



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

## **“Utilización del Software Civilcad para el Trazado Horizontal y Vertical de una Carretera Caso Práctico: Diagrama de Masas para Movimiento de Tierras”**

### **TESINA DE SEMINARIO**

**Proyecto Previa a la Obtención del Título de:**

### **INGENIERO CIVIL**

**Presentada por:**

**Arnaldo Arturo Bayona Malo  
Jinson Eugenio Romero Duran  
Julio Marcelo Almache Cajas**

**Guayaquil - Ecuador**

**Año - 2010**



D-107849

CIB

## **AGRADECIMIENTO**

**A dios por habernos dado la inteligencia y sabiduría**

**A nuestros padres, hermanos y amigos,**

**Quienes nos dieron todo su apoyo y a quienes**

**Con mucho esmero nos han impartido conocimientos diariamente y nos han ayudado a nuestro crecimiento ético y profesional.**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a mis padres Julio Gonzalo Almache Aguirre y María Delia Cajas de Almache quienes me han inculcado valores éticos y morales de los cuales estoy muy agradecido y sobre todo han sido un gran ejemplo de vida a seguir. También a mi esposa e Hijos, mis amigos y familiares que siempre estuvieron apoyándome en todo momento.

### **Julio Marcelo Almache Cajas**

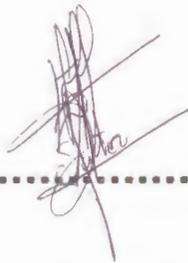
A Dios, a mis padres que con su apoyo moral y entusiasmo me han dado las fuerzas necesarias para llegar a este día a mis compañeros de tesis, a mis profesores por sus conocimientos impartidos.

### **Jinson Eugenio Romero Durán**

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios por darme la sabiduría y salud necesarias para poderme plantear metas concisas en mi vida y a mis padres por haberme dado la oportunidad de estudiar, por haberme enseñado el valor de la responsabilidad y por haberme inculcado valores éticos y morales que a lo largo de mis años me han permitido seguir adelante

### **Arnaldo Arturo Bayona Malo**

**TRIBUNAL DE GRADUACION**



.....  
**Ing. Eduardo Santos Baquerizo**  
**DIRECTOR DEL SEMINARIO Y TESINA**



.....  
**Ing. Manuel Gómez de la Torre**  
**PROFESOR DEL SEMINARIO**

## **DECLARACIÒN EXPRESA**

**La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior**

**Politécnica del Litoral**



## RESUMEN

El presente trabajo fue realizado con el objeto de demostrar la ventaja que tiene cualquier diseñador de vías de poder realizar el trazado geométrico vertical y horizontal de una carretera utilizando una herramienta digital llamada CIVILCAD.

Como ejemplo, se tomó el caso práctico de la vía ESPOL-PARCON, realizando un muestreo de la misma en una distancia de 580 metros con el fin de realizar el diseño geométrico de dicha vía y llegar luego a la obtención del diagrama de masas de movimiento de tierras que dicho proyecto requirió basándose en los volúmenes de corte y relleno necesarios para dicho efecto.

La metodología empleado para ello consistió en presentar una descripción de los parámetros que se deben conocer antes de usar el programa para los fines pertinentes; luego se procedió a detallar los pasos que se deben realizar para emplear el programa indicando específicamente cuales fueron los valores de diseño tomando como referencia principal las normas establecidas por el MTOP, de esa manera encontrar la equivalencia de dichos parámetros y características de diseño con las normas mexicanas SCT que el programa utiliza. Al final, se realizó una comparación entre los datos obtenidos sin utilizar el software con los datos obtenidos empleando CIVILCAD y llegar así a la conclusión que el uso del programa representará en el futuro en efecto un ahorro considerable de tiempo.

## **CONTENIDO**

### **CAPÍTULO 1.- UTILIZACIÓN DEL SOFTWARE CIVILCAD**

#### **1. Utilización del software CIVILCAD**

1.1. Introducción.....

1.2. ¿Qué es el CIVILCAD?.....

1.3. Funciones principales de CIVILCAD.....

1.4. Herramientas de CIVILCAD.....

1.5. Comandos de CIVILCAD.....

1.6. Planteamiento de un caso práctico resuelto con CIVILCAD.....

1.6.1. Descripción del sitio.....

1.6.2. Información topográfica del sector.....

1.6.3. Objetivos del uso del programa para este ejemplo.....

1.6.4. Normas mexicanas para diseño de carreteras de la SCT.....

1.7. Desarrollo del caso práctico.....

1.7.1. Importación de datos topográficos al programa.....

1.7.2. Proyecto horizontal.....	42
1.7.2.1. Curva horizontal .....	43
1.7.2.2. Tipos de curvas horizontales.....	43
1.7.2.3. Parámetros usados para el diseño de una curva horizontal.....	44
1.7.2.3.1. Elementos de una curva horizontal.....	44
1.7.2.3.2. Velocidad de diseño y radio de curvatura nomados por el MTOP.....	46
1.7.2.3.3. Peralte.....	48
1.7.2.3.4. Sobre-ancho.....	50
1.7.2.3.5. Bombeo.....	52
1.7.2.3.6. Longitud de transición.....	52
1.7.2.3.7. Grado de curvatura.....	53

1.7.2.3.8. Sobreelevación.....	54
1.7.2.4. Diseño de una curva horizontal simple con el programa.....	54
1.7.3. Proyecto vertical.....	62
1.7.3.1. Triangulación del terreno.....	63
1.7.3.2. Obtención de las curvas de nivel del sitio.....	65
1.7.3.3. Perfil del terreno.....	66
1.7.3.4. Línea de gradiente longitudinal del proyecto.....	68
1.7.3.5. Perfil del proyecto.....	69
1.7.3.6. Curva vertical.....	70
1.7.3.7. Tipos de curva vertical.....	70

1.7.3.7.1.	Curvas convexas.....	71
1.7.3.7.2.	Curvas cóncavas.....	71
		72
1.7.3.8.	Parámetros usados para el diseño de una curva vertical.....	
1.7.3.8.1.	Elementos de una curva vertical.....	72
		73
1.7.3.8.2.	Parámetro K.....	
1.7.3.8.3.	Visibilidad.....	74
1.7.3.8.4.	Longitud mínima de curva.....	75
		76
1.7.3.9.	Diseño de curvas verticales usando el programa.....	

## Capítulo 2.- MOVIMIENTO DE TIERRAS

### 2. Movimiento de tierras

2.1. Introducción.....	80
------------------------	----

2.2. Definición.....	81
----------------------	----

2.3. Perfil Longitudinal.....	81
2.4. Perfiles transversales.....	82
2.4.1. Cálculo de áreas.....	83
2.4.2. Cálculo de volúmenes.....	84
2.4.2.1. Caso 1.- Existe solamente relleno.....	85
2.4.2.2. Caso 2.-Existe solamente corte.....	85
2.4.2.3. Caso 3.-Existe corte y relleno a la vez (secciones mixtas)....	86
2.4.2.4. Secciones especiales.....	86
2.5. Diagrama de masas.....	87
2.6. Objetivos del diagrama de masas.....	87

2.7. Cálculo del diagrama de masas.....	87
2.8. Gráfica del diagrama de masas.....	88
2.8.1. Procedimiento para realizar un proyecto de curva de masas de una carretera.....	89
2.8.2. Dibujo de una curva de masa.....	90
2.9. Cálculo de volúmenes utilizando fórmulas expuestas en el presente capítulo.....	91
2.9.1. Cálculo de corte.....	91
2.9.2. Cálculo de relleno.....	93
2.10. Diagrama de masas para el ejemplo anterior empleado los volúmenes calculados.....	96

**CAPÍTULO 3. CÁLCULO DE DIAGRAMA DE MASAS CON CIVILCAD**

**3. CÁLCULO DE DIAGRAMA DE MASAS CON CIVILCAD**

3.1. Diseño definitivo de la carretera.....	98
3.1.1. Diseño de secciones transversales.....	98
3.1.2. Perfil longitudinal de la vía.....	104
3.2. Tabla de resultados.....	104
3.2.1. Áreas.....	105
3.2.2. Elevaciones y espesores de terreno y subrasante.....	106
3.2.3. Sobreelevaciones y ampliaciones.....	106

3.2.4. Estacado.....	107
3.2.5. Curvas verticales.....	107
3.3. Cálculo de volúmenes empleando CIVILCAD.....	108
3.4. Tabla de RESUMEN.....	111
3.4.1. Ordenadas de la curva de masas (OCM) obtenidos con CIVILCAD....	112
3.4.2. Diagrama de masas obtenido con CivilCAD.....	113
3.5. Comparación de volúmenes de corte y relleno obtenidos por los dos métodos expuestos	114
3.6. Comparación del diagrama de masas utilizando CIVILCAD vs. el empleo de las fórmulas convencionales vistas en el capítulo 2.....	117
3.7. Análisis de resultados.....	119

## Glosario de términos

- **Acarreo.**-Transportar en vehículo de un lugar a otro.
- **Acoplo.**- Reunión de cantidad de alguna cosa
- **Distancia de Acarreo.**- Es la distancia a la que es transportado el material en un movimiento de tierras.
- **Directriz.**- (En geometría) Línea, superficie o volumen que determina las condiciones de generación de otra línea, superficie o volumen.
- **Subrasante.**- Es la línea imaginaria que define el eje longitudinal de la carretera, la cual se define así al terreno de fundición de los pavimentos, pudiendo estar constituida por el suelo natural de corte o de la parte superior de un relleno debidamente compactado.
- **Rasante.**- Línea de una calle, camino o carretera, considerada en su inclinación o paralelismo respecto del plano horizontal.
- **Terraplén.**- Montón de tierra que sirve para rellenar un hueco que se levanta con un fin determinado.
- **Pedraplén.**- Capa de piedras colocadas sobre un talud o terreno, para evitar la erosión.
- **Material de préstamo.**- Préstamo de banco a fin de obtener los materiales para relleno para la ejecución de los trabajos, puesto en el lugar de la obra, incluye: extracción, remoción, apile, carga, acarreo, sobre acarreo, descarga al lugar indicado por el supervisor de la obra.

- **Material de descapote.-** Es el material removido y extraído del lugar para poder trabajar.
- **Zanja.-** Excavación larga y estrecha que se hace en la tierra.
- **Reglamento SCT.-** Código de normas mexicanas para la construcción de vías, de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte.
- **Rasante.-**Línea que une las cotas de una vía terminada.
- **Perfil del proyecto.-** Línea cuya proyección en el alineamiento vertical de una carretera representa la unión de los puntos por donde irá el eje de la subrasante de la carretera.
- **Cotas.-** Línea que se utiliza en la representación de planos en el dibujo técnico para determinar las medidas de las piezas representadas en un plano.
- **Curvas de nivel.-** línea que en un mapa une todos los puntos que tienen igualdad de condiciones y de altura
- **Visibilidad.-** Capacidad del conductor de un vehículo para reaccionar ante un obstáculo en la vía
- **Subrasante.-** Superficie de las explanaciones terminadas, sobre la que se construirá la estructura del pavimento.
- **Espaldón.-** Parte de una carretera o camino contigua a la calzada.
- **Corona.-** Parte de la vía que contiene a la calzada más el ancho de los espaldones
- **Calzada.-** Parte de la vía destinada a la circulación de vehículos.

- **Peralte.-** Sobre elevación del borde exterior de la superficie de rodadura, con relación al borde interior, en los tramos en curva horizontal.
- **Factor de abundamiento.-** Relación que existe entre el volumen del material en el banco y el volumen del material suelto.
- **Factor de reducción.-** Relación que existe entre el volumen del material en el lugar consolidado y el volumen del material seco y suelto.
- **Despalme.-** El despalme del terreno consiste en retirar la capa superficial (tierra vegetal) que por sus características mecánicas no es adecuada para el desplante de los edificios

## **CAPÍTULO 1.-UTILIZACIÓN DEL SOFTWARE CIVILCAD**

### **1.- UTILIZACIÓN DEL SOFTWARE CIVILCAD**

#### **1.1.- Introducción**

Durante del proceso de formación como Ingenieros Civiles de la ESPOL, hemos aprendido la importancia de contar con la tecnología para poder facilitar el trabajo de oficina, es por esta razón que con esta tesina damos a conocer una herramienta de fácil uso y que es capaz de ahorrarnos tiempo a la hora de elaborar nuestro planos topográficos, se trata de CivilCAD, un software enfocado especialmente al diseño geométrico de vías y que hoy en día se sigue mejorando, ofreciendo un sinnúmero de oportunidades que representan un ahorro considerable de tiempo para el diseñador de vías. Para ello, es necesario que esta herramienta sea difundida hacia todas las personas que les interese, de alguna manera realizar planos topográficos o diseño geométrico de carreteras, y así poderle sacar el mayor provecho posible; es por eso que planteamos la propuesta de elaborar un caso práctico que involucre el trazado vertical y horizontal de una carretera, para llegar finalmente a la obtención del diagrama de masas del ejemplo propuesto, y con ello mostrar todo el procedimiento requerido al momento de interactuar con el software, demostrando así la versatilidad de este programa y la

facilidad de su manejo siempre y cuando se lo haga de la manera debida, la cual la iremos explicando detalladamente en los temas posteriores.

### **1.2.- ¿Qué es CivilCAD?**

Civil CAD es un software profesional usado especialmente en el diseño de vías terrestres, fraccionamientos y terracerías, se usa sobre AutoCAD, siendo éste una herramienta del mismo, ofreciendo diversas aplicaciones, módulos de trabajo, y elaboración de hojas de reportes en Excel con un formato automático, y muy fácil de comprender para el Ingeniero o el profesional de la topografía.

### **1.3.- Funciones principales de CivilCAD**

Por ser un software destinado a realizar principalmente proyectos de carácter topográfico, entre las funciones más utilizadas en esta herramienta de AUTOCAD llamada CIVILCAD, entre las más importantes se pueden mencionar las siguientes:

- ✓ Edición de puntos

Es posible determinar coordenadas y detectar puntos repetidos, además de modificarlos de acuerdo a la necesidad del diseñador.

✓ Edición de Triangulación

Se utiliza al momento de querer realizar la altimetría de algún proyecto en particular, acotando un intervalo de puntos ingresados, todos con diferentes cotas, al programa para luego obtener las curvas de nivel en dicha sección.

✓ Determinación de volúmenes entre secciones

Permite calcular los volúmenes entre las secciones transversales de la carretera, una vez que ya han sido determinados los perfiles del proyecto y conociendo previamente los perfiles del terreno con sus cotas correspondientes.

✓ Dibujar curvas horizontales para carreteras

El programa permite diseñar curvas horizontales simples o espirales de acuerdo al reglamento SCT, ingresando datos como el tipo de camino, longitud de transición de la curva, entre otros.

