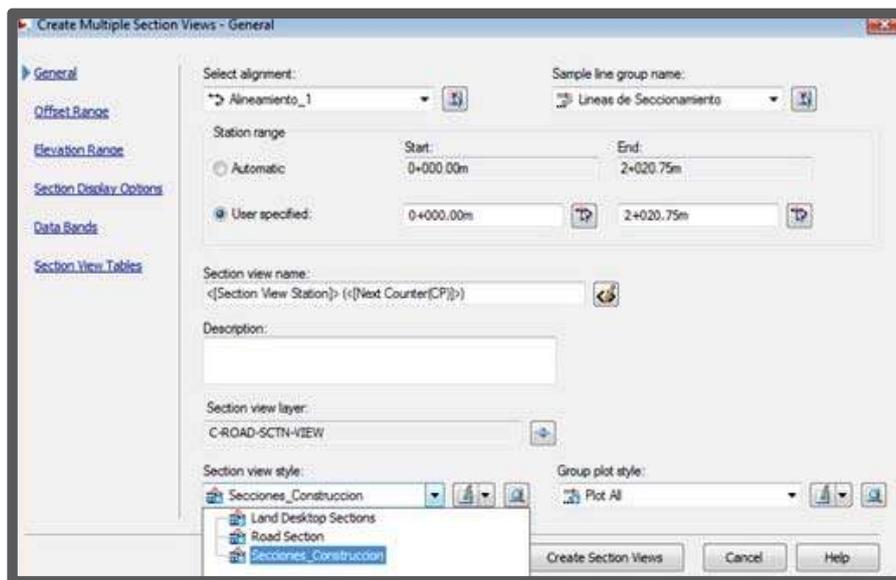
Finalmente daremos click en el botón *OK* y esperaremos unos minutos mientras el programa realiza las operaciones; una vez que los volúmenes son calculados tenemos los elementos necesarios para generar las secciones de construcción aunque con ciertos detalles a corregir que se explicaran más adelante.

VIII.3 GENERANDO SECCIONES DE CONSTRUCCION.

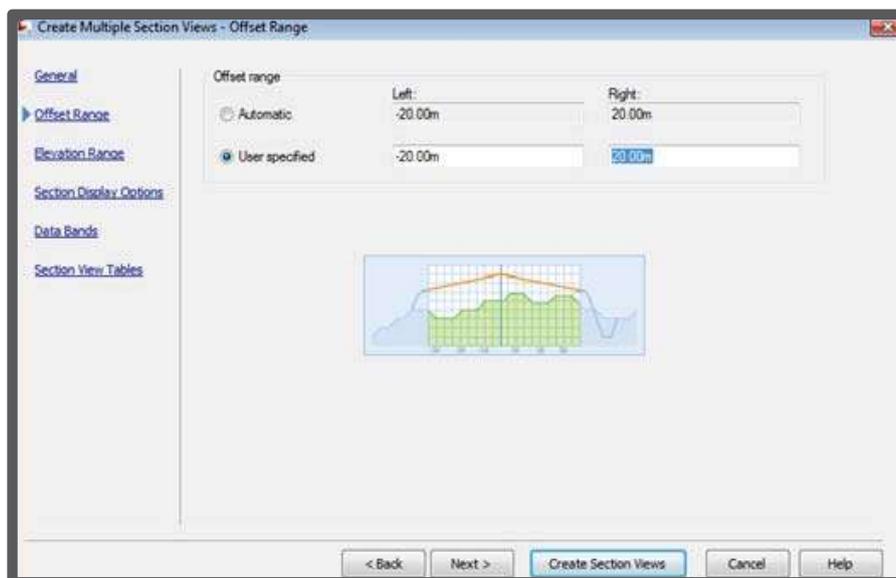
Con todos los elementos creados hasta este momento tenemos los recursos suficientes para crear las secciones de construcción; que para nuestro caso será el último elemento que crearemos utilizando el programa Autocad Civil 3D, aunque podemos crear hasta el último elemento del proyecto geométrico llamado Diagrama de Masas o Curva-Masa, los resultados desde la creación de los volúmenes hasta las secciones de construcción no son 100% exactos por lo que nos auxiliaremos de otras herramientas para generar los volúmenes y la curva-masa y definir correctamente los hombros de las secciones. Para crear las secciones de construcción nos dirigiremos al menú *Sections* y seleccionaremos la opción *Create Multiple Section View*.



Con lo que se desplegara la ventana del mismo nombre, en la cual podemos observar una lista de diferentes configuraciones para las secciones del mismo modo que configuramos el perfil de terreno natural; en la colección *General* ubicaremos el campo llamado *Select View Style* y de la lista desplegable elegiremos el estilo *Secciones_Construccion* que he configurado previamente.

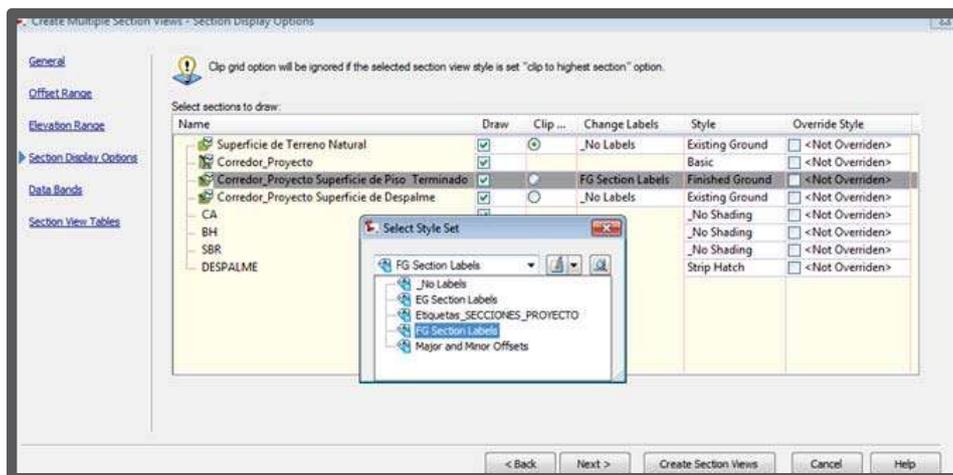


Nos dirigiremos a la colección *Offset Range* y seleccionaremos la opción *User Specified*, introduciendo los valores -10 y 10 en los campos *Left* y *Right* respectivamente.

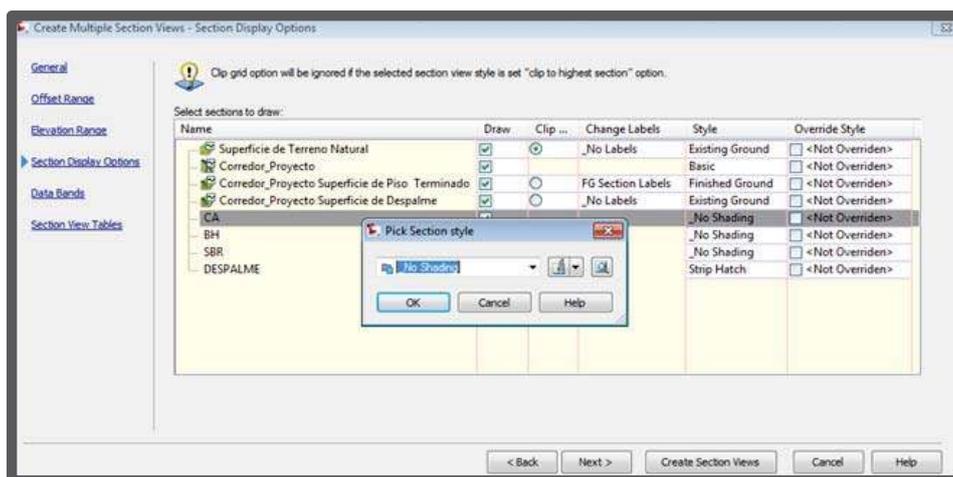


TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPÍTULO VIII. GENERANDO SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN.

Nos desplazaremos hasta la colección *Section Display Options*, en la que podemos ver los diferentes elementos que la línea de seccionamiento intersecta y visualizara, y a la izquierda varias columnas en las que podemos definir ciertas características de cada elemento. Para el elemento de superficie llamado *Corredor_Proyecto Superficie de Piso Terminado*, modificaremos el valor de la columna *Change Labels* y elegiremos el estilo de etiquetas *FG Section Labels* para los demás elementos de superficie dejaremos el estilo *No Labels*.

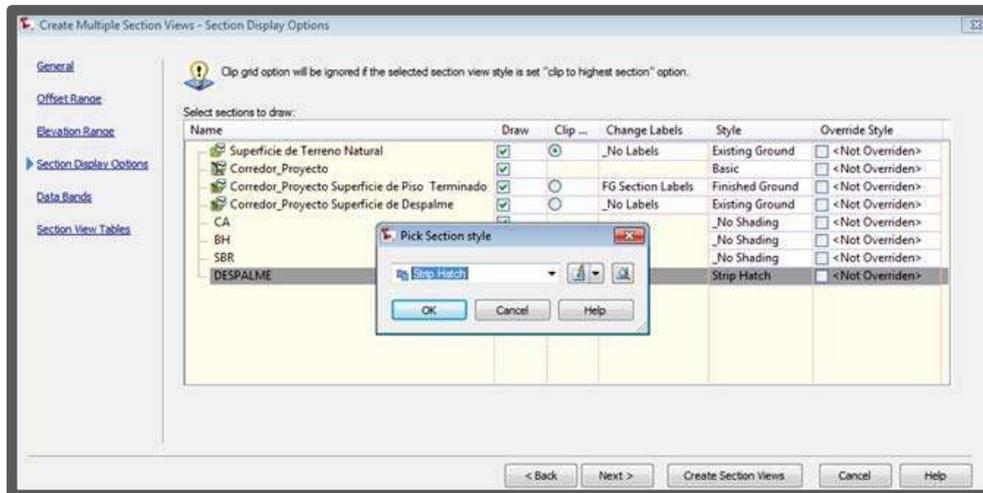


Respecto a los elementos de la estructura de pavimento llamados *CA*, *BH* y *SBR*, modificaremos los valores de la columna *Style* seleccionando el estilo *_No Shading* para cada uno de ellos.

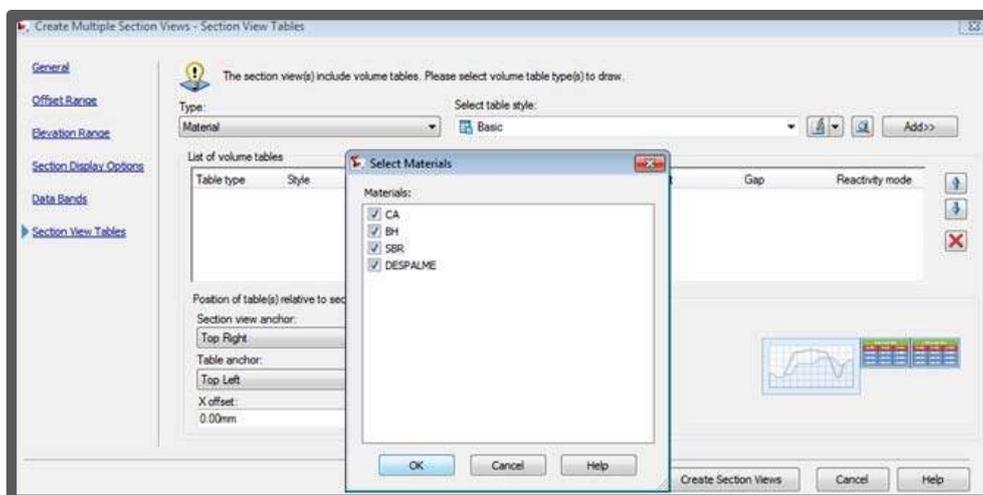


TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPÍTULO VIII. GENERANDO SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN.

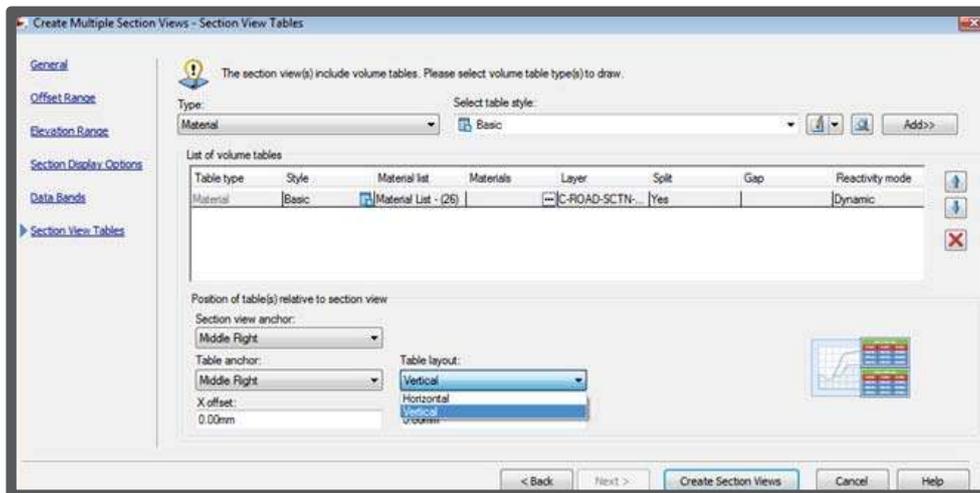
Para el elemento *DESPALME* seleccionaremos el estilo *Strip Hatch* en la columna *Style*.



Finalmente seleccionaremos la colección *Section View Tables*, para agregar el cuadro de áreas a la sección debemos elegir una lista de materiales, en el campo *Type* seleccionaremos la opción *Material* y daremos click en el botón *Add>>*, en la ventana que aparece llamada *Select Materials* seleccionaremos todos los materiales que aparecen en la lista y daremos *OK*.



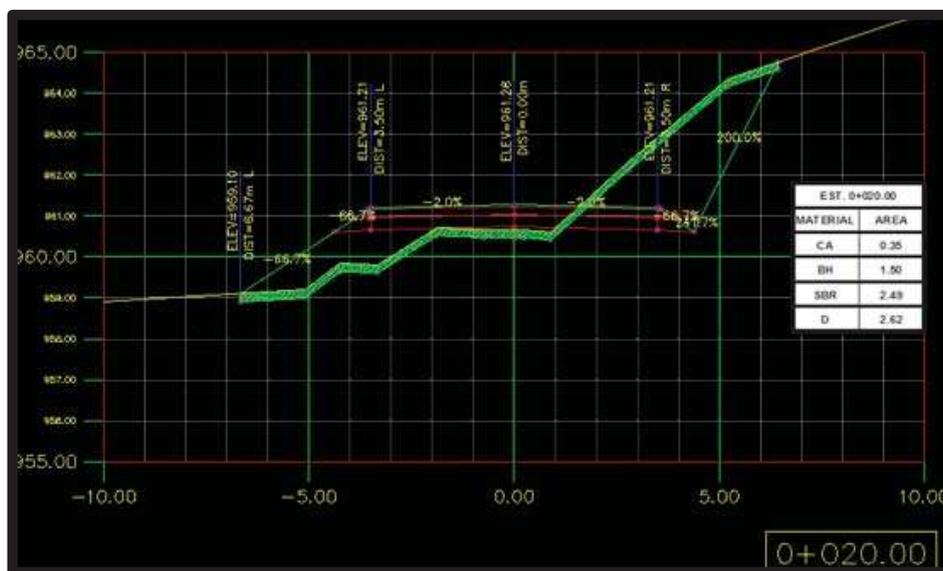
Después para los campos *Section View Anchor* y *Table Anchor* seleccionaremos la opción *Middle Right* y en el campo *Table Layout* seleccionaremos la opción vertical y finalmente daremos click en *Create Section Views*.