✓ Dibujar curvas verticales para carreteras

Una vez dibujados los perfiles del terreno y del proyecto se pueden diseñar curvas verticales, ingresando al programa datos como la altura del ojo, altura del objeto, parámetros de visibilidad, entre otros; todos ellos normados de acuerdo a los estándares del reglamento SCT.

✓ **Diseño de taludes con bermas**

A partir de la versión reciente 2008.0.6 de CIVILCAD, es posible diseñar bermas en taludes seleccionando polilíneas existentes seleccionando el perfil del proyecto generado ingresando información como datos del talud, espesores de corte o terraplén. etc.

#### **1.4.- Herramientas de CivilCAD**

El software proporciona una gama de herramientas que deben ser conocidas previo a la realización de cualquier diseño o proyecto, conocerlas es parte fundamental del proceso de aprendizaje de utilización de este programa, además de lograr una mayor rapidez al momento de estar trabajando conociendo que es lo que se puede hacer, y donde se encuentra la herramienta para dicho propósito.

Entre las herramientas que ofrece el software CivilCAD tenemos las siguientes:

**Textos**

Corresponde a todas herramientas destinadas a trabajar con el texto que se desee ingresar al programa, permitiendo de esa manera modificar los siguientes parámetros:

<b>Estilo de texto</b>	<b>Separar texto</b>	<b>Importar texto</b>	<b>Anotar arcos</b>
<b>Definir altura de texto</b>	<b>Editar</b>	<b>Exportar texto</b>	<b>Anotar áreas</b>
<b>Escribir</b>	<b>Intercambiar líneas</b>	<b>Cambiar variables</b>	<b>Numerar</b>
<b>Directriz</b>	<b>Re-espaciar líneas</b>	<b>Anotar</b>	<b>Acotar vértices</b>
<b>Arco-texto</b>	<b>Sumar texto</b>	<b>Anotar líneas</b>	

### **Polígonos**

Corresponde al conjunto de actividades capaces de modificar las propiedades de cualquier polígono dibujado en el programa.

Dibujar polígono	Subdivisión de polígono	Dibujar arco
Corregir polígono	Centro geométrico	

### **Generación de cuadros**

Cuadro de construcción	Editor	Sumar áreas
Cuadro de curvas	Editar objetos	

### **Puntos**

Corresponde a todas aquellas herramientas que tienen el propósito de efectuar operaciones con los puntos ingresados por el diseñador a través de vectores que conectan los mismos otorgándoles coordenadas en la hoja de trabajo de CIVILCAD

Editor de puntos	Anotar puntos	Convertir puntos	Localizar punto
Dibujar puntos	Renumerar puntos	Unir puntos	Mostrar punto
Importar puntos	Insertar puntos	Rotar puntos	Estacado de puntos
Exportar puntos	Modificar puntos	Escalar puntos	

### ***Generación de reportes***

Gracias a ésta herramienta, se pueden obtener todos los resultados del diseño a través de tablas, luego de que el software CIVILCAD efectuó los cálculos pertinentes mediante la información preliminar y criterios de diseño que fueron ingresados previamente. Esto incluye reportes en EXCEL del cálculo de curvas verticales y horizontales, generación de hojas de cálculo en EXCEL para la obtención de las ordenadas de la curva de masas, entre otros.

Indicar colindancias	Memoria técnica	Localizar punto	Localizar lote
Indicar lotificación	Memoria	Localizar	Localizar manzana

	descriptiva	colindancia	
Indicar puntos	Memoria descriptiva-técnica	Imprimir reporte	Capa
Memoria puntos geométricos	Resumen de áreas	Editar reporte	

### ***Altimetría/Triangulación***

Su función principal es la de servir de herramienta principal previa a la obtención de las curvas de nivel, ya que trabaja con un algoritmo de triangulación en el cual se especifica el intervalo que se desea detallar, para ello se cuenta con diversas herramientas que hacen posible dicha tarea

Triangulación	Ordenar triangulación	Dibujar líneas límite	Zonificación por pendientes
Triangulación de terreno	Revisar triangulación	Convertir líneas límite	Proyectar puntos
Triangulación de proyecto	Recortar triangulación	Dibujar Línea Cero	Insertar puntos en triangulación

## 1.5.- Comandos de CIVILCAD

Los comandos detallados a continuación deben anteponerse con un guión para evitar conflictos con otros comandos de AutoCAD.

COMANDO	FUNCION
-123	Numeración progresiva
-3DMALLAP	3D Malla de proyecto
-3MALLAT	3D Malla de terreno
-ABC	Rotulación progresiva
-ACOTVERT	Acotar vértices
-ADMLIC	Administrador de licencias
-ANOTAR	Anotar líneas arcos y áreas
-ANOTARC	Anotar datos de arcos
-ANOTCURV	Anotar curvas de nivel
-ANOTEJE	Anotar eje de proyecto
-ANOTLIN	Anotar datos en líneas
-ANOTPEND	Anotar pendientes en perfiles
-ANOTPERF	Anotar perfiles
-ANOTPIN	Anotar putos de inflexión
-ANOTPTO	Anotar datos en puntos de

	terreno
-ANOTPTP	Anotar datos en puntos de proyecto
-ANOTSEC	Anotar datos en secciones
-ARCOTEXT	Escribir texto en arco
-CANDADO	Protección de archivos Dwg
-CERPOL	Corregir polígono
-CG	Guardar combinaciones
-COLIND	Definir colindancias
-COMPAREA	Compensar áreas en secciones
-CONVLIM	Convertir línea cero
-CONVPERF	Convertir línea limite
-CONVPTO	Convertir perfil de terreno
-CONVPTP	Convertir perfil de proyecto
-CONVSECP	Convertir secciones de proyecto
-CONVSECT	Convertir sección de terreno
-CUADCON	Cuadro de construcción
-CUADCURV	Cuadro de curvas
-CURVERT	Curvas verticales
-CURVTEM	Visualizar configuración de

	terreno
-CURVNIVP	Curvas de nivel de proyecto
-CURVNIVT	Curvas de nivel de terreno
-CURVNIVZP	Curva de nivel Z de proyecto
-CURVINVZT	Curva de nivel Z de terreno
-DIBLINO	Dibujar línea cero
-DIBPLAT	Dibujar plataforma
-DIBSECP	Dibujar sección de proyecto
.DIBSECT	Dibujar sección de terreno
-DIBPTO	Dibujar puntos de terreno
-DIBPTP	Dibujar puntos de proyecto
-DIRECTRZ	Directriz
-EDITORPT	Editor de puntos
-EDITREP	Editar reporte
-ESCP	Escalar puntos
-ESCPP	Escalar puntos de proyecto
-ESCPT	Escalar punto de terreno
-ESCRIBIR	Escribir
-ESTACION	Insertar estaciones
-EXPTEXT	Exportar texto

-ESPUNTO	Exportar puntos de terreno
-EXPUNTP	Exportar punto de proyecto
-FA	Cambiar de capa
-FD	Seleccionar capa
-FZ	Dejar capa prendida
-GPS-UTM	Conversión Coord. Geográficas- utm
-HCALC	Hoja de cálculo
-HTEXT	Definir altura de texto
-IMPREP	Imprimir reporte
-INPSECC	Importar secciones
-IMPTEXT	Importar texto
-IMPUNTO	Importar punto de terreno
-IMPUNT	Importar puntos de proyecto
-INSERTPP	Insertar puntos de proyecto
-INSERTPT	Insertar puntos de terreno
-INSPUNTO	Insertar puntos
-INTTEXT	Intercambiar líneas de texto
-INRUMB	Invertir rumbos
-INVTRI	Invertir triangulación

-LBLOCK	Librería de blocks
-LINEA0	Obtener línea cero
-LINLIM	Líneas límites
-LOCPOL	Localizar lote
-LOCMZA	Localizar manzana
-LOCPTO	Localizar punto de terreno
-LOCPTP	Localizar punto de proyecto
-LOCCOL	Localizar colindancia
-LOTIF	Definir datos de litificación
-MARGEN	Definir escala de impresión
-MEMODESC	Memoria descriptiva
-MEMODT	Memoria descriptiva técnica
-MEMOPTO	Memoria puntos geométricos
-MEMOTEC	Memoria técnica
-MODIFPTO	Modificador datos de puntos de terreno
-MODFPTP	Modificar datos de puntos de proyecto
-NA	Prender todas las capas
-ORDTRI	Ordenar triangulación

-PERFIL	Dibujar perfil de terreno
-PERPRO	Dibujar perfil de proyecto
-POLIGONO	Dibujar polígono
-PTPROY	Dibujar puntos de proyecto
-PXY	Coordenada XY de punto
-PXYZ	Coordenada XYZ de punto
-RECORTIP	Recortar triangulación de proyecto
-RECORTIT	Recortar triangulación de terreno
-REFINTRIP	Refinar triangulación de proyecto
-REFINTRIT	Refinar triangulación de terreno
-REFINTRIP	Refinar triangulación de proyecto
-REFINTRIT	Refinar triangulación de terreno
-RENUMPT	Reenumerar puntos de terreno
-REPPTP	Reporte de puntos de proyecto
-REPPTT	Reporte de puntos de terreno

-ROTPT	Rotar punto
-RESPTEX	Re espaciar texto
-RESUMEN	Resumen áreas y usos litificaciones
-RETGPS	Reticula GPS
-RETPERF	Reticula Para perfiles
-RETSEC	Reticula para secciones
-RETUTM	Reticula UTM
-REVTRI	Revisar triangulación
-ROTPP	Rotar datos de puntos de proyecto
-ROTPT	Rotar datos de puntos de proyecto
-SECPTVOL	Procesar volumen entre secciones
-SECTER	Obtener secciones de terreno
-SECTERP	Obtener secciones de terreno- proyecto
-SECVOL	Secciones y volúmenes
-SEPTEXT	Separar texto

-SUBDPOL		Subdividir polígono
-SUMAREA		Sumar área
-SUMTEXT		Sumar texto
-SUPERF		Anotar áreas
-TRAZAR		Trazar
-TRIANGULACION PROYECTO	DE	Triangulación de proyecto
-TRIANGULACION TERRENO	DE	Triangulación de terreno
-UNIR PUNTOS XY		Unir puntos de XY
-UNIR PUNTOS XYZ		Unir puntos de XYZ
-CONVERSION COORD. UTM- GEOGRAFICAS		Conversión coord. UTM- GEOGRAGICAS
-CAMBIAR VARIABLES	VALORES	Cambiar valores variables
-VISOR DE ARCHIVOS*.SDL		Visor de archivos*.SLD

## Comandos módulos carreteras SCT

Durante el transcurso del proyecto, se trabajará principalmente con los comandos destinados a la creación de carreteras, es por ello es fundamental conocerlos previamente a la presentación del tutorial para evitar futuros inconvenientes.

A continuación se detallan los comandos usados para la creación de carreteras:

COMANDO	FUNCION
-NIVPERF	Hoja captura nivelación diferencial
-NIVSECT	Hoja de captura seccionamiento por elevación
-NIVSECTD	Hoja de captura seccionamiento por desnivel
-CURHORZ	Dibujar curvas horizontales
-ANOTRCURVH	Anotar datos en curvas horizontales
-ELIMCURVH	Eliminar curvas horizontales
-GRAFSELEV	Grafica de sobreelevaciones

-GRAFSAC	Grafica de sobre anchos
-EDITCURVH	Editar datos de curva horizontal
-CURVERTP	Dibujar curvas verticales
-REPCURVERT	Recuperar curvas verticales
-CUADCONEJE	Generar cuadro de construcción de eje de trazo
-SEPEJE	Separar eje
-INVEJE	Invertir cadenamiento de eje
-REPTRAZO	Generar reporte de eje de trazo
-CONVCMAS	Convertir polilínea a curva de masa
-LINCOMP	Dibujar línea compensadora
-MOVLCOMP	Mover línea compensadora
-ANOTSOBREAC	Anotar sobreacarreos
-REPSOBREAC	Generar reporte de sobreacarreos

## **1.6- Planteamiento de un caso práctico resuelto con CIVILCAD**

### **1.6.1-Descripción del sitio**

El ejemplo propuesto en este proyecto comprende los primeros 500 metros de la vía ESPOL-PARCON, sitio que en la actualidad está en proceso de construcción y que tiene una longitud total de 1.47km.

El terreno natural tiene la característica de ser ondulado.

### **1.6.2.- Información topográfica del sector**

La información topográfica del terreno, previo a la construcción de la vía, fue tomada en campo, obteniendo las coordenadas de dichos puntos junto con sus cotas correspondientes.

La siguiente tabla detalla dicha información.

### **1.6.3.-Objetivos del uso del programa para este ejemplo**

El objetivo principal del proyecto será utilizar la información topográfica presente en el sector e ingresarla al software CivilCAD; y mediante criterios de diseño pre-establecidos, tanto a juicio del diseñador, como sujeta a

normas de diseño de carreteras (SCT) contenidas en el programa, obtener finalmente el diseño geométrico de la carretera en estudio.

El proyecto ofrece una guía del procedimiento necesario para poder realizar lo mencionado anteriormente, exponiendo a su vez todos los elementos que intervendrán en el diseño de la carretera con sus respectivas definiciones.

Para ello, es importante definir las metas que se busca lograr con este caso práctico, siendo ellas:

- Realizar el trazado horizontal de la carretera en cuestión, mediante el diseño de una curva horizontal.
- Realizar el trazado vertical del tramo en cuestión, diseñando dos curvas verticales que existirán en la vía.
- Obtener los perfiles transversales del proyecto.
- Obtener el perfil longitudinal del proyecto.
- Obtener la línea de gradiente longitudinal del proyecto
- Obtener las ordenadas de la curva de masas, junto con el diagrama de masas y los volúmenes de corte y relleno necesarios.

#### **1.6.4.-Normas mexicanas para diseño de carreteras de la SCT**

El programa es de origen mexicano, por lo tanto está sujeto a las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) de ese país, la cual es el máximo organismo que regula y controla la construcción de vías.

Muchos de los códigos y normas de diseño en el presente proyecto están regulados por el reglamento del MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas), por lo tanto es necesario relacionar dichas normas con las que se encuentran contenidas en el reglamento mexicano.