Lo único que debemos hacer es especificar un punto de origen para colocar las secciones teniendo cuidado de no elegir un punto muy cercano a los demás elementos del proyecto.



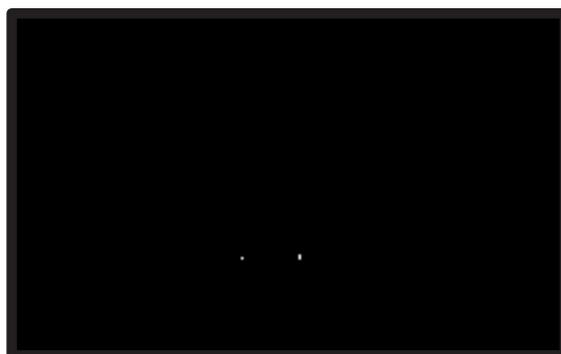
A continuación se podemos ver una de las secciones creadas.



VIII.4 CORRIGIENDO LAS SECCIONES DE CONSTRUCCION.

Como se ha venido mencionando antes Autocad Civil 3D es una herramienta muy poderosa en el proyecto de una carretera, pero que aun contiene ciertos elementos que necesitan ser corregidos obtener resultados 100% confiables.

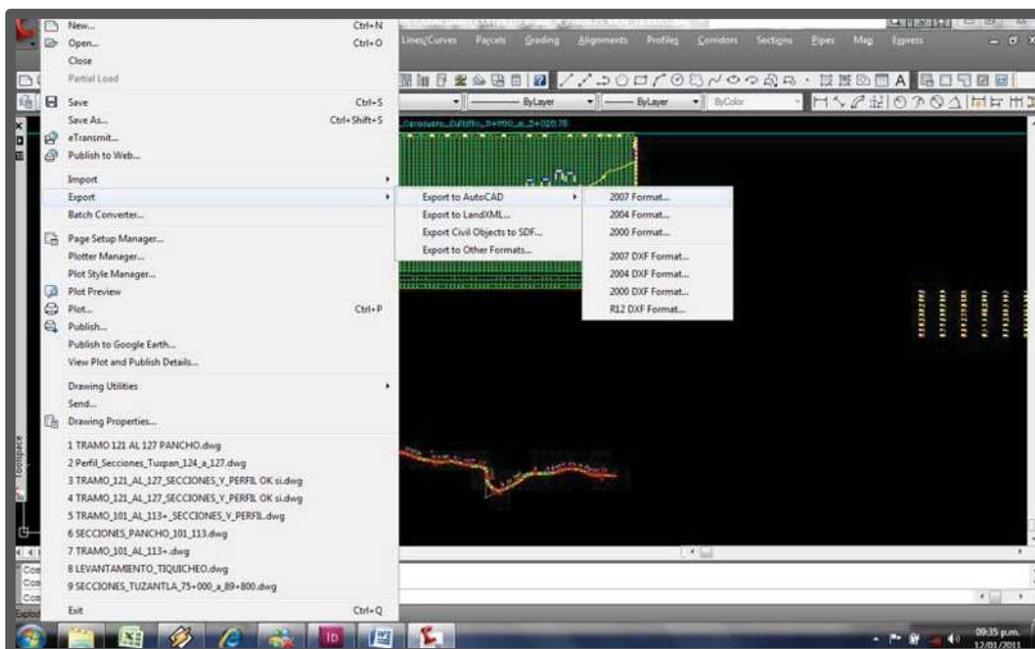
En las siguientes imágenes se puede observar con mayor detalle los hombros de una sección en balcón creada mediante Autocad Civil 3D.



La imagen izquierda es un hombro en terraplén, sin problema alguno; pero la figura derecha es un hombro en corte y se puede observar claramente que además de tener bien definida la cuneta y el talud de corte se ha dibujado el talud de terraplén el cual es innecesario y debemos eliminar en esta y todas las secciones en corte del proyecto; además de eliminar algunas etiquetas innecesarias. Este problema es originado desde que creamos el Ensamble de la sección tipo ya que incluye tanto taludes para corte como para terraplén, de esta manera el corredor y su superficie se generara con ambos taludes en cada sección en corte. Este detalle nos provocara errores muy importantes ya que los volúmenes y la curva masa se obtendrán de las secciones de construcción. Hasta que no se encuentre la manera de que el ensamble genere solo los taludes necesarios, este error deberá ser corregido por el proyectista. El método que he utilizado exitosamente para corregir este error es básicamente manual y un poco rustico pero con esto se garantizan resultados certeros.

Para corregir este error es necesario crear una copia del archivo sobre la cual podamos trabajar libremente y sin peligro de modificar o dañar los demas elementos del proyecto; para ello exportaremos el archivo a una versión mas común de Autocad, con ellos cumpliremos un doble propósito: el de eliminar los vinculos que existen entre todos los elementos del proyecto y que nos impedirían trabajar libremente sobre cada uno de ellos, y el de corregir las secciones.

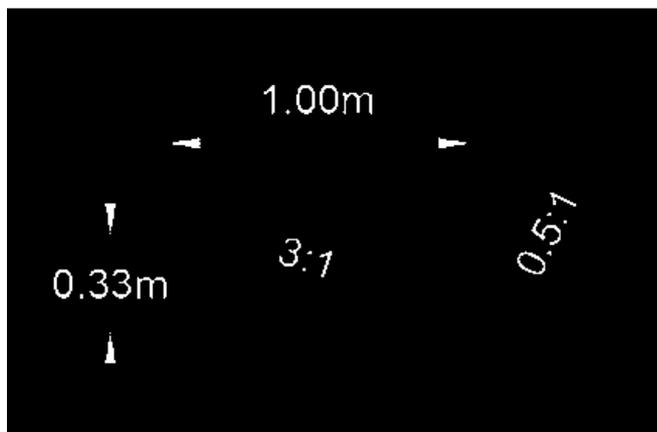
Para ello nos dirigiremos al menu *File* y localizaremos la opción *Export*, al hacer esto se desplegara un sub-menu y de este elegiremos *Export to AutoCAD* y de las opciones que este nos ofrece elegiremos la versión mas reciente que en este caso es la opción *2007 Format...*



Y al igual que cuando creamos una copia de un archivo simplemente especificamos una ubicación para guardar el archivo y un nombre para identificarlo facilmente.

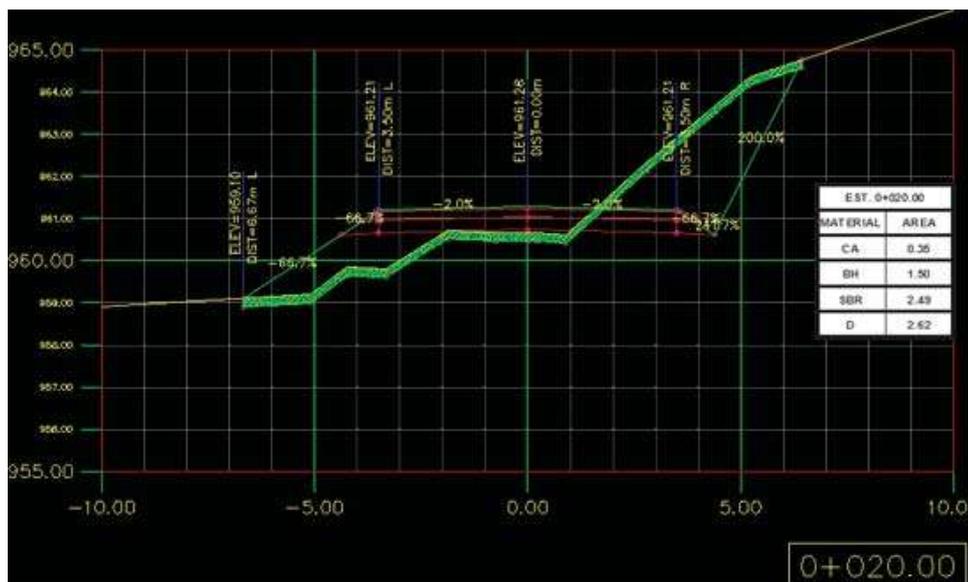
Una vez que el archivo fue exportado y que cada uno de sus elementos es independiente, podremos manipular o modificar las secciones de acuerdo a nuestras necesidades; como se menciono previamente únicamente será necesario modificar los hombros que se encuentren en corte y eliminar las etiquetas de la pendiente de ambos taludes, todo esto para cada una de las secciones.

Para esto nos podemos apoyar con bloques previamente creados con las características definidas correctamente para un hombro en corte y utilizarlo en cada uno de los hombros en corte.

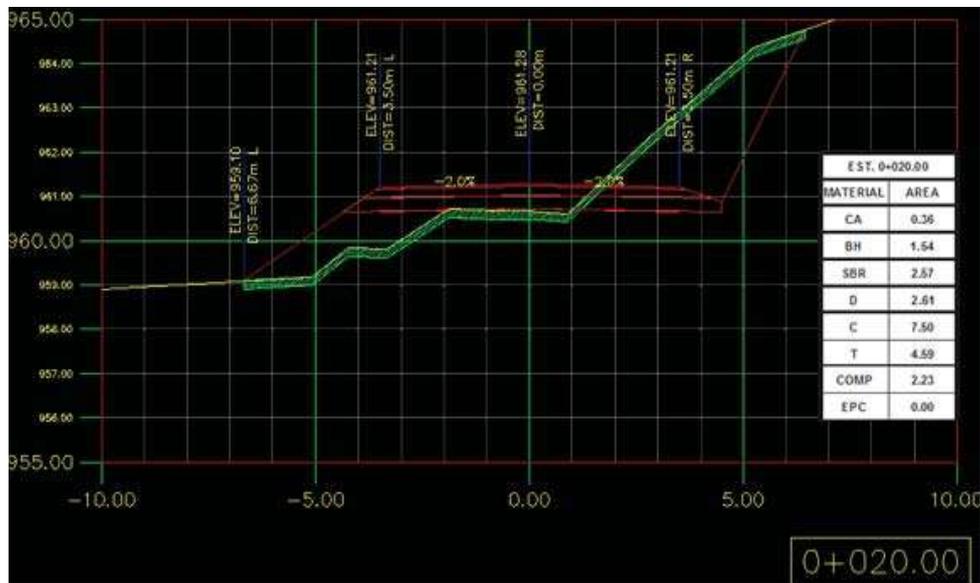


Para poder apreciar la diferencia de una sección generada por Autocad Civil 3D y una sección corregida o estructurada correctamente de manera manual se presentan las siguientes imágenes.

SECCION GENERADA POR AUTOCAD CIVIL 3D



SECCION CORREGIDA O ESTRUCTURADA CORRECTAMENTE



Puede que este método no sea el más rápido pero garantiza que las áreas de cada elemento de la sección sean correctas y los taludes de corte y terraplén queden bien definidos.

CAPITULO IX. CALCULO DE VOLUMENES.

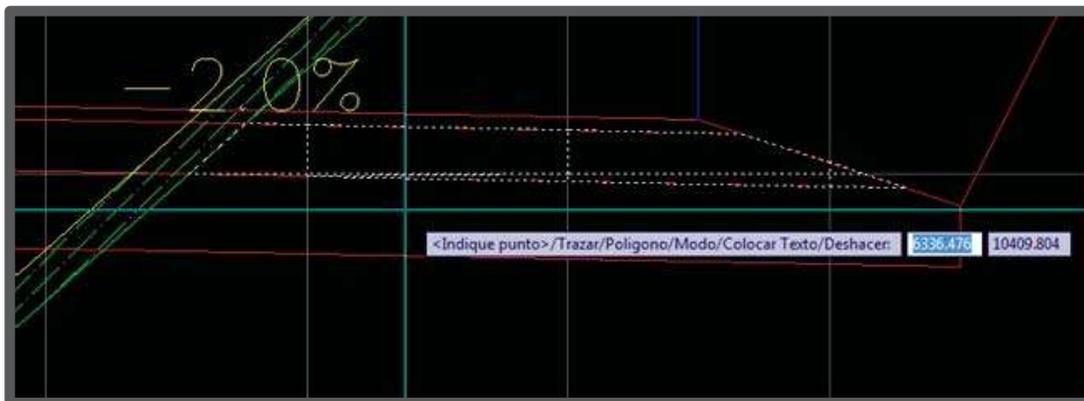
Bien, ahora que hemos conocido el motivo por el cual tuvimos que modificar las secciones resultantes y que hemos comprendido que el error en el cálculo de los volúmenes viene arrastrándose desde que creamos el ensamble; podemos, usando las secciones corregidas calcular las áreas de la estructura de pavimento y de corte y terraplén y con ellas los volúmenes de construcción de nuestro proyecto.

Puede que el método que propongo para la solución de este problema parezca un poco rustico o tardado, pero fue implementado y desarrollado durante la proyección de muchos kilómetros de proyecto geométrico comprometidos con el Centro SCT Michoacán y la Junta de Caminos del Edo. de Michoacán y al ser estos organismos los que estaban a cargo de la revisión de dichos proyectos, puedo afirmar que confío plenamente en los resultados que se pueden obtener al proceder de la manera que propongo; en la cual nos auxiliaremos del software conocido como CivilCad y de una hoja de cálculo de Excel.

Ya que las secciones están listas y en un nuevo archivo podemos empezar a cuantificar las áreas de la estructura de pavimento, corte terraplén, despalme y algunas otras en su caso; para esto nos apoyaremos con la herramienta *Sumar Áreas* de Civil Cad.



Lo que debemos hacer es simplemente dar click en cada una de las áreas o regiones que componen algún elemento del pavimento o de los movimientos de tierras.



Una vez que todas las áreas que componen un elemento, por ejemplo la capa de base hidráulica “BH” teclearemos enter y el resultado se podrá visualizar en la barra de comandos.



Los valores de las áreas obtenidas se deben vaciar dentro de una hoja de cálculo como se muestra en la siguiente tabla.

ESTACION	AREAS						SEMI-DISTANCIA
	CARPETA ASFALTICA (CA)	BASE HIDRAULICA (BH)	SUBRASANTE (SBR)	DESPALME (D)	CORTE (C)	TERRAPLEN (T)	
0+000.00							
0+020.00	0.356	1.542	2.574	2.606	7.496	4.586	10
0+040.00	0.356	1.542	2.578	2.559	7.108	4.6	10
0+060.00	0.398	1.712	2.815	2.733	10.049	2.617	10
0+080.00	0.364	1.573	2.621	2.454	10.419	0.983	10
0+100.00	0.356	1.542	2.508	2.099	10.043	0	10

TESIS. AJUSTE DE AUTOCAD CIVIL 3D A LA NORMATIVA SCT.
CAPÍTULO IX. CALCULO DE VOLUMENES.

Para obtener los volúmenes utilizaremos el método de la semi-distancia, es decir sumar áreas extremas de tramos a cada 20m. y multiplicar dicha suma por la mitad de la distancia entre dichas secciones. Por ejemplo para obtener el volumen de cada uno de los materiales entre la estación 0+020 y la estación 0+040, se procederá de la siguiente manera:

$$\text{VOL.CA} = [\text{AREA}(0+020) + \text{AREA}(0+040)] \cdot (\text{sd})$$

$$\text{VOL.CA} = [0.356 + 0.356] \cdot (10)$$

$$\text{VOL.CA} = 7.12\text{m}^2.$$

Para completar la tabla solo hace falta agregar una sección donde se lleven a cabo los cálculos como el que acabamos de ilustrar y una columna extra para el volumen de corte abundado y finalmente otra columna para la ordenada de curva-masa "OCM" la cual se obtiene sumando el volumen abundado de corte y restando el volumen de terraplén en cada una de las estaciones a una cota fijada arbitrariamente para la estación 0+000.