### **1.7.- Desarrollo del ejemplo**

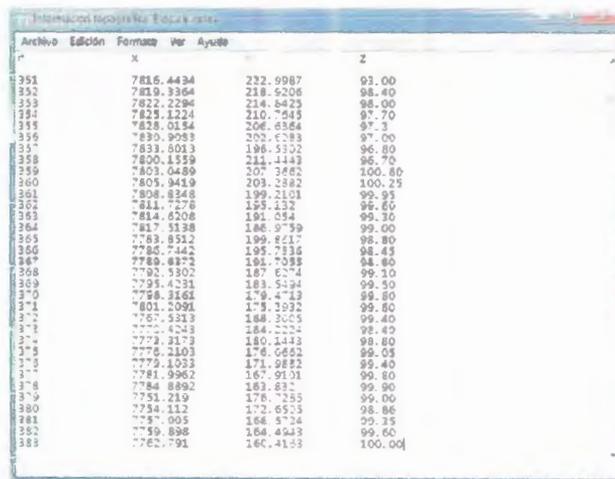
Una vez que se cuente con la información requerida para resolver este ejemplo, se explicará paso a paso el procedimiento necesario para introducir la información correspondiente al software CivilCAD, y poder de esta manera realizar el trazado horizontal y vertical del tramo de carretera expuesto anteriormente, con el fin de obtener las tablas de resultados de acuerdo a nuestro problema; las cuales contendrán el diagrama de masas correspondiente. Esto se realiza una vez determinadas las áreas de corte y terraplén, las cuales son obtenidas a partir del cálculo anterior de las secciones transversales.

El ejemplo se irá desarrollando conforme al siguiente orden:

### 1.7.1.-Importación de datos topográficos al programa

Para poder importar la información topográfica del campo (puntos), estos tienen que ser escritos en un block de notas, hecho en cualquier programa, separadas por espacio.

Este archivo deberá contener 4 columnas, la primera que contiene la numeración de los puntos, la segunda columna es la coordenada Este del punto, la tercera columna representa las coordenadas Norte, y finalmente la cuarta columna contiene los valores de las cotas (Coordenadas en Z) para cada punto.

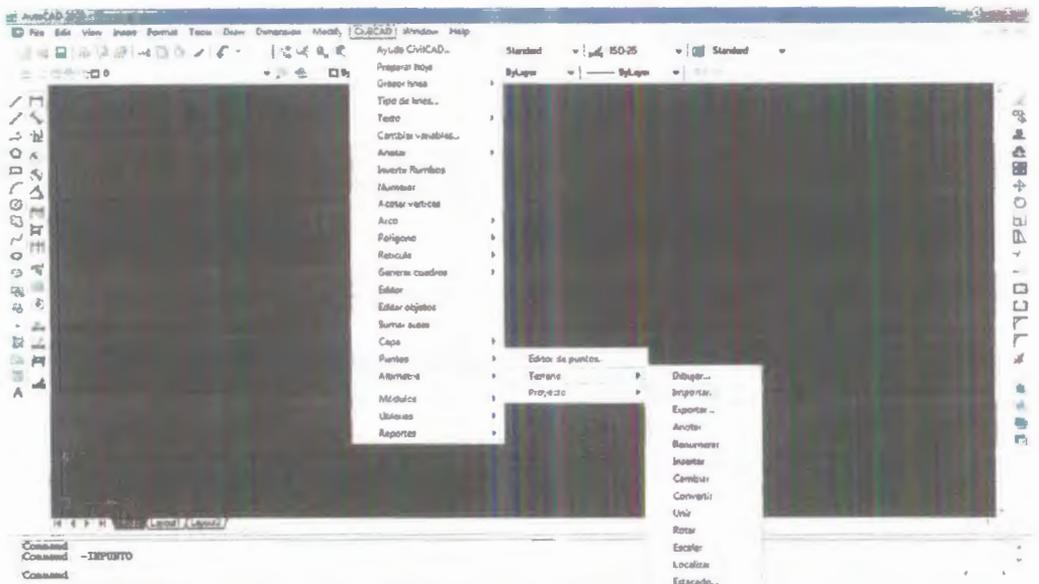


p	X	Z	Z
351	7816.4434	232.9987	91.00
352	7819.3364	218.5206	88.40
353	7822.2294	218.8425	88.00
354	7825.1224	210.7445	97.70
355	7828.0154	206.8384	97.3
356	7830.9083	202.7383	97.00
357	7833.8013	198.5322	96.80
358	7800.1559	211.4443	96.70
359	7803.0489	207.3482	100.80
360	7805.9419	203.2482	100.25
361	7808.8348	199.1401	99.93
362	7811.7278	195.032	99.60
363	7814.6208	191.034	99.10
364	7817.5138	186.9259	99.00
365	783.8512	199.8217	98.80
366	7865.7442	195.7134	84.43
367	7789.8372	192.6058	84.80
368	7792.7302	187.5074	99.10
369	7795.6231	183.4094	99.50
370	7798.5161	179.3113	98.80
371	7801.4091	175.2132	99.80
372	7804.3021	168.2055	99.40
373	7807.1951	164.1074	98.40
374	7810.0881	160.0093	98.80
375	7812.9811	155.9112	99.05
376	7815.8741	151.8131	99.40
377	7818.7671	147.715	99.80
378	7821.6601	143.6169	99.90
379	7824.5531	139.5188	99.00
380	7827.4461	135.4207	98.86
381	7830.3391	131.3226	99.25
382	7833.2321	127.2245	99.60
383	7836.1251	123.1264	100.00

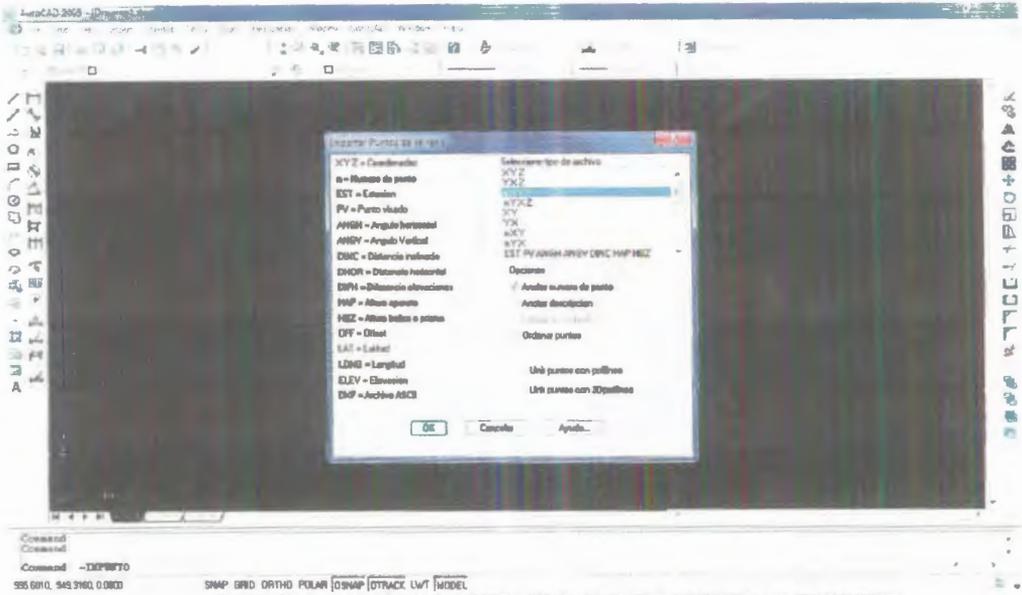
IMAGEN 1.- INFORMACIÓN TOPOGRAFICA ESCRITA EN UN BLOCK DE NOTAS

Para nuestro ejemplo de aplicación, la base de datos hecha en block de notas se llamara "información topográfica". Se seguirá el siguiente orden, CIVILCAD – PUNTOS – TERRENO - IMPORTAR.

Aparece entonces la siguiente tabla:

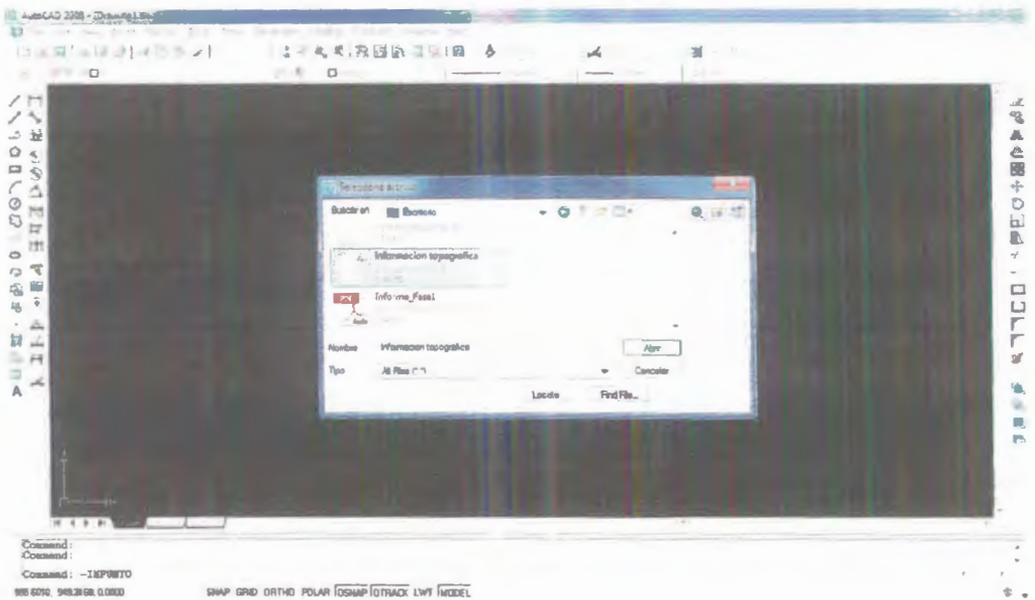


**IMAGEN 2- CUADRO CON PROCEDIMIENTO PARA IMPORTACIÓN DE DATOS**



**IMAGEN 3.- CUADRO MOSTRANDO TIPO DE ARCHIVO A ESCOGER**

Seleccionamos el archivo en el lugar que guardamos



**IMAGEN 4.- SELECCIÓN DEL ARCHIVO**



### **1.7.2.1. Curva horizontal.-**

Es aquel elemento del eje visto en planta que resulta de unir aquellas rectas tangentes que se intersecan entre sí mediante un tramo curvo. Por lo general las curvas corresponden a un tramo de un círculo. Su diseño comprende el cálculo de diversos parámetros, los cuales serán explicados en el siguiente paso.

### **1.7.2.2. Tipos de curva horizontal.**

Existen diversas clases de curvas de acuerdo a su complejidad dando lugar a la siguiente clasificación.

- Curvas simples.- Un solo radio que une dos tangentes
- Curvas espirales de transición.- Son las curvas que unen al tramo de tangente con la curva circular en forma gradual, tanto para el desarrollo del peralte como para el del sobre ancho.
- Curvas compuestas.- Varias curvas conectadas
- Curvas reversas.- Es una curva en "S" que une dos puntos de curvatura opuesta.

### 1.7.2.3.-Parámetros usados para el diseño de una curva horizontal

#### 1.7.2.3.1.-Elementos de una curva horizontal

- **Radio de curvatura (R).**- Es el valor del radio de la curva en cuestión (pudiendo ser un arco perteneciente a un círculo u otras curvas mas). Este valor es tomado de las normas de MTOP, que para este tipo de camino se considerara de 160m.
- **Principio de curvatura (Pc).**- Principio de curvatura, punto que señala donde empieza a trazarse el plano curvo en la tangente.
- **Termino de curvatura (Pt).**- Punto de terminación de curva, es el punto en donde termina la curva y que se interseca con la otra tangente.
- **Esternal (E).**- Segmento de recta que resulta de unir el **Cc** con el **Pi**.
- **X, Y,** Coordenadas rectangulares de un punto p (cualquier punto sobre la espiral) referidas a los ejes x e y
- **ET.**- Punto de la entrada de la espiral (únicamente para curvas en espiral).

- **TE.-** Punto de salida de la espiral (únicamente para curvas en espiral).
- **Longitud de tangencia (Lt).-** Longitud tangente ente **Pc** y **Pi**.
- **Cuerda larga (Cl).-** Tramo recto que une los puntos **Pc** y **Pt**.
- **Cc.-** Punto encontrado exactamente en la mitad de toda la longitud de la curva.
- **F.-** Flecha, une el punto medio de la cuerda larga con el **Cc**.
- **Longitud de curvatura (Lc) -** Longitud de curva, longitud total correspondiente al tramo de la curva, que comienza en el **Pc**, y termina en el **Pt**. Su valor viene dado por la fórmula :

$$L_c = \frac{\pi R \alpha}{180}$$

- **Punto de inflexión.-** Es el punto que resulta de la intersección de dos tangentes.
- **Angulo de deflexión.-** Es el ángulo de deflexión en el **PI** que resulta de prolongar las tangentes que formaron dicho punto de intersección.



Uno de los parámetros importantes que es necesario establecer previo al diseño geométrico de una carretera, es la velocidad de diseño del vehículo.

La velocidad de diseño se refiere a la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un camino cuando las condiciones atmosféricas y de tránsito son favorables.

ESPECIFICACIONES MOP - "VELOCIDAD DE DISEÑO"			
CLASE DE CARRETERA	REGION TOPOGRAFICA		
	LLANO	ONDULADO	MONTAÑOSO
R-I o R-II	120	110	90
I	110	100	80
II	110	100	80
→ III	100	80	60
IV	90	70	60
V	70	60	50

TABLA 1.- ESPECIFICACIONES DEL MTOP PARA LA VELOCIDAD DE DISEÑO

De esta forma, para este tipo de camino en particular, según las normas del Ministerio De Transporte y Obras Públicas (MTOP) corresponde al Tipo 3, cuya velocidad de diseño es entonces de  $80\text{km/h}$  para una región topográfica ondulada. Con este valor de velocidad se procede a escoger el radio de curvatura mínimo que deberá tener la curva horizontal. Al trabajar con la clasificación de las carreteras según las normas mexicanas

de la SCT identificamos a ésta como una carretera clase C. Se trabajará con el radio de curvatura mínimo de 210m. (Para terreno ondulado)

ESPECIFICACIONES MOP - RADIOS MINIMOS			
Clase Carretera	Tipo de Terreno		
	Llano	Ondulado	Montañoso
I	440	350	210
II	440	350	210
→ III	350	210	115
IV	280	165	115
V	160	115	115

**TABLA 2.-ESPECIFICACIONES DEL MTOP PARA RADIOS MÍNIMOS DE CURVATURA**

### 1.7.2.3.3.-Peralte

Se denomina peralte a la pendiente transversal que se da en las curvas a la plataforma de una carretera con el fin de compensar con una componente de su propio peso la inercia (Fuerza centrífuga) del vehículo, y lograr que la resultante total de las fuerzas se mantenga aproximadamente perpendicular al plano de la vía o de la calzada. De esta manera se asegura que se contrarreste la fuerza centrífuga que

actúa sobre él y el carro se mantenga estable dentro de la curva. La fórmula para el peralte es:

$$e = \frac{v^2}{127Rc} - f$$



FIGURA 2.-PERALTE DE UNA CURVA

Al remplazar con la fórmula:

$$Rc_{\min} = \frac{v^2}{127(e_{\max} + f)}$$

, teniendo en cuenta que el peralte máximo (e), es igual al **10%** y nuestro factor de fricción de acuerdo a la velocidad de diseño es de **0.14**, obtenemos un radio mínimo de curvatura de **209m** que es aproximadamente igual al mostrado en la tabla MTOP RADIO DE CURVATURA MÍNIMO PARA un terreno tipo III. Para cumplir esta

disposición usamos un radio de curvatura de diseño de **210m** para calcular el peralte se utiliza la fórmula:

$$e = \frac{v^2}{127Rc_{\text{diseño}}} - f$$

Con lo cual obtenemos un valor del **9.97%**.