ESTACION	VOLUMENES								OCM
	CARPETA ASFALTICA (CA)	BASE HIDRAULICA (BH)	SUBRASANTE (SBR)	DESPALME (D)	CORTE (C)	TERRAPLEN (T)	FACTOR DE ABUNDAMIENTO	CORTE ABUNDADO	
0+000.00									1000.00
0+020.00									1000.00
0+040.00	7.12	30.84	51.52	51.65	146.04	91.86	1.30	189.85	1097.99
0+060.00	7.54	32.54	53.93	52.92	171.57	72.17	1.30	223.04	1248.86
0+080.00	7.62	32.85	54.36	51.87	204.68	36.00	1.30	266.08	1478.95
0+100.00	7.20	31.15	51.29	45.53	204.62	9.83	1.30	266.01	1735.12

CAPÍTULO X. RECOMENDACIONES Y COMENTARIOS.

Bien ahora que hemos llegado al capítulo final del presente trabajo, hemos observado que se requiere cierta preparación teórica previa antes de realizar un proyecto carretero, ya sea de manera manual o implementando los recursos tecnológicos en boga en la actualidad y creo que estarán de acuerdo conmigo cuando afirmo con toda seguridad, que ciertamente esta filosofía se debería aplicar a cualquier tipo de proyecto de ingeniería e incluso a cualquier actividad profesional del ser humano.

Respecto al programa que hemos usado para la proyección de la carretera puedo afirmar que es una herramienta bastante útil, aunque con ciertos detalles por pulir; estoy completamente seguro que existen muchísimos ingenieros u otras personas que sean capaces de usar mejor que yo o incluso dominar el software mostrado por mí en el presente trabajo; pero lo que he presentado se basa únicamente en la experiencia obtenida al proyectar aproximadamente 500km. De carreteras ubicadas a largo y ancho del estado de Michoacán; estoy completamente seguro que tarde o temprano se encontrara una forma, ya sea por los desarrolladores del programa o por los mismos proyectistas, para que el programa depure esos detalles y arroje resultados 100% certeros y nos ayude a ahorrar muchísimo trabajo y tiempo; incluso puede que ya exista una forma de hacerlo y yo la desconozca, pero es en estos casos, cuando el sentido autodidáctico y de investigación que todos los ingenieros y profesionistas poseen debe salir a relucir y por mi parte puedo asegurar que aunque no domino al 100% el uso del programa tarde o temprano encontrare una forma de corregir los errores expuestos anteriormente y lograr un uso más eficaz del programa.

Me gustaría dejar un mensaje para todos aquellos que se hayan tomado el tiempo para leer el presente trabajo que humildemente he preparado, no solo con el propósito de obtener mi título como ingeniero civil, sino también para orientar y ofrecer un poco de información para todos aquellos que estén interesados en la proyección correcta de una carretera; a todos ellos les quiero decir: “Primero que nada gracias, gracias por tomarse un poco de tiempo para leer este trabajo con el cual albergo la esperanza de que sea de utilidad y un aporte duradero para la ingeniería de hoy y tal vez del futuro; me atrevo a decir esto pensando en lo que ya he mencionado muchas veces con anterioridad, no importa cuánto avance la tecnología ni cuantas nuevas herramientas o métodos para realizar cualquier tarea surjan, siempre será necesario tener bases firmes respecto al área del conocimiento sobre la que se pretenda trabajar; este consejo lo dirijo principalmente a los jóvenes, siempre ávidos de experimentar y de implementar nuevas tecnologías para realizar sus tareas cotidianas, no debemos permitir que una buena herramienta se convierta en la fuente de malos hábitos o fomento de nuestra pereza, debemos recordar que aunque existan súper computadoras que faciliten el trabajo nunca podrán igualar lo que nos distingue de ellas, algo llamado Criterio y que solo se obtiene mediante el estudio y dominio de la teoría y en buena medida de la experiencia obtenida al desempeñarse en el área elegida para desarrollarse como profesionista”.

Bien, habiendo llegado al final de mi aporte, espero que encuentren esta información tan útil como lo ha sido para mí y que haya podido despertar su curiosidad y capacidad de investigación para encontrar o desarrollar nuevos y mejores métodos; por ultimo antes de despedirme quisiera pedir a todos los lectores que recuerden que así como yo he compartido el poco o mucho conocimiento que poseo respecto a las carreteras, por favor no se guarden sus conocimientos para ustedes solos, el egoísmo nunca deja nada bueno y de alguna manera la vida cierra puertas para aquellos que cierran puertas a los demás, no lo olviden.

No teniendo más que agregar solo resta decir, espero que la ingeniería les proporcione tantas satisfacciones como a su servidor.

GRACIAS.

BIBLIOGRAFIA.

- “Apuntes de Vias Terrestres”.
Gonzalo Medina Vela.
- “Estructuración de Vias Terrestres”.
Fernando Olivera Bustamante.
Editorial Continental.
2da. Edición.
- “Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras”.
S.A.H.O.P.
- “Normas de Servicios Técnicos. Proyecto Geométrico. Carreteras. Libro 2”.
S.C.T
- “El Topógrafo Descalzo. Manual de Topografía Aplicada”.
Fernando García Márquez.
Editorial Pax México.

FUENTES DE INTERNET.

- <http://www.arqhys.com/construccion/cad-historia.html>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>
- <http://www.inegi.org.mx>

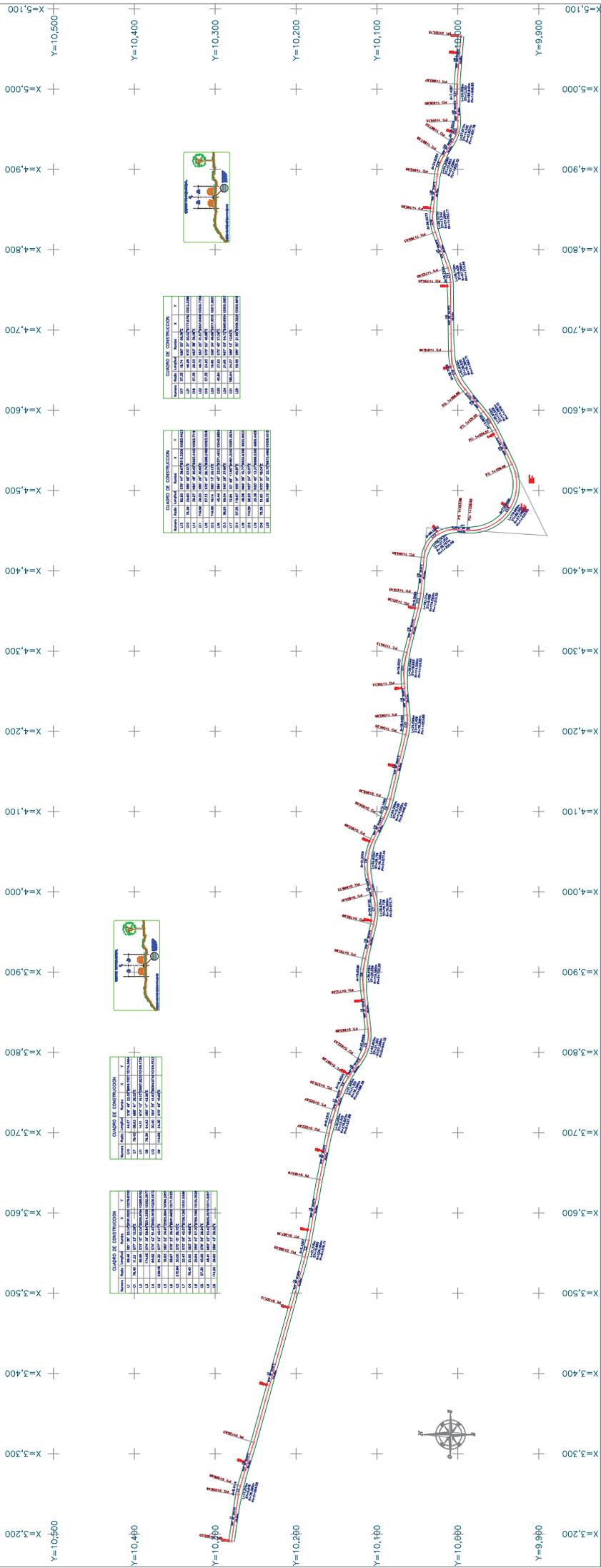
A N E X O S .

A N E X O 1 : CALCULO DE VOLUMENES Y CURVA-MASA

ESTACION	ÁREAS						VOLUMENES									
	CARPETA ASFALTICA (CA)	BASE HIDRAULICA (BH)	SUBRASANTE (SBR)	DESPLINIE (D)	CORTE (C)	TERRAPIEN (T)	SEMI-DISTANCIA	CARPETA ASFALTICA (CA)	BASE HIDRAULICA (BH)	SUBRASANTE (SBR)	DESPLINIE (D)	CORTE (C)	TERRAPIEN (T)	FACTOR DE ABUNDAMIENTO	CORTE ABUNDADO	OCM
0+000.00														1.30		10000.00
0+020.00	0.36	1.54	2.57	2.61	7.50	4.59	10.00							1.30		10000.00
0+040.00	0.36	1.54	2.58	2.56	7.11	4.60	10.00	7.12	30.84	51.52	51.65	146.04	91.86	1.30	189.85	10097.992
0+060.00	0.40	1.71	2.82	2.73	10.05	2.62	10.00	7.54	32.54	53.93	52.92	171.57	72.17	1.30	223.04	10248.863
0+080.00	0.36	1.57	2.62	2.45	10.42	0.98	10.00	7.62	32.85	54.36	51.87	204.68	36.00	1.30	266.08	10478.947
0+100.00	0.36	1.54	2.51	2.10	10.04	0.00	10.00	7.20	31.15	51.29	45.53	204.62	9.83	1.30	266.01	10735.123
0+120.00	0.36	1.54	2.58	2.32	7.62	1.02	10.00	7.12	30.84	50.87	44.16	176.62	10.16	1.30	229.61	10954.569
0+140.00	0.36	1.54	2.58	2.23	5.92	1.48	10.00	7.12	30.84	51.58	45.45	135.43	24.91	1.30	176.06	11105.718
0+160.00	0.36	1.54	2.58	2.24	6.00	1.18	10.00	7.12	30.84	51.58	44.65	119.21	26.52	1.30	154.97	11234.171
0+180.00	0.36	1.54	2.58	2.25	6.19	0.96	10.00	7.12	30.84	51.58	44.88	121.86	21.36	1.30	158.42	11371.229
0+200.00	0.36	1.54	2.58	2.24	7.96	0.49	10.00	7.12	30.84	51.58	44.88	141.52	14.46	1.30	183.98	11540.745
0+220.00	0.36	1.54	2.58	2.21	5.14	1.10	10.00	7.12	30.84	51.58	44.45	131.03	15.90	1.30	170.34	11695.184
0+240.00	0.36	1.54	2.62	2.17	2.20	2.20	10.00	7.12	30.82	51.97	43.75	73.41	33.02	1.30	95.43	11757.597
0+260.00	0.36	1.54	2.58	1.95	0.69	4.98	10.00	7.12	30.82	51.97	41.13	28.88	71.74	1.30	37.54	11723.401
0+280.00	0.35	1.54	2.39	2.27	1.09	2.36	10.00	7.06	30.84	49.71	42.13	17.76	73.38	1.30	23.09	11673.109
0+300.00	0.36	1.54	1.92	2.23	4.56	0.66	10.00	7.06	30.78	43.10	44.92	56.49	30.18	1.30	73.44	11716.366
0+320.00	0.36	1.54	2.58	2.34	9.12	0.00	10.00	7.12	30.78	44.97	45.61	136.81	6.55	1.30	177.85	11887.669
0+340.00	0.36	1.54	2.58	2.55	12.24	0.00	10.00	7.12	30.84	51.58	48.81	213.56	0.00	1.30	277.63	12165.297
0+360.00	0.36	1.59	2.68	2.20	15.09	0.00	10.00	7.15	31.32	52.55	47.48	273.29	0.00	1.30	355.28	12520.574
0+380.00	0.38	1.64	2.72	2.47	3.67	0.00	10.00	7.40	32.32	53.94	46.72	187.65	0.00	1.30	243.95	12764.519
0+400.00	0.35	1.49	2.48	1.73	0.26	0.04	10.00	7.35	31.34	52.02	41.94	39.32	0.43	1.30	51.12	12815.205
0+420.00	0.36	1.54	2.58	1.78	0.57	0.32	10.00	7.10	30.34	50.61	35.06	8.32	3.63	1.30	10.82	12822.391
0+440.00	0.36	1.59	2.69	1.87	3.20	0.00	10.00	7.14	31.33	52.64	36.51	37.71	3.20	1.30	49.02	12868.214
0+460.00	0.36	1.59	2.69	1.92	5.88	0.00	10.00	7.16	31.82	53.74	37.92	90.84	0.00	1.30	118.09	12986.306
0+480.00	0.36	1.59	2.69	1.93	6.44	0.00	10.00	7.16	31.82	53.74	38.55	123.20	0.00	1.30	160.16	13146.466
0+500.00	0.36	1.59	2.69	1.87	5.59	0.00	10.00	7.16	31.82	53.74	37.99	120.30	0.00	1.30	156.39	13302.856
0+520.00	0.36	1.61	2.71	1.88	2.90	0.00	10.00	7.21	31.96	54.00	37.45	84.95	0.00	1.30	110.44	13413.291
0+540.00	0.39	1.69	2.37	1.95	1.32	0.03	10.00	7.54	32.98	50.82	38.33	42.22	0.31	1.30	54.89	13467.867
0+560.00	0.36	1.59	2.65	2.83	4.01	0.00	10.00	7.49	32.81	50.23	47.81	53.35	0.31	1.30	69.36	13536.912
0+580.00	0.39	1.69	2.97	3.42	5.56	0.00	10.00	7.46	32.73	56.27	62.47	95.70	0.00	1.30	124.41	13661.322
0+600.00	0.36	1.61	2.72	2.86	5.58	0.00	10.00	7.51	32.92	56.88	62.79	111.39	0.00	1.30	144.81	13806.129
0+620.00	0.36	1.59	2.69	2.74	6.51	0.00	10.00	7.21	31.94	54.00	56.02	120.94	0.00	1.30	157.22	13963.351
0+640.00	0.40	1.72	2.84	2.23	2.75	0.00	10.00	7.59	33.10	55.22	49.74	92.59	0.00	1.30	120.37	14083.718
0+660.00	0.39	1.68	2.77	2.13	3.32	0.00	10.00	7.91	33.99	56.09	43.56	60.63	0.00	1.30	78.82	14162.537
0+680.00	0.36	1.59	2.69	1.88	5.45	0.00	10.00	7.48	32.67	54.59	40.04	87.62	0.00	1.30	113.91	14276.443
0+700.00	0.36	1.59	2.69	1.97	7.14	0.00	10.00	7.16	31.82	53.74	38.44	125.90	0.00	1.30	163.67	14440.113