#### **1.7.2.3.4.-Sobre ancho**

El sobre ancho se introduce en las curvas horizontales para mantener las mismas condiciones de seguridad que los tramos rectos, en cuanto al cruce de vehículos de sentido contrario, por las siguientes razones:

**1.-** El vehículo al describir la curva, ocupa mayor ancho que en la tangente, esto es debido a que las ruedas traseras recorren una trayectoria ubicada en el interior de la descrita por las ruedas delanteras, Además, el extremo delantero izquierdo, describe la trayectoria exterior del vehículo.

**2.-** La dificultad que experimentan los conductores para mantenerse en el eje del carril recorrido debido a la menor facilidad de apreciar la posición relativa de sus vehículos dentro de la curva.

Se debe tomar en cuenta que si la curva horizontal consta de una espiral de transición, el sobre ancho se reparte en ambos lados de la

vía y que si la curva horizontal no consta de una espiral de transición, el sobre ancho se repartirá solo del lado interior de esta.

En la siguiente tabla se muestran los valores de sobrencho para los distintos radios de curvatura según el MTOP.

CUADRO DE PERALTES, SOBREANCHOS Y LONGITUDES X, L PARA EL DESARROLLO  
CARRETERA DE 2 CARRILES - ANCHO DE VIA 6.70 m

Velocidad de diseño (Kph)	80	Gradiente Longitudinal	0.50		
Ancho de vía (m)	6,70	Pendiente de la vía (%)	2,00		
		Peralte máximo (%)	10,00		
Radio (m)	Peralte (%)	Sobrencho (m)	Longitud X (m)	Longitud de transición L (m)	
				Minima	Máxima
210	10,0	0,80	13	67	83
250	9,6	0,71	13	64	78
275	9,3	0,67	13	62	75
300	9,0	0,64	13	60	72
350	8,4	0,58	13	56	66
400	7,8	0,53	13	52	61
435	7,4	0,51	13	50	57
460	7,2	0,49	13	48	55
500	6,7	0,47	13	45	51
535	6,4	0,45	13	43	49
600	5,8	0,42	13	39	44
700	5,0	0,38	13	34	37

TABLA 3.-CUADRO DE PERALTES Y SOBREANCHOS PARA CURVAS DE DISTINTOS RADIOS SEGÚN EL MTOP

De acuerdo a esta tabla podemos determinar el sobre ancho para una radio de curvatura de 210m, siendo entonces el valor escogido de **80 cm**.

### **1.7.2.3.5.-Bombeo**

Es la pendiente que se le da a la corona en las tangentes de alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación de agua sobre la calzada.

Para nuestro diseño usaremos un bombeo del **2%**.

### **1.7.2.3.6.-Longitud de transición**

La longitud de transición es la distancia en la cual la vía comienza a experimentar los cambios en su peralte al entrar y salir de la curva, la fórmula para hallar su valor mínimo es igual a:

$$Le = \frac{ea}{2i}$$

Donde:

e=peralte de la curva

a=ancho de la vía (9.70m)

i=gradiente longitudinal, por norma del MTOP para una velocidad de diseño de 80Km/h es de 0.5

En nuestro caso la longitud de desarrollo del peralte  $Le=96.9709m$

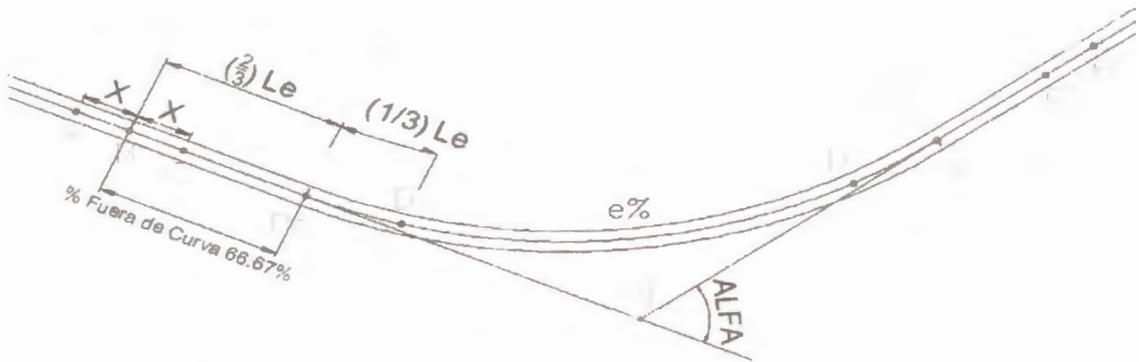


FIGURA 3.-LONGITUD DE TRANSICIÓN DE UNA CURVA

#### 1.7.2.3.7.-Grado de curvatura

Es el ángulo formado por un arco de 20 metros. Su valor máximo es el que permite recorrer con seguridad la curva con el peralte máximo a la velocidad de diseño.

El grado de curvatura constituye un valor significante en el diseño del alineamiento. Se representa con la letra  $G_c$  y su fórmula es la siguiente:

$$G_c = \frac{20 * 360}{2 * \pi * R_c}$$

Expresado en grados minutos y segundos.

Para nuestro ejemplo el Grado de curvatura calculado a partir del  $R_c$  de diseño será de **5 grados 27 minutos 24.264 segundos.**

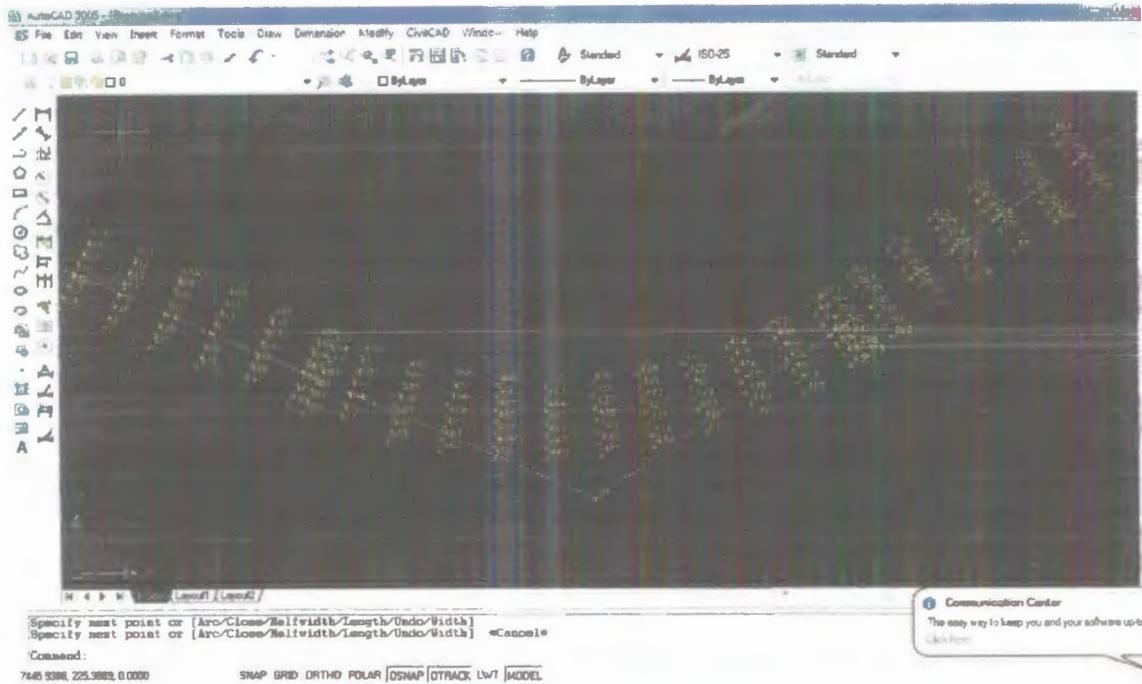
Otro aspecto que es necesario conocer es la sobreelevación, la cual deberemos ingresar como dato en la ventana que contienen los datos que definirán a la curva.

#### **1.7.2.3.8.-Sobreelevación.**

Es la pendiente que se le da a la corona hacia el centro de la curva horizontal para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga del vehículo, la sobreelevación máxima es el peralte máximo que presenta la curva en el centro de su recorrido que por norma es del **10%**.

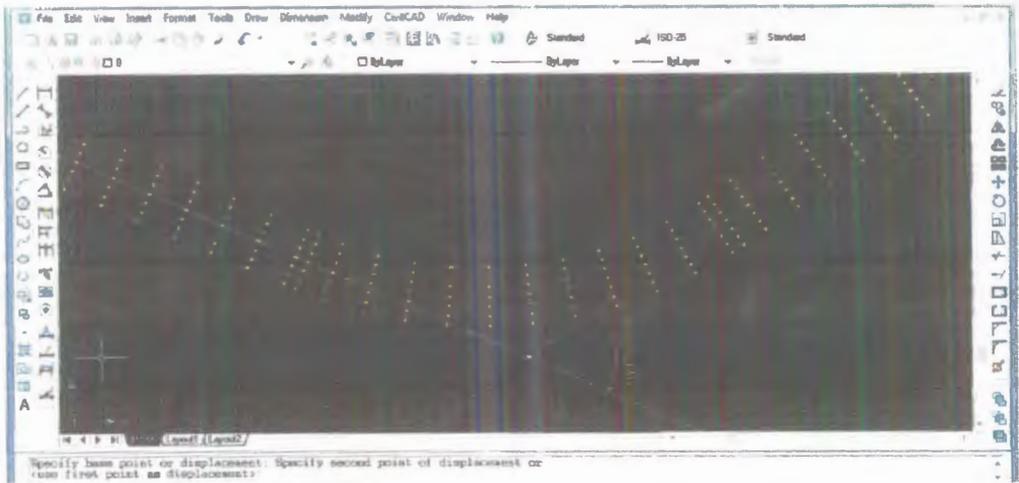
#### **1.7.2.4.- Diseño de una curva horizontal simple con el programa**

Una vez obtenida la información por medio de la herramienta importar punto, procedemos a trazar nuestro eje de la vía con la opción de AutoCAD *polilínea*. Los puntos de inflexión se encuentran ubicados dentro de nuestra información de campo y están denominados como puntos 01, 02, y 03, Una vez obtenida toda esta información procedo a trazar mi eje con la opción *polilínea*.



**IMAGEN 6.- TRAZADO DEL EJE DE LA VIA MEDIANTE UNA POLILINEA**

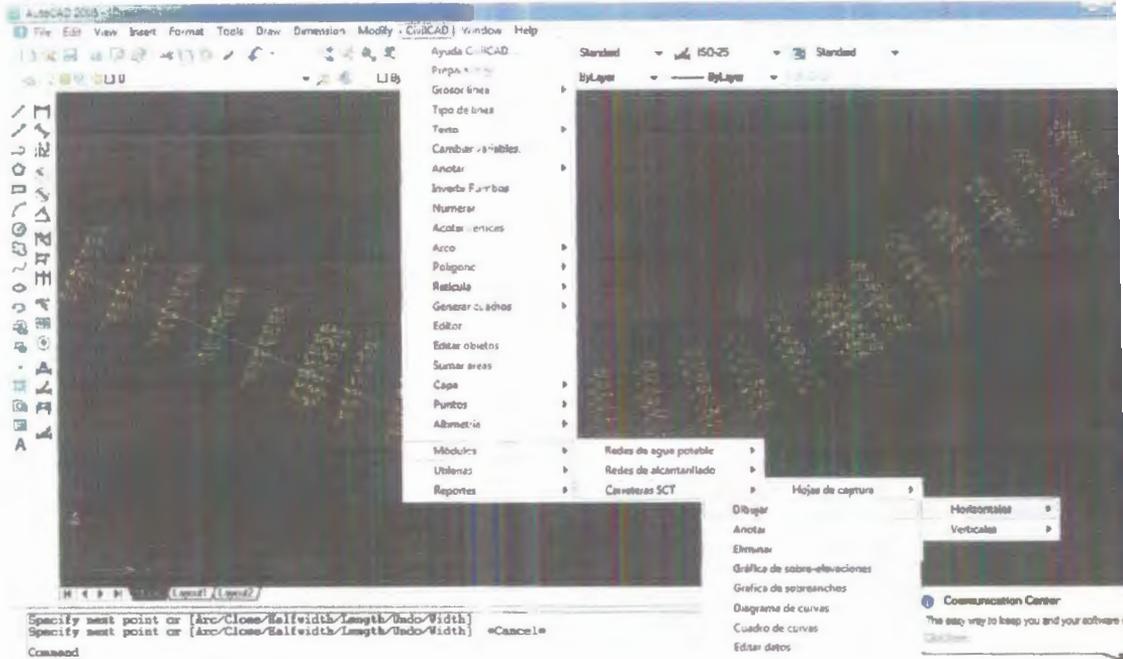
Con el eje de la carretera trazado se procede a obtener el ángulo de deflexión entre las tangentes que se forman entre los puntos de inflexión. A éste ángulo lo llamaremos  $\alpha$  (alfa).



**IMAGEN 7.- ÁNGULO ALFA**

En ángulo de inflexión obtenido **alfa ( $\alpha$ ) = 59° 15'36.28 "**

Una vez que hayamos trazado nuestro eje de la vía por los puntos de inflexión escogidos y obtenido el ángulo de inflexión procedemos a dibujar las curvas usando CIVILCAD de la siguiente forma; CIVILCAD-MÓDULOS - CARRETERAS SCT- CURVAS HORIZONTALES - DIBUJAR.



**IMAGEN 8.- CURVAS HORIZONTALES MEDIANTE CIVILCAD**

Se debe observar la línea de comandos, aquí el software nos pide indicar el punto de inflexión, hacemos click sobre nuestro punto de inflexión y nos aparece la siguiente ventana.



de acuerdo al código S.C.T e identificar la similitud que hay con los T.P.D.A de las clases de carreteras clasificadas por el M.T.O.P.