0+720.00	0.39	1.70	2.86	2.07	6.60	0.00	10.00	7.46	32.92	55.45	40.33	137.39	0.00	1.30	178.61	14618.72
0+740.00	0.39	1.66	2.75	1.93	3.59	0.00	10.00	7.74	33.63	56.05	39.97	101.89	0.00	1.30	132.46	14751.177
0+760.00	0.36	1.54	2.58	1.80	2.27	0.00	10.00	7.42	32.03	53.23	37.30	58.59	0.00	1.30	76.17	14827.344
0+780.00	0.36	1.59	2.69	1.91	4.35	0.00	10.00	7.14	31.32	52.63	37.15	66.18	0.00	1.30	86.03	14913.378
0+800.00	0.38	1.65	2.79	1.95	4.97	0.00	10.00	7.33	32.44	54.74	38.61	93.26	0.00	1.30	121.24	15034.616
0+820.00	0.39	1.68	2.77	2.09	1.97	0.00	10.00	7.66	33.35	55.56	40.40	69.48	0.00	1.30	90.32	15124.94
0+840.00	0.36	1.59	2.69	2.18	8.03	0.00	10.00	7.49	32.72	54.55	42.77	100.06	0.00	1.30	130.08	15255.018
0+860.00	0.39	1.72	2.89	2.59	20.99	0.00	10.00	7.51	33.11	55.74	47.75	290.19	0.00	1.30	377.25	15632.265
0+880.00	0.39	1.72	2.89	2.49	32.23	0.00	10.00	7.86	34.42	57.76	50.83	532.14	0.00	1.30	691.78	16324.047
0+900.00	0.38	1.67	2.81	2.73	32.76	0.00	10.00	7.72	33.89	56.96	52.19	649.91	0.00	1.30	844.88	17168.93
0+920.00	0.36	1.59	2.69	2.28	18.80	0.00	10.00	7.37	32.59	54.95	50.06	515.64	0.00	1.30	670.33	17839.262
0+940.00	0.39	1.72	2.88	2.14	11.57	0.00	10.00	7.49	33.08	55.68	44.22	303.65	0.00	1.30	394.75	18234.007
0+960.00	0.37	1.64	2.76	1.92	3.59	0.00	10.00	7.62	33.53	56.42	40.66	151.57	0.00	1.30	197.04	18431.048
0+980.00	0.35	1.49	2.45	1.89	0.09	0.00	10.00	7.25	31.28	52.07	38.11	36.83	0.00	1.30	47.88	18478.927
1+000.00	0.36	1.54	2.54	1.87	1.06	0.00	10.00	7.10	30.34	49.88	37.55	11.54	0.00	1.30	15.00	18493.929
1+020.00	0.36	1.59	2.69	2.05	4.46	0.00	10.00	7.14	31.33	52.29	39.12	55.26	0.00	1.30	71.84	18565.767
1+040.00	0.37	1.60	2.68	2.17	8.93	0.00	10.00	7.31	31.93	53.65	42.11	133.90	0.00	1.30	174.07	18739.837
1+060.00	0.40	1.70	2.81	2.68	9.51	0.00	10.00	7.70	32.98	54.90	48.44	184.38	0.00	1.30	239.69	18979.531
1+080.00	0.36	1.59	2.69	2.14	13.06	0.00	10.00	7.55	32.87	54.99	48.13	225.70	0.00	1.30	293.41	19272.941
1+100.00	0.36	1.60	2.71	2.12	13.61	0.00	10.00	7.19	31.91	53.92	42.50	266.73	0.00	1.30	346.75	19619.69
1+120.00	0.39	1.72	2.89	2.08	7.42	0.00	10.00	7.54	33.22	55.92	41.92	210.35	0.00	1.30	273.46	19893.145
1+140.00	0.39	1.66	2.74	1.91	3.20	0.01	10.00	7.79	33.84	56.27	39.86	106.21	0.13	1.30	138.07	20031.088
1+160.00	0.36	1.56	2.69	1.85	3.21	0.00	10.00	7.44	32.26	54.27	37.59	64.14	0.13	1.30	83.38	20114.34
1+180.00	0.36	1.59	2.69	1.90	5.07	0.00	10.00	7.16	31.55	53.74	37.50	82.81	0.00	1.30	107.65	20221.993
1+200.00	0.37	1.66	2.80	1.97	4.90	0.00	10.00	7.30	32.47	54.84	38.68	99.65	0.00	1.30	129.55	20351.538
1+220.00	0.37	1.66	2.80	1.94	4.30	0.00	10.00	7.46	33.18	55.97	39.10	91.93	0.00	1.30	119.51	20471.047
1+240.00	0.36	1.54	2.51	1.55	2.75	0.00	10.00	7.30	32.04	53.10	34.90	70.40	0.00	1.30	91.52	20562.567
1+260.00	0.36	1.54	2.58	2.03	2.47	0.00	10.00	7.12	30.84	50.89	35.81	52.15	0.00	1.30	67.80	20630.367
1+280.00	0.42	1.79	2.93	2.15	5.42	0.00	10.00	7.72	33.30	55.04	41.83	78.90	0.00	1.30	102.57	20732.932
1+300.00	0.42	1.82	3.04	2.28	10.66	0.00	10.00	8.34	36.12	59.60	44.30	160.80	0.00	1.30	209.04	20941.972
1+320.00	0.38	1.59	2.61	3.28	0.00	20.11	10.00	7.99	34.14	56.45	55.60	106.60	201.10	1.30	138.58	20879.452
1+340.00	0.38	1.60	2.62	3.60	0.00	28.92	10.00	7.63	31.90	52.30	68.80	0.00	490.30	1.30	0.00	20389.152
1+360.00	0.40	1.67	2.73	3.61	0.00	32.74	10.00	7.81	32.70	53.51	72.10	0.00	616.60	1.30	0.00	19772.552
1+380.00	0.40	1.67	2.73	2.41	0.00	3.36	10.00	7.98	33.40	54.62	60.20	0.00	361.00	1.30	0.00	19411.552
1+400.00	0.40	1.76	2.95	2.29	3.43	0.00	10.00	8.02	34.32	56.78	47.00	34.30	33.60	1.30	44.59	19422.542
1+420.00	0.40	1.76	2.95	2.07	5.25	0.00	10.00	8.06	35.24	58.94	43.60	86.80	0.00	1.30	112.84	19535.382
1+440.00	0.40	1.72	2.84	2.22	3.88	0.00	10.00	8.04	34.85	57.84	42.91	91.30	0.00	1.30	118.69	19654.072
1+460.00	0.36	1.54	2.58	1.95	1.12	0.00	10.00	7.57	32.64	54.12	41.73	50.00	0.00	1.30	65.00	19719.072
1+480.00	0.36	1.59	2.69	1.93	2.54	0.00	10.00	7.14	31.32	52.62	36.60	36.60	0.00	1.30	47.58	19766.652
1+500.00	0.37	1.64	2.77	1.97	3.61	0.00	10.00	7.30	32.31	54.54	39.05	61.45	0.00	1.30	79.89	19846.537
1+520.00	0.39	1.66	2.75	2.10	2.48	0.00	10.00	7.58	33.02	55.15	40.73	60.87	0.00	1.30	79.13	19925.668
1+540.00	0.36	1.60	2.71	1.89	3.93	0.00	10.00	7.48	32.64	54.56	39.89	64.14	0.00	1.30	83.38	20009.05
1+560.00	0.37	1.63	2.75	1.90	2.90	0.00	10.00	7.31	32.31	54.58	37.92	68.34	0.00	1.30	88.84	20097.892

1+580.00	0.39	1.63	2.67	2.20	1.25	0.00	10.00	7.58	32.59	54.21	41.04	41.56	0.00	1.30	54.03	20151.92
1+600.00	0.39	1.63	2.67	2.30	1.73	0.00	10.00	7.78	32.60	53.42	44.96	29.86	0.00	1.30	38.82	20190.738
1+620.00	0.39	1.70	2.86	2.00	3.55	0.00	10.00	7.76	33.30	55.27	42.91	52.83	0.00	1.30	68.68	20259.417
1+640.00	0.36	1.59	2.69	1.93	6.30	0.00	10.00	7.45	32.91	55.43	39.28	98.52	0.00	1.30	128.08	20387.493
1+660.00	0.35	1.49	2.47	2.18	1.11	0.00	10.00	7.12	30.84	51.58	41.12	74.15	0.00	1.30	96.40	20483.888
1+680.00	0.35	1.49	2.42	2.62	0.00	1.01	10.00	7.08	29.86	48.88	48.04	11.14	10.07	1.30	14.48	20488.3
1+700.00	0.38	1.61	2.64	3.14	0.05	1.79	10.00	7.38	31.04	50.59	57.68	0.54	27.97	1.30	0.70	20461.032
1+720.00	0.41	1.75	2.86	2.19	7.67	0.00	10.00	7.89	33.57	54.97	53.33	77.20	17.90	1.30	100.36	20543.492
1+740.00	0.36	1.59	2.68	2.38	30.07	0.00	10.00	7.63	33.32	55.38	45.66	377.40	0.00	1.30	490.62	21034.112
1+760.00	0.37	1.64	2.77	2.63	37.58	0.00	10.00	7.31	32.28	54.53	50.08	676.49	0.00	1.30	879.44	21913.549
1+780.00	0.41	1.79	2.97	2.22	8.64	0.00	10.00	7.81	34.30	57.41	48.50	462.16	0.00	1.30	600.81	22514.357
1+800.00	0.39	1.68	2.77	2.15	4.04	0.00	10.00	7.99	34.71	57.44	43.68	126.81	0.00	1.30	164.85	22679.21
1+820.00	0.36	1.59	2.69	1.89	2.67	0.00	10.00	7.49	32.74	54.60	40.34	67.10	0.00	1.30	87.23	22766.44
1+840.00	0.36	1.57	2.61	2.10	2.86	0.00	10.00	7.21	31.58	53.00	39.86	55.29	0.00	1.30	71.88	22838.317
1+860.00	0.40	1.72	2.84	2.48	7.07	0.00	10.00	7.64	32.90	54.50	45.77	99.33	0.00	1.30	129.13	22967.446
1+880.00	0.36	1.59	2.69	2.34	21.70	0.00	10.00	7.59	33.14	55.24	48.11	287.69	0.00	1.30	374.00	23341.443
1+900.00	0.41	1.80	3.01	2.41	24.95	0.00	10.00	7.71	33.94	56.93	47.45	466.41	0.00	1.30	606.33	23947.776
1+920.00	0.36	1.59	2.69	2.15	16.80	0.00	10.00	7.71	33.91	56.93	45.59	417.50	0.00	1.30	542.75	24490.526
1+940.00	0.39	1.70	2.86	2.17	12.48	0.00	10.00	7.46	32.89	55.46	43.21	292.85	0.00	1.30	380.71	24871.231
1+960.00	0.38	1.67	2.82	2.08	8.64	0.00	10.00	7.69	33.75	56.78	42.53	211.22	0.00	1.30	274.59	25145.817
1+980.00	0.36	1.59	2.69	2.00	7.16	0.00	10.00	7.39	32.65	55.06	40.76	157.99	0.00	1.30	205.39	25351.204
2+000.00	0.36	1.59	2.69	2.03	8.10	0.00	10.00	7.16	31.82	53.74	40.29	152.61	0.00	1.30	198.39	25549.597
2+020.00	0.36	1.59	2.69	2.56	5.06	0.00	10.00	7.16	31.82	53.74	45.96	131.64	0.00	1.30	171.13	25720.729
TOTALES =							10.00	744.10	3240.07	5390.15	4449.82	13865.73	2304.72	132.60	18025.45	1763208.16



X=5,100
Y=10,500

X=5,000
Y=10,400

X=4,900
Y=10,300

X=4,800
Y=10,200

X=4,700
Y=10,100

X=4,600
Y=10,000

X=4,500
Y=9,900

X=4,400
Y=9,800

X=4,300
Y=9,700

X=4,200
Y=9,600

X=4,100
Y=9,500

X=3,200
Y=10,100

X=3,300
Y=10,200

X=3,400
Y=10,300

X=3,500
Y=10,400

X=3,600
Y=10,500

X=3,700
Y=10,600

X=3,800
Y=10,700

X=3,900
Y=10,800

X=4,000
Y=10,900

X=4,100
Y=11,000

X=4,200
Y=11,100

X=4,300
Y=11,200

X=4,400
Y=11,300

X=4,500
Y=11,400

X=4,600
Y=11,500

X=4,700
Y=11,600

X=4,800
Y=11,700

X=4,900
Y=11,800

X=5,000
Y=11,900

X=5,100
Y=12,000

CUADRO DE CONTRIBUCION	
Numero	Descripción
01	1.500
02	1.500
03	1.500
04	1.500
05	1.500
06	1.500
07	1.500
08	1.500
09	1.500
10	1.500
11	1.500
12	1.500
13	1.500
14	1.500
15	1.500
16	1.500
17	1.500
18	1.500
19	1.500
20	1.500
21	1.500
22	1.500
23	1.500
24	1.500
25	1.500
26	1.500
27	1.500
28	1.500
29	1.500
30	1.500
31	1.500
32	1.500
33	1.500
34	1.500
35	1.500
36	1.500
37	1.500
38	1.500
39	1.500
40	1.500
41	1.500
42	1.500
43	1.500
44	1.500
45	1.500
46	1.500
47	1.500
48	1.500
49	1.500
50	1.500

CUADRO DE CONTRIBUCION	
Numero	Descripción
01	1.500
02	1.500
03	1.500
04	1.500
05	1.500
06	1.500
07	1.500
08	1.500
09	1.500
10	1.500
11	1.500
12	1.500
13	1.500
14	1.500
15	1.500
16	1.500
17	1.500
18	1.500
19	1.500
20	1.500
21	1.500
22	1.500
23	1.500
24	1.500
25	1.500
26	1.500
27	1.500
28	1.500
29	1.500
30	1.500
31	1.500
32	1.500
33	1.500
34	1.500
35	1.500
36	1.500
37	1.500
38	1.500
39	1.500
40	1.500
41	1.500
42	1.500
43	1.500
44	1.500
45	1.500
46	1.500
47	1.500
48	1.500
49	1.500
50	1.500

CUADRO DE CONTRIBUCION	
Numero	Descripción
01	1.500
02	1.500
03	1.500
04	1.500
05	1.500
06	1.500
07	1.500
08	1.500
09	1.500
10	1.500
11	1.500
12	1.500
13	1.500
14	1.500
15	1.500
16	1.500
17	1.500
18	1.500
19	1.500
20	1.500
21	1.500
22	1.500
23	1.500
24	1.500
25	1.500
26	1.500
27	1.500
28	1.500
29	1.500
30	1.500
31	1.500
32	1.500
33	1.500
34	1.500
35	1.500
36	1.500
37	1.500
38	1.500
39	1.500
40	1.500
41	1.500
42	1.500
43	1.500
44	1.500
45	1.500
46	1.500
47	1.500
48	1.500
49	1.500
50	1.500

CUADRO DE CONTRIBUCION	
Numero	Descripción
01	1.500
02	1.500
03	1.500
04	1.500
05	1.500
06	1.500
07	1.500
08	1.500
09	1.500
10	1.500
11	1.500
12	1.500
13	1.500
14	1.500
15	1.500
16	1.500
17	1.500
18	1.500
19	1.500
20	1.500
21	1.500
22	1.500
23	1.500
24	1.500
25	1.500
26	1.500
27	1.500
28	1.500
29	1.500
30	1.500
31	1.500
32	1.500
33	1.500
34	1.500
35	1.500
36	1.500
37	1.500
38	1.500
39	1.500
40	1.500
41	1.500
42	1.500
43	1.500
44	1.500
45	1.500
46	1.500
47	1.500
48	1.500
49	1.500
50	1.500