Es decir, sabiendo que nuestro tramo de carretera corresponde a una clase III (T.P.D.A. entre 500-1500 vehículos), procedemos a comparar con la tabla de la S.C.T.

CLASE DE CARRETERA	T.P.D.A.
A	3000 – 20000
B	1500 – 3000
C	500 – 1500
D	100 – 500
E	MENOS DE 100

**TABLA 4.- CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS SEGÚN SU T.P.D.A.**

Concluimos que nuestra carretera corresponde a una de clase C según la SCT

Los valores a ingresar en el recuadro de las curvas horizontales, para nuestro ejemplo, son los siguientes:

- Tipo de camino= C

- Velocidad del proyecto= 80km/h (De acuerdo al M.T.O.P.)
- Grado de curvatura=  $5^{\circ} 27' 24.264''$
- Sobreelevación al centro (Sc)= 10% (Peralte máximo en el centro de la curva)
- Sobreelevación inicial= -2% (Bombeo)
- Sobreelevación final= -2% (Bombeo)
- Longitud de transición, de entrada (Le)= m

Una vez que obtenemos la curva, abscisamos el eje de la vía con la opción CIVILCAD – ALTIMETRÍA – EJE DEL PROYECTO – MARCAR ESTACIONES, para ello, debemos leer la línea de comandos donde nos indica que seleccionemos el eje de la vía.

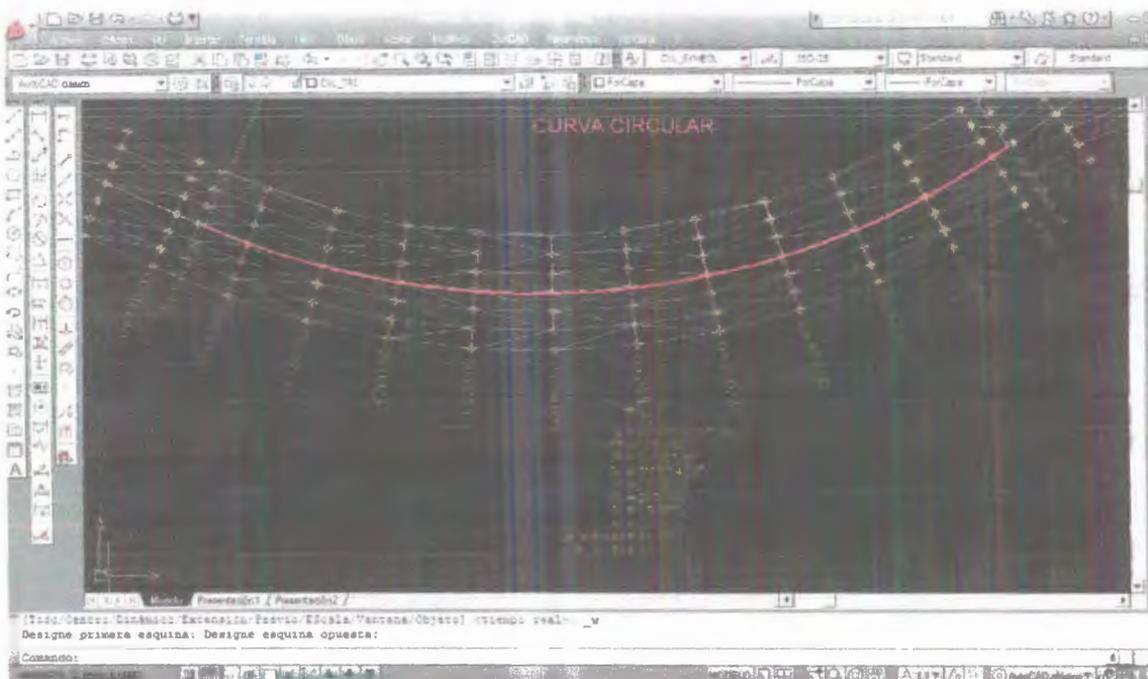
Una vez que lo seleccionamos aparece un enunciado que pide la *Nomenclatura de estación inicial*, hacemos un ENTER puesto que el programa muestra a la misma como la abscisa 0+000, la cual será nuestro punto de partida.

Cuando se pide la *longitud de derechas* escribimos 10 o 15, y damos un ENTER de igual forma para longitud izquierdas, después seleccionamos por intervalos escribiendo una I en la línea de comandos y hacemos ENTER.

La razón por la cual es preferible trabajar por intervalos es para que el programa abcise el eje de la carretera cada 20m automáticamente y no pida especificar la distancia cada vez que se esté avanzando una abscisa; por lo tanto escribimos 20 para la separación entre estaciones (el programa llama estaciones a las abscisas de nuestra carretera).

De la misma manera, escribimos E (ESTACIÓN), en la línea de comandos, después ENTER y ENTER nuevamente y al final para terminar escribimos T (TERMINAR) en la línea de comandos. Aparece entonces lo siguiente:

Ahora anotamos toda la información de la curva, CIVILCAD – MÓDULO CARRETERAS – CURVAS HORIZONTALES – ANOTAR.



**IMAGEN 12.- INFORMACIÓN DE LA CURVA HORIZONTAL PRESENTADA POR CIVILCAD**

Tenemos que leer la línea de comandos. elegimos nuestra escala por omisión y seleccionamos nuestro eje de la vía, y anotación individual, obteniendo finalmente la curva horizontal abscisada cada 20 m junto con todos sus parámetros.

Una vez creado todo el proyecto horizontal habiendo ingresado al software todos los parámetros para el diseño de las curvas, se procede a realizar el proyecto vertical, para ello será necesario conocer las cotas de la sub-rasante (cotas proyecto) a la cual se quiere llegar.

### **1.7.3.-Proyecto vertical.-**

Es la proyección del eje real de la vía sobre un plano vertical paralelo al recorrido del mismo. En él se detallan todas las cotas tanto del terreno natural como de las del proyecto, es decir las cotas de la rasante y de la sub-rasante.

Su diseño está compuesto, al igual que para el proyecto horizontal, por tramos rectos y curvos. Los tramos rectos, de pendiente constante, están normados de acuerdo a las especificaciones técnicas del MTOP, pudiendo ser más altas o pequeñas dependiendo del tipo de terreno con el que se

esté trabajando. Por otro lado, las curvas permiten el cambio suave de una pendiente otra, dándole al conductor una mayor sensación de seguridad en el momento en el que está recorriendo la vía.

Antes de empezar a crear el primer punto del proyecto vertical, tenemos que obtener el perfil del terreno, para esto tenemos que primero realizar la triangulación del terreno y luego graficar las curvas de nivel.

#### **1.7.3.1.- Triangulación del terreno.-**

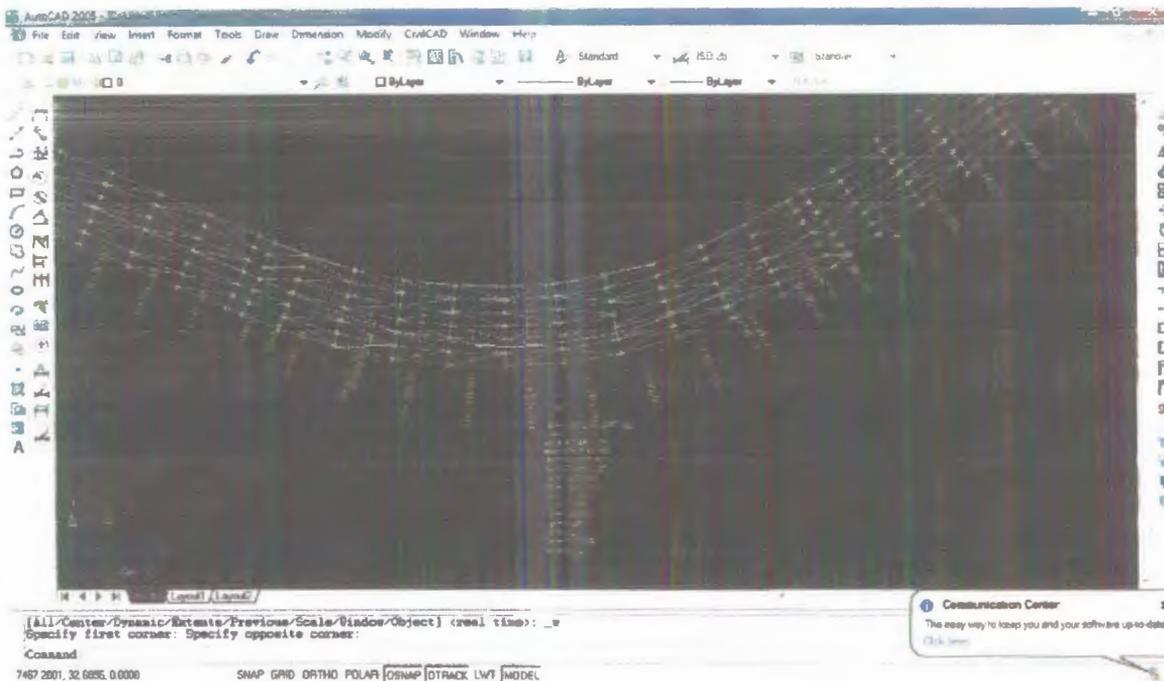
Previo a la obtención de las curvas de nivel de la franja en la cual se está trabajando, es necesario realizar la triangulación del terreno ya que el programa interpola las cotas entre los distintos puntos.

Se lo hace de la siguiente forma, CIVILAD – ALTIMETRÍA – TRIANGULACIÓN DEL TERRENO, leemos la línea de comando, y seleccionamos por *puntos* escribiendo "p" en la línea de comandos, se da un "ENTER" y después escribimos "TODOS", se comprueba de esta manera que existan 197 objetos seleccionados, dicha información aparece en la línea de comandos; después damos ENTER nuevamente y escribimos la distancia máxima de 50m, y ángulo mínimo damos ENTER por omisión. Se utiliza la distancia máxima de 50 m puesto que con este

valor nos aseguramos que el programa interpole las curvas en un rango seguro y que se encuentre rodeado de información topográfica.

Como recomendación personal, antes de hacer la triangulación se deben mover los puntos de inflexión a una distancia fuera del ancho de la calzada en un punto alejado del proyecto, una vez que se realizó la triangulación y curvas de nivel entonces volvemos a ubicar los puntos de inflexión en el lugar que se propuso desde el principio del proyecto.

Una vez que se hizo la triangulación del terreno, estas líneas se muestran de color gris como se observa en el siguiente gráfico:



**IMAGEN 13.- TRIANGULACIÓN DEL TERRENO**

### 1.7.3.2.- Curvas de nivel.-

Se obtienen de la misma forma anterior pero ahora en vez de triangulación seleccionamos la opción "CURVAS DE NIVEL" en la barra de ALTIMETRÍA.

Es decir CIVILCAD – ALTIMETRÍA – CURVAS DE NIVEL

Utilizamos una separación de 1m para las líneas (curvas de nivel) de menor importancia y una separación de 5m , con otro color, para las líneas más importantes.

Se trabaja así mismo con un grado de curvatura de 10 para que las curvas estén lo suficientemente suavizadas como para que se las pueda observar claramente.

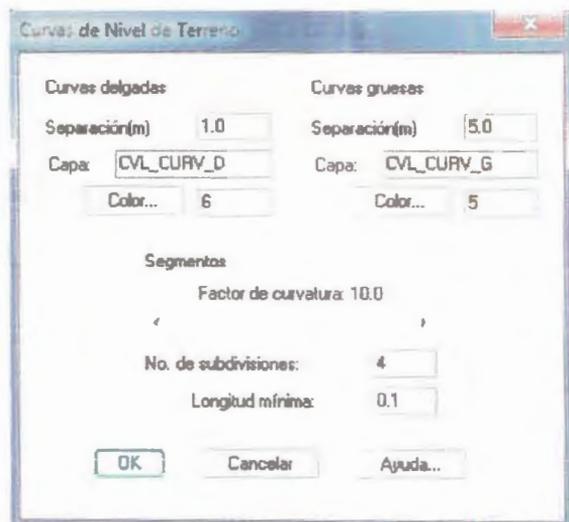
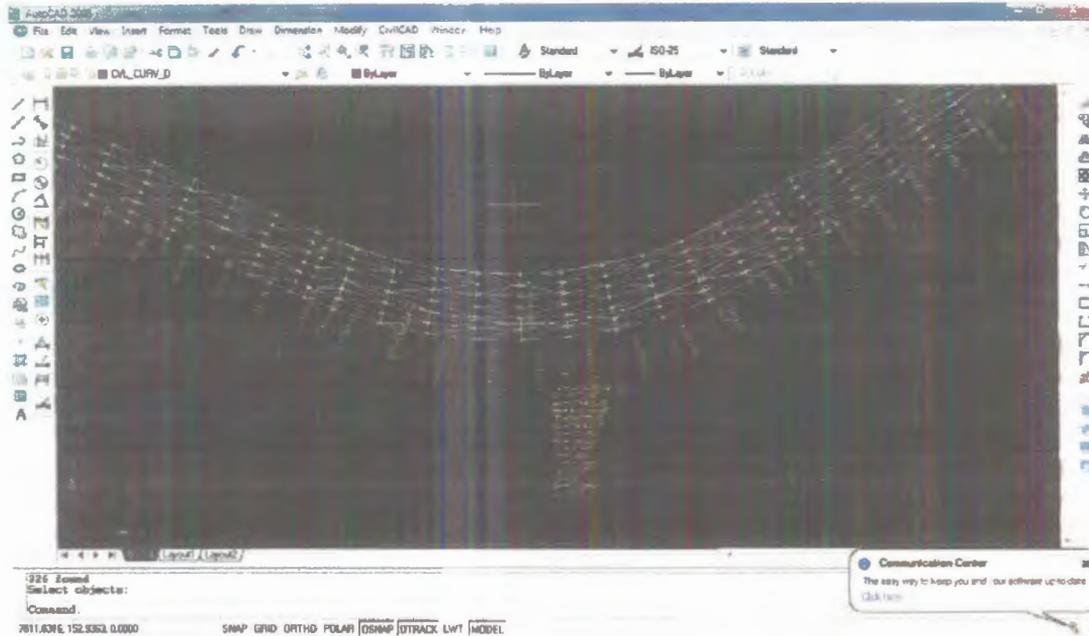


IMAGEN 14.- CUADRO PARA OBTENER CURVAS DE NIVEL

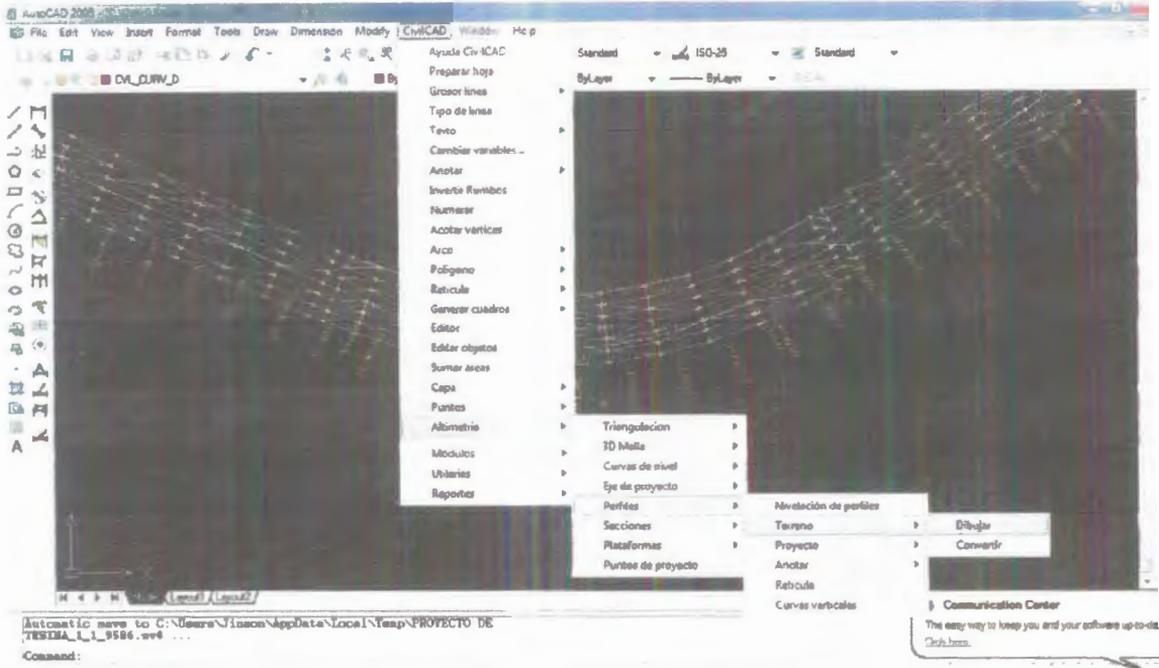
Damos click en OK en la ventana y leemos la línea de comando, nos dice seleccionar la triangulación del terreno escribimos "TODOS", luego hacemos un ENTER.



**IMAGEN 14.- CURVAS DE NIVEL**

### **1.7.3.3.- Perfil del terreno.-**

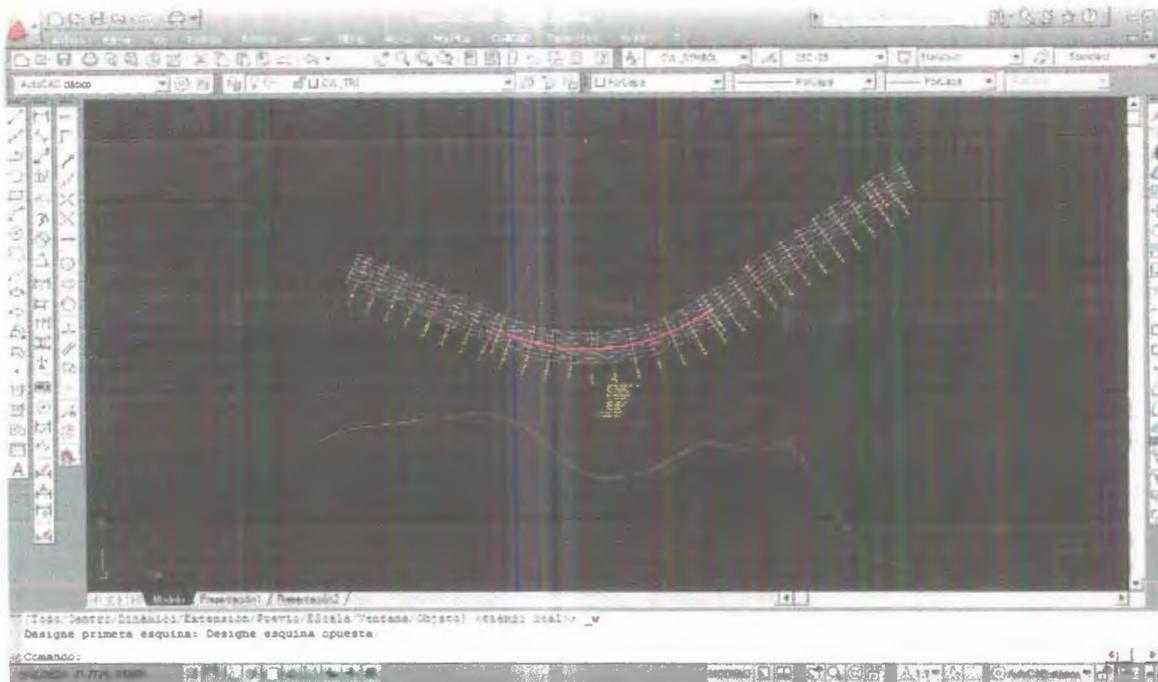
Se obtiene de la siguiente forma; CIVILCAD – ALTIMETRÍA – PERFILES DEL TERRENO – DIBUJAR



**IMAGEN 15.- PROCEDIMIENTO PARA OBTENER EL PERFIL DEL TERRENO DEL EJEMPLO**

Leemos la línea de comando y seleccionamos el eje del proyecto, escribimos “E”, y damos click en el eje de la carretera, al momento de pedimos la escala vertical hacemos un “ENTER” por omisión para la escala vertical y para la escala horizontal escribimos 100.

La línea correspondiente al perfil del terreno es la línea amarilla observada, el programa nos arroja el perfil del terreno de la siguiente manera:



**IMAGEN 16.- PERFIL DEL TERRENO**

#### **1.7.3.4.- Línea de gradiente longitudinal de la carretera**

Una vez obtenido el perfil de terreno, se procede a diseñar el perfil del proyecto, para ello debo obtener en primer lugar lo que se conoce como la línea de gradiente longitudinal de la carretera, la cual es básicamente la línea que seguirá la vía dependiendo de los valores de pendientes que se le dé a cada tramo.

Los valores de las pendientes para cada tramo, y las longitudes en que actuarán dichas pendientes estarán a criterio del diseñador, siempre y cuando se respete los rangos tolerables de acuerdo a las normas del MTOP.

### **1.7.3.5.- Perfil del proyecto.-**

Para dibujar el perfil del proyecto con el programa se sigue el siguiente orden: CIVILCAD – ALTIMETRÍA – PERFIL DEL PROYECTO - DIBUJAR.

Leemos la línea de comando y seleccionamos el perfil del terreno.

Empiezo a diseñar de la siguiente forma:

Al momento de ingresar la cota inicial en la línea de comandos, utilizamos la cota inicial del terreno, damos ENTER, luego escribimos la “p” de pendiente y escribimos el valor de nuestra pendiente “2.4%” hacemos ENTER y escribimos distancia horizontal 190m hacemos ENTER y ahora nuestros datos serán “-3.5%” de pendiente y 265m distancia horizontal, los últimos valores de pendiente y distancia horizontal de nuestro eje de proyecto serán “-6.5%” y 85m respectivamente.

El siguiente gráfico nos muestra la línea del perfil de proyecto (la cual es de color rojo en este caso), junto con la línea del perfil del terreno

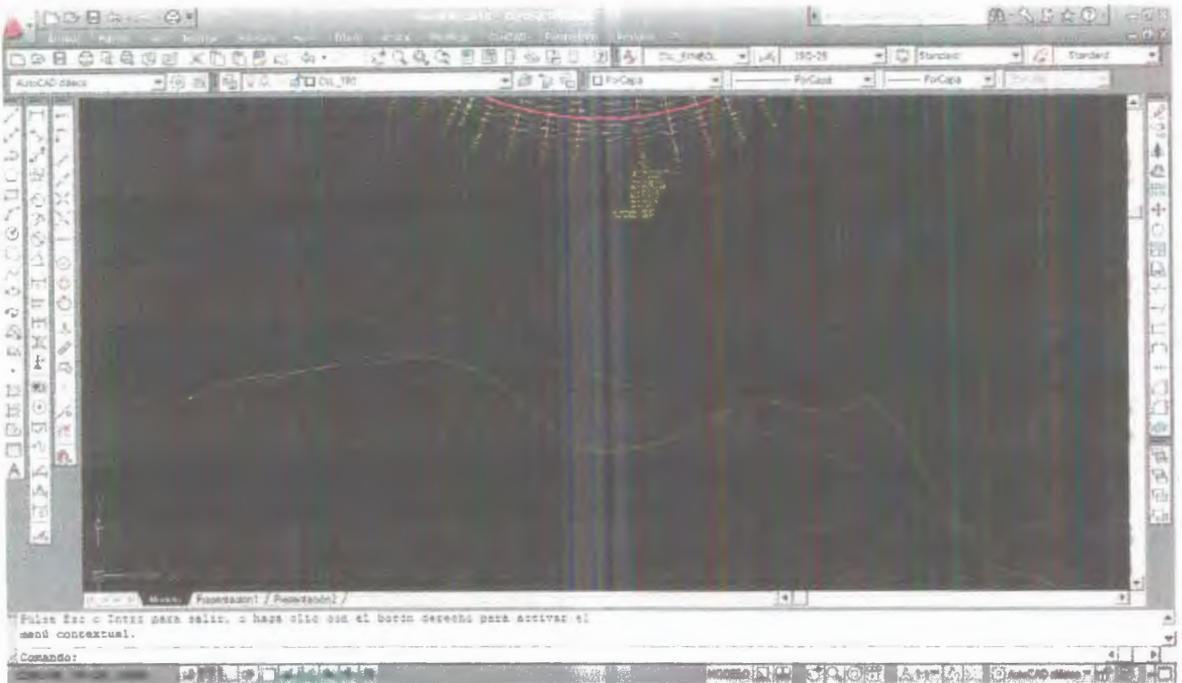


IMAGEN 17.- PERFIL DEL PROYECTO

### 1.7.3.6.- Curva vertical

Una curva vertical es un arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical.

### 1.7.3.7. Tipos de curvas verticales

Debemos tener en cuenta que existen dos tipos de curvas: cóncavas y convexas.

### 1.7.3.7.1. Curvas convexas

Las curvas verticales convexas son aquellas cuya concavidad queda hacia arriba como se muestra en la figura.

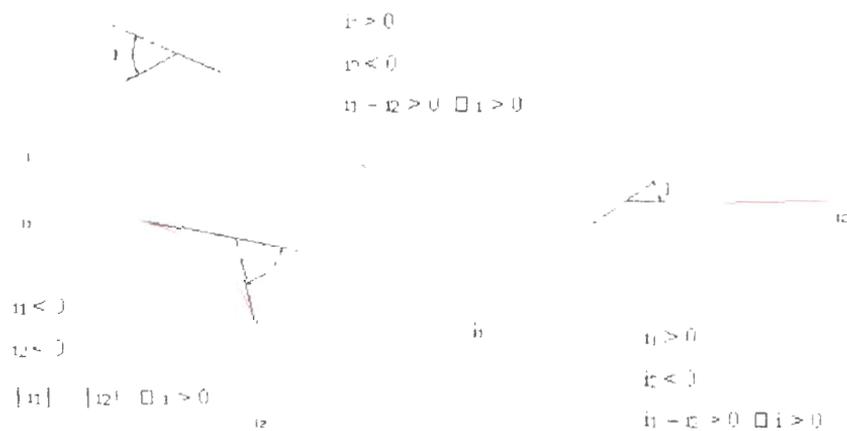


FIGURA 4.- CURVAS VERTICALES CONVEXAS

### 1.7.3.7.2. Curvas verticales cóncavas

Son aquellas curvas cuya concavidad queda hacia abajo, como se muestra en el siguiente gráfico

LONGITUD MÍNIMA DE CURVAS  
VERTICALES CÓNCAVAS

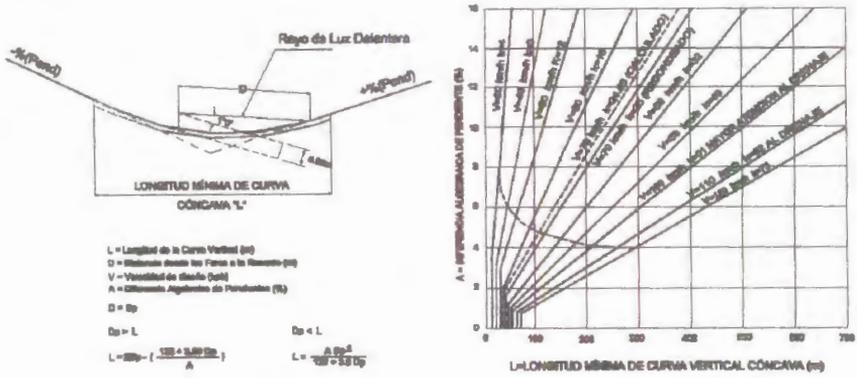


FIGURA 403.03

1.7.3.8. Parámetros usados en el diseño de curvas verticales

1.7.3.8.1. Elementos de una curva vertical

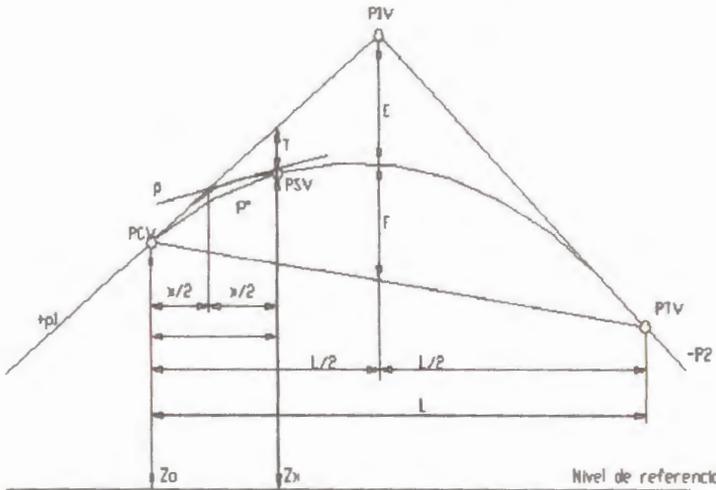


FIGURA 6.- ELEMENTOS DE UNA CURVA VERTICAL

- **PIV** Punto de intersección de las tangentes verticales
- **PCV** Punto en donde comienza la curva vertical
- **PTV** Punto en donde termina la curva vertical
- **PSV** Punto cualquiera sobre la curva vertical
- **p1** Pendiente de la tangente de entrada, en m/m
- **p2** Pendiente de la tangente de salida, en m/m
- **A** Diferencia algebraica de pendientes
- **L** Longitud de la curva vertical, en metros
- **K** Variación de longitud por unidad de pendiente (parámetro)
- **x** Distancia del PCV a un PSV, en metros
- **E** Externa, en metros
- **F** Flecha, en metros
- **Zo** Elevación del PCV, en metros
- **Zx** Elevación de un PSV, en metros

#### **1.7.3.8.2. Parámetro K**

Es la variación de longitud por unidad de pendiente en la carretera, dado en unidades de m / %

El MTOP ofrece valores de este parámetro para distintas velocidades de diseño dependiendo si se trata de una curva cóncava o una curva convexa.

### 1.7.3.8.3. Visibilidad

Otro de los parámetros importantes a tener en cuenta en el diseño del proyecto vertical es la visibilidad

Toda curva horizontal deberá satisfacer la distancia de visibilidad de parada para una velocidad de proyecto y una curvatura dada para ellos cuando exista un obstáculo en el lado interior de la curva, la distancia mínima "m" que debe haber entre él y el eje del carril interior de la curva estarán dadas por la expresión que se mencionará más adelante

Distancia de visibilidad de parada =  $D_{vp}$ , se obtiene de la siguiente forma:

$$D_{vp1} = \frac{V^2}{254(f + G)}$$

Donde:

$D_{vp}$ =Distancia de visibilidad de parada en metros

V= velocidad de marcha, en Km/h

t= tiempo de reacción, en segundos

f= coeficiente de fricción longitudinal

G=Valor de la pendiente expresada en %

$$D_{vp2} = 0.70V$$

Por lo tanto la Dvp total de una curva será de Dvp1 + Dvp2.

$$Dvp = \frac{V^2}{254(f + G)} + 0.70V$$

Para nuestro caso la distancia de visibilidad de parada en la primera curva convexa es de 129.25m para un factor de fricción  $f=0.32$ , y para la segunda curva será de 144.41m.

#### 1.7.3.8.4. Longitud mínima de curvas

La longitud mínima de las curvas verticales se determina en base a los requerimientos de la distancia de visibilidad para parada de un vehículo, considerando una altura del ojo del conductor de 1,15 metros y una altura del objeto que se divisa sobre la carretera igual a 0,15 metros. Esta longitud se expresa por la siguiente fórmula para curvas convexas:

$$Lc = A \frac{S^2}{426}$$

Y para curvas cóncavas.

$$Lc = \frac{AS^2}{122 + 3.5S}$$

Donde

A, representa la diferencia algébrica de las pendientes, expresada en porcentaje.

S, distancia de visibilidad para la parada de un vehículo, expresada en metros.

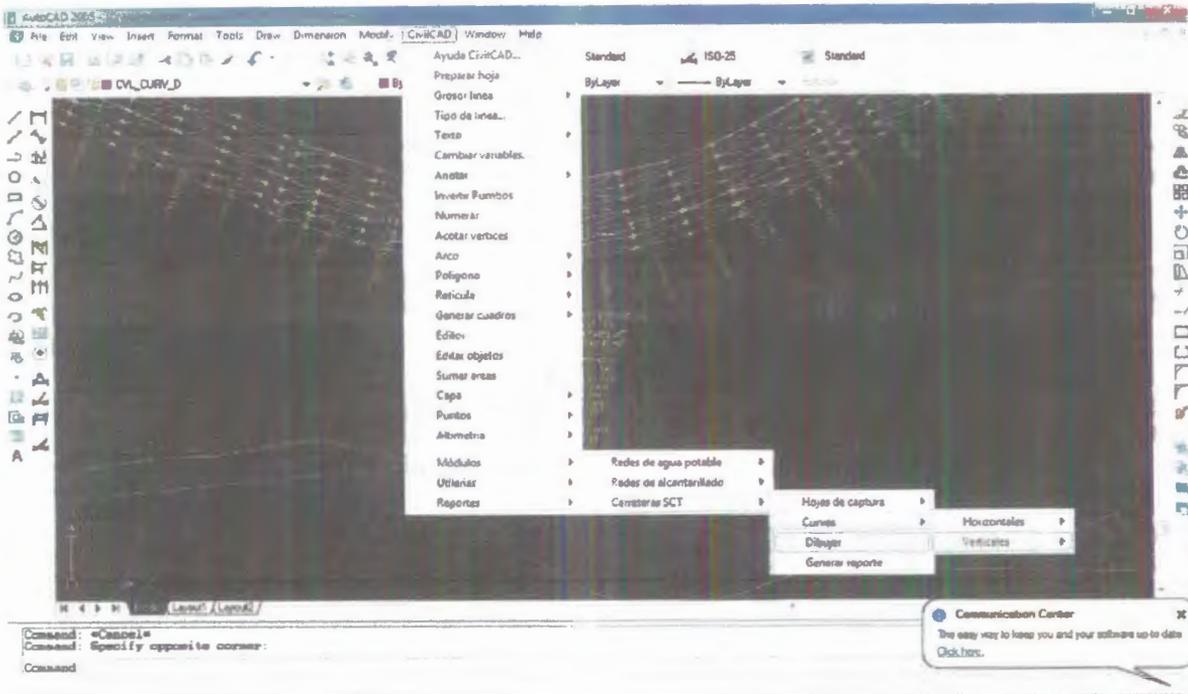
Para nuestro ejemplo planteado el valor de A es igual a **5.9** en la primera curva, mientras que el valor de  $K=S^2/426$  es por norma de acuerdo a la clase de carretera y al tipo de región (ondulada) de **28** (m/%), por tratarse de una curva convexa.

La siguiente tabla del MTOP muestra los valores mínimos del parámetro K para los distintos valores de velocidad de diseño:

En todo caso la Longitud horizontal de curvas verticales y convexas mínima es  $0.60V$ , sin embargo la longitud horizontal de curva debe ser igual o mayor que la Distancia de visibilidad de parada "Dvp".

#### **1.7.3.9.- Diseño de curvas verticales con el programa**

Una vez obtenido el perfil del terreno y trazado nuestro eje del proyecto procedemos a dibujar las curvas verticales cumpliendo las normas del MTOP, para esto debemos ir a: CIVILCAD – MÓDULO – CAERRETERAS SCT – CURVAS VERTICALES – DIBUJAR.



**IMAGEN 18.- PROCEDIMIENTO PARA DIBUJAR CURVAS VERTICALES CON CIVILCAD**

Al hacer click sobre dibujar, inmediatamente leemos la línea de comandos que nos pide indicar el punto de inflexión vertical, hacemos click en el **PIV**, osea en el punto de intersección de las tangentes

Una vez conocidos los parámetros necesarios para el diseño de curvas verticales procedemos a continuar con el ingreso de datos al programa, después de señalar el punto de inflexión vertical (PIV) aparecerá una ventana donde ingresaremos los siguientes parámetros dependiendo del tipo de curva vertical.

La primera curva vertical es convexa y consta de los siguientes datos.

Velocidad de proyecto = 80km/h

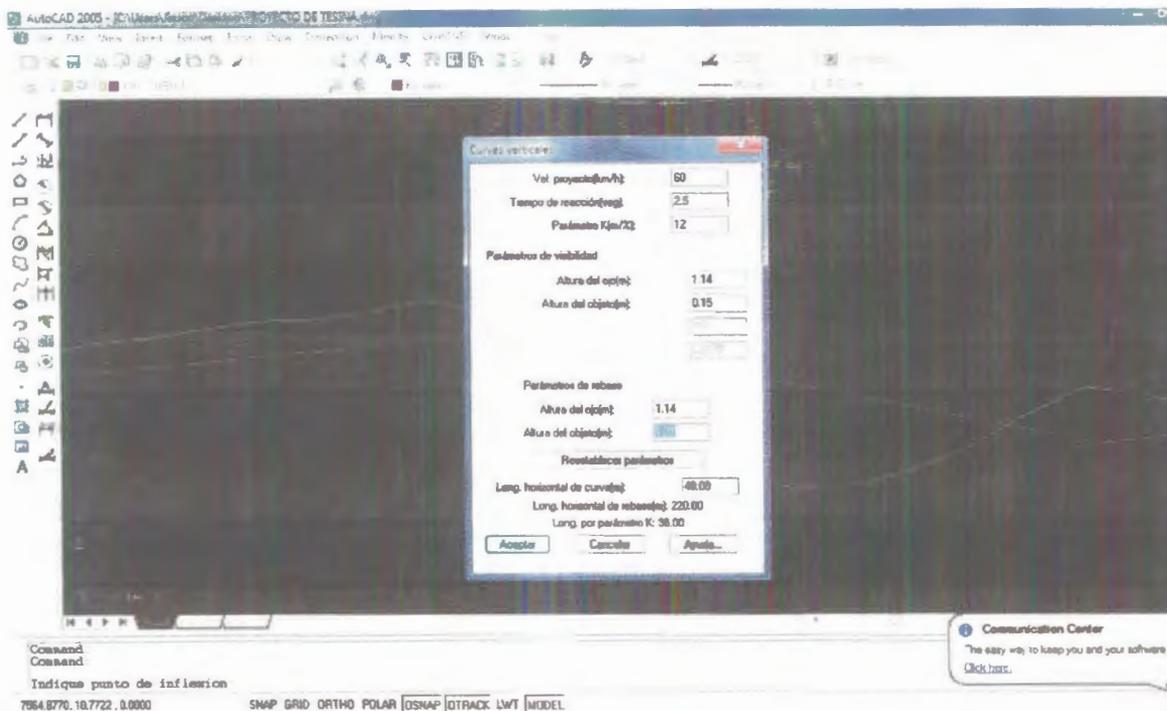
Tiempo de reacción = 2.5 segundos

Parámetro K= 39

Altura del ojo = 1.15m

Altura del objeto = 0.15m

Como se muestra en el siguiente gráfico, para la primer curva (Convexa)



**IMAGEN 19.- PARÁMETROS DE UNA CURVA VERTICAL**

De la misma manera ingresamos la misma información para el diseño de la segunda curva vertical con la diferencia de que ahora el parámetro K será de 49, siendo dicha curva convexa al igual que la primera. Los valores del parámetro K se encuentran en la sección de ANEXOS (memoria de cálculo)

## **CAPÍTULO 2**

### **2.-MOVIMIENTO DE TIERRAS**

#### **2.1.- Introducción.-**

Las cotas de proyecto de rasante y Subrasante de las obras de pavimentación establecen la necesidad de modificar el perfil natural del suelo, siendo necesario en algunos casos rebajar dichas cotas, y en otros casos elevarlas. En el primer caso corresponde ejecutar un trabajo de "corte o excavación" y en el segundo caso un trabajo de "relleno o terraplén". Una operación completa del movimiento de tierra, exige de siete operaciones elementales:

- Excavación de materiales.
- Extracción de los materiales.
- La carga de los materiales para su transportación
- La transportación de los materiales.
- La descarga o amontonamiento del material en terraplenes.
- El esparcimiento o extensión del material en los terraplenes.
- Eventualmente la compactación de los terraplenes.

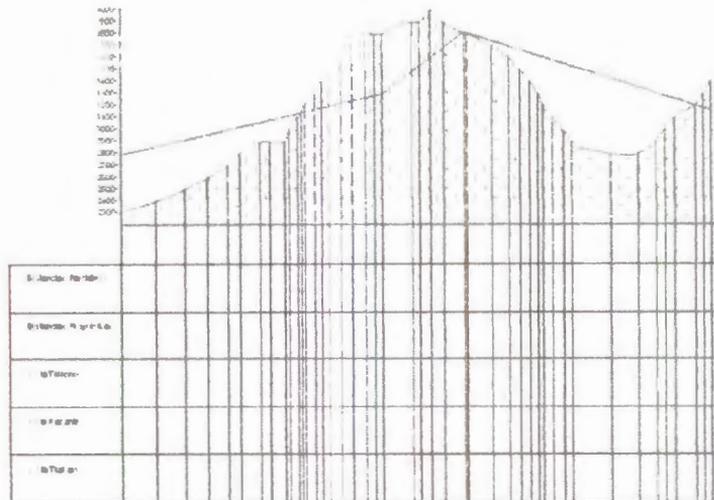
## **2.2.-Definición**

Se entiende por movimiento de tierras a todas aquellas operaciones que se realizan en un terreno y que implican un movimiento de la tierra, por medios mecánicos. Comprende así mismo al conjunto de acciones a realizarse en un terreno para la ejecución de una obra. Dicho conjunto de actuaciones puede realizarse en forma manual o en forma mecánica.

Previo al inicio de cualquier actuación, se deben efectuar los Trabajos de Replanteo.

## **2.3.-Perfil Longitudinal**

Es el desarrollo sobre un plano de la sección obtenida empleando como plano de corte una superficie reglada cuya directriz es el eje longitudinal de la carretera, empleando una recta vertical como generatriz. En esta vida se sintetiza gran parte de la información necesaria para la construcción de la carretera, expresada tanto de forma gráfica como numérica.



**FIGURA 7.-PERFIL LONGITUDINAL DE UNA CARRETERA**

## **2.4.-Perfiles transversales**

Se obtienen seccionando la vía mediante un plano perpendicular a la proyección horizontal del eje. En él se definen geoméricamente los diferentes elementos que conforman la sección transversal de la vía: taludes de desmonte y terraplén, cunetas arcenes, pendientes o peraltes. Normalmente suelen tomarse varios perfiles a lo largo del eje, con un intervalo de separación constante y que viene condicionado por las condiciones topográficas del terreno. Una importante aplicación de estos perfiles es facilitar el cálculo de movimiento de tierras que acarrea la construcción de la carretera.

Es una práctica común obtener los perfiles abscisando cada 20 metros y en caso de terrenos más irregulares se lo puede hacer cada 5, 10 o 15 metros.

Una vez obtenidas estas secciones transversales podremos determinar la cantidad de corte o relleno que se necesitará en dicho punto de acuerdo a nuestra sección típica de pavimento, por lo cual debemos conocer el perfil longitudinal de la vía primero.

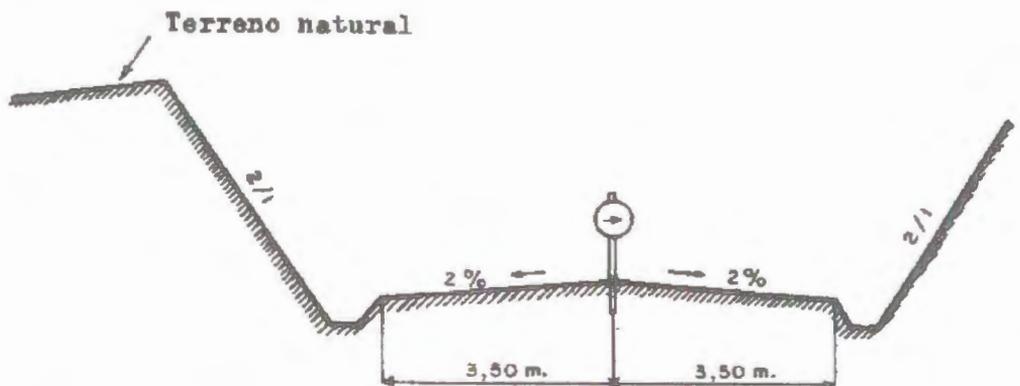


FIGURA 8.- SECCIÓN TRANSVERSAL DE UNA VÍA

#### 2.4.1.- Cálculo de áreas

Para la determinación de las áreas comprendidas entre la sección típica del pavimento y el perfil transversal en dicho punto debemos comprender que si se trata de corte la Subrasante se encontrará por debajo del perfil transversal, por el contrario si se trata de un relleno la Subrasante estará

arriba del perfil. Existen varios métodos para el cálculo de las áreas transversales, entre ellos tenemos:

- Método de las coordenadas
- Método del planímetro
- Método gráfico
- Uso del software Auto CAD.

#### **2.4.2.- Cálculo de volúmenes**

Una vez obtenidas las secciones transversales procedemos a determinar los volúmenes comprendidos entre las secciones ya sean de corte o de relleno. Para esto es necesario establecer un promedio entre las áreas del punto inicial y el punto final de nuestro tramo en cuestión, existen 3 casos:

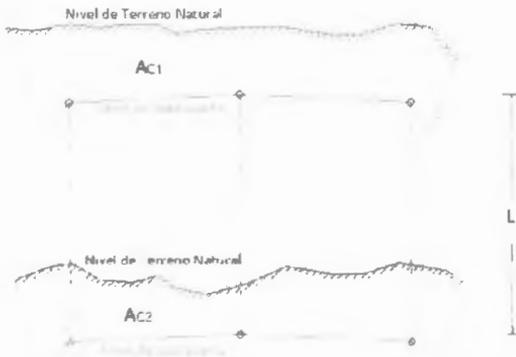
**2.4.2.1.-Caso 1.- Solamente existe relleno.**



$$VR = \frac{AR1 + AR2}{2} * L$$

FIGURA 9.- SECCIONES DONDE SOLO EXISTE RELLENO " imagen tomada de tesina de Gabriela Andrade Lan"

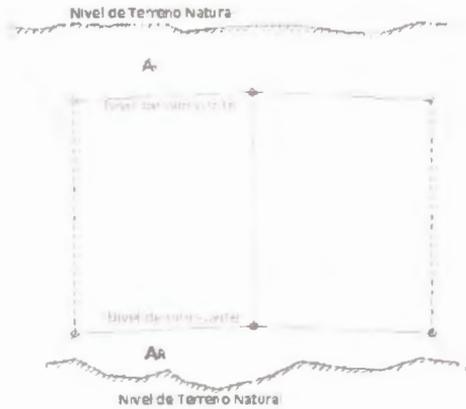
**2.4.2.2.-Caso2.-Solamente existe corte**



$$VC = \frac{AC1 + AC2}{2} * L$$

FIGURA 10.- SECCIONES DONDE SOLO EXISTE CORTE" imagen tomada de tesina de Gabriela Andrade Lan"

### 2.4.2.3.-Existe corte y relleno al mismo tiempo



$$VC = \frac{AC^2}{AR + AC} * \frac{L}{2}$$

$$VR = \frac{AR^2}{AR + AC} * \frac{L}{2}$$

FIGURA 11.- SECCIONES MIXTAS "imagen tomada de tesina de Gabriela Andrade Lan"

### 2.4.2.4.-Secciones especiales



FIGURA 12.- SECCIONES ESPECIALES "imagen tomada de tesina de Gabriela Andrade Lan"

En este caso, habrá una combinación de los casos 1,2 y 3

## **2.5.-Diagrama de masas**

Es la representación gráfica de los volúmenes de tierra que resultan en exceso o en faltante, es un proyecto de carreteras, después de efectuarse la compensación transversal. Es un procedimiento sistemático que permite determinar la mejor forma de distribuir los cortes y rellenos.

## **2.6.-Objetivos del diagrama de masas**

El propósito del diagrama de masas es aprovechar el material de excavación para construir terraplén, logrando una compensación total sin que exista sobrante o faltante de material además también de aprovechar al máximo los cortes para compensar los terraplenes con las menores distancias posibles de transporte y reducir a un mínimo los botes provenientes de los cortes y los préstamos de material para construir los terraplenes

## **2.7.-Calculo del diagrama de masas**

A continuación se describen los pasos para calcular el diagrama de masas.

- En cada tramo entres dos secciones transversales consecutivas se suman algebraicamente los volúmenes modificados de corte con los volúmenes modificados de relleno (Cortes signo positivo y Rellenos signo negativo).

- El resultado del primer tramo se suma algebraicamente al obtenido en el siguiente y esa cantidad se suma al subsiguiente y así sucesivamente y obteniéndose para.
- Cada progresiva de la suma acumulada de los volúmenes modificados, de corte y relleno desde el origen hasta el punto en consideración.
- Para el dibujo del diagrama escogemos un sistema de ejes cartesianos. En las abscisas se llevan las progresivas, procurando que la escala sea igual a la horizontal del alineamiento vertical de la carretera. En las ordenadas se llevan los volúmenes acumulados correspondientes a cada progresiva, a una escala apropiada de acuerdo al tamaño del papel.

## **2.8.-Gráfica del diagrama de masas**

Para poder graficar un diagrama de masas debemos tener previamente el gráfico del alineamiento vertical que muestre las cotas con respecto a la rasante de los diferentes puntos de la carretera, de esta manera conoceremos los volúmenes respectivos ya sea de corte o de relleno. De esta manera, las ordenadas de las curvas del diagrama de masas resultan de sumar algebraicamente a una cota arbitraria inicial el valor del volumen de un corte con signo positivo, y el valor del terraplén, es decir el relleno, con signo negativo; como abscisas se toma el mismo abscisado usado en el perfil.

Los volúmenes se corrigen aplicando un coeficiente de abundamiento a los cortes o aplicando un coeficiente de reducción para el terraplén (relleno).

### **2.8.1.-Procedimiento para el proyecto de la curva de masas**

El procedimiento para el proyecto de la curva masa es como sigue:

1. Se proyecta la subrasante sobre el dibujo del perfil del terreno (el alineamiento vertical).
2. Se determina en cada estación, o en los puntos que lo ameriten, los espesores (cotas) de corte o terraplén (relleno).
3. Se dibujan las secciones transversales topográficas (Secciones de construcción).
4. Se dibuja la plantilla del corte del terraplén con los taludes escogidos según el tipo de material, sobre la sección topográfica correspondiente, quedando así dibujadas las secciones transversales del camino.
5. Se calculan las áreas de las secciones transversales del camino por cualquiera de los métodos ya conocidos, (para nuestro proyecto usaremos la herramienta PROCESAR EL EJE del programa CivilCAD como demostración).
6. Se calculan los volúmenes abundando los cortes o haciendo la reducción de los terraplenes, según el tipo de material y método escogido; es decir

que luego de la determinación de las áreas de los perfiles transversales se procede a multiplicar dichas áreas por la longitud correspondiente del tramo ya sea de corte o de relleno.

7. Se dibuja la curva con los valores anteriores.

### **2.8.3.-Dibujo de la curva de masas**

Una forma fácil de obtener la grafica es de la siguiente manera.

1. Se dibuja la curva masa con las ordenadas en el sentido vertical y las abscisas en el sentido horizontal utilizando el mismo dibujo del perfil.
2. En las abscisas se llevan las progresivas, procurando que la escala sea igual a la horizontal del alineamiento vertical de la carretera.
3. En las ordenadas se llevan los volúmenes acumulados correspondientes a cada progresiva (cada suma) a una escala apropiada de acuerdo al tamaño del papel.
4. Al unir por medio de líneas los puntos planteados obtenemos el diagrama de masas.
5. Cuando está dibujada la curva se traza la compensadora que es una línea horizontal que corta la línea en varios puntos.

Podrán dibujarse diferentes alternativas de líneas compensadoras para mejorar los movimientos, teniendo en cuenta que se compensan más lo

volúmenes cuando la misma línea compensadora corta más veces la curva, pero algunas veces el querer compensar demasiado los volúmenes, provoca acarreo muy largos que resultan más costosos que otras alternativas.

## **2.9.-Cálculo de volúmenes empleando fórmulas expuestas en el presente capítulo**

Para calcular la cantidad de volumen necesario en el proyecto de movimiento de tierras del caso práctico mencionado anteriormente utilizaremos primero las fórmulas expuestas en el presente capítulo para luego comparar dichos resultados con los obtenidos mediante el software CivilCAD.

El volumen, ya sea de corte o relleno se lo obtiene promediado las áreas de dos secciones contiguas y multiplicando ese valor por la distancia entre ellas que es de 20m.

Los valores de las áreas para cada sección se lo obtiene una vez diseñadas las secciones transversales, en las mismas se especifica si se trata de corte o relleno.

### **2.9.1.-Cálculo de corte**

De nuestro ejemplo, podemos observar que en el primer tramo de la vía existe únicamente corte, por lo tanto procederemos a describir los pasos utilizados para llegar a los valores deseados.

Para calcular los volúmenes totales de corte, se comienza tomando las dos primeras secciones (0+000 y 0+020)

Luego, se calcula el promedio de las áreas de corte de dichas secciones y se multiplica ese valor por la distancia entre ellas. Así se continúa para cada par de secciones hasta llegar a la abscisa 0+060, la cual se promedia con la abscisa 0+080. A partir de ahí se se considerará a las secciones como mixtas en la abscisa 0+080 y 0+100. El mismo criterio se aplica para las secciones transversales entre las abscisas 0+340 hasta 0+360, con la única diferencia de que aquí existirá un tramo con secciones mixtas mientras que en el otro tramo ambas son secciones de relleno.

Luego a partir de la abscisa 0+360 hasta la abscisa 0+500 existirá solo corte y a partir de la abscisa 0+500 y la abscisa 0+520 será un caso especial donde existirá un tramo solo corte y después corte y relleno. Luego en las siguientes abscisas se realiza de igual manera pero en este caso será una sección mixta y luego caso 2 donde habrá solo relleno. El valor total de corte calculado es de:

**8587.6 m<sup>3</sup>**

### 2.9.2.- Cálculo de relleno

El cálculo de volúmenes comienza a partir de la abscisa 0+080, en donde se tiene el caso de secciones mixta, a ésta sección se la promedia con la de la abscisa 0+100.

Se realiza dicho procedimiento hasta alcanzar la abscisa 0+120; en donde existe únicamente área de relleno, por lo tanto a partir de esa abscisa en adelante hasta llegar a la abscisa 0+340 se calculan los volúmenes de relleno promediando las áreas de cada par de secciones y multiplicando dicho valor obtenido por la distancia.

Una vez que se hayan terminado de calcular los volúmenes de relleno hasta la abscisa 0+340, se trabaja considerando el par de secciones transversales hasta la abscisa 0+380 como secciones especiales. Luego en la abscisa 0+500 hasta la 0+540 donde se trabajara como secciones especiales, después el par de secciones siguientes será de relleno terminando así con la abscisa 0+560 y la 0+580 que será una sección especial.

El valor del volumen total de *relleno* calculado es de:

**8713.75 m<sup>3</sup>**

La siguiente tabla muestra los valores calculados de volúmenes de corte y relleno para cada par de secciones.

**TABLA 5.- CÁLCULO DE VOLÚMENES EMPLEANDO FÓRMULAS CONVENCIONALES**

Abscisa	Longitud	Área (m <sup>2</sup> )		Volumen (m <sup>3</sup> )	
		Corte	Relleno	Corte	Relleno
<b>0+000</b>		3,28			
	20			128,7	
<b>0+020</b>		9,59			
	20			180,8	
<b>0+040</b>		8,49			
	20			139,5	
<b>0+060</b>		5,46			
	20			82,5	
<b>0+080</b>		2,79			
	20			16,78	7,38
<b>0+100</b>			1,85		
	20				74,6
<b>0+120</b>			5,61		
	20				105,9
<b>0+140</b>			4,98		
	20				84,1
<b>0+160</b>			4,43		
	20				130,1
<b>0+180</b>			9,58		
	20				256,7
<b>0+200</b>			16,09		
	20				525,2
<b>0+220</b>			36,43		
	20				975,2
<b>0+240</b>			61,09		
	20				1394,3
<b>0+260</b>			78,34		
	20				1573,9
<b>0+280</b>			79,05		

	20				1390,4
<b>0+300</b>			59,99		
	20				1026
<b>0+320</b>			42,61		
	20				597,7
<b>0+340</b>			17,16		
	20			33,78	129,08
<b>0+360</b>		7,83	0,2		
	20			376,16	0,06
<b>0+380</b>		30,08			
	20			706,8	
<b>0+400</b>		40,6			
	20			860,1	
<b>0+420</b>		45,41			
	20			1088	
<b>0+440</b>		63,39			
	20			1660,2	
<b>0+460</b>		102,63			
	20			1795	
<b>0+480</b>		76,87			
	20			1117,6	
<b>0+500</b>		34,89			
	20			372,49	3,79
<b>0+520</b>		4,44	2,46		
	20			24,42	146,17
<b>0+540</b>			14,83		
	20				222,4
<b>0+560</b>			7,41		
	20			4,77	70,77
<b>0+580</b>		1,65	0,84		

**TOTAL DE VOLUMEN DE CORTE**                      **8587,6**      **m3**  
**TOTAL DE VOLUMEN DE RELLENO**              **8713,75**     **m3**

## **2.10.-Diagrama de masas para el ejemplo anterior empleando los volúmenes calculados**

Para graficar este diagrama utilizamos el origen del plano cartesiano como ordenada inicial, a partir de ahí se sumó los valores de corte acumulados para ir obteniendo el resto de las ordenadas del diagrama y se restó los valores de relleno.

El valor de las ordenadas corresponde a los volúmenes de corte (+) y relleno (-) acumulados.

En el eje horizontal están graficadas las abcisas cada 20m y los puntos de la curva en espiral.

El último valor de la curva de masas corresponde al punto (0+480; 192.02).

A continuación se muestra la tabla con la curva de masas del ejemplo:

DIAGRAMA DE MASA

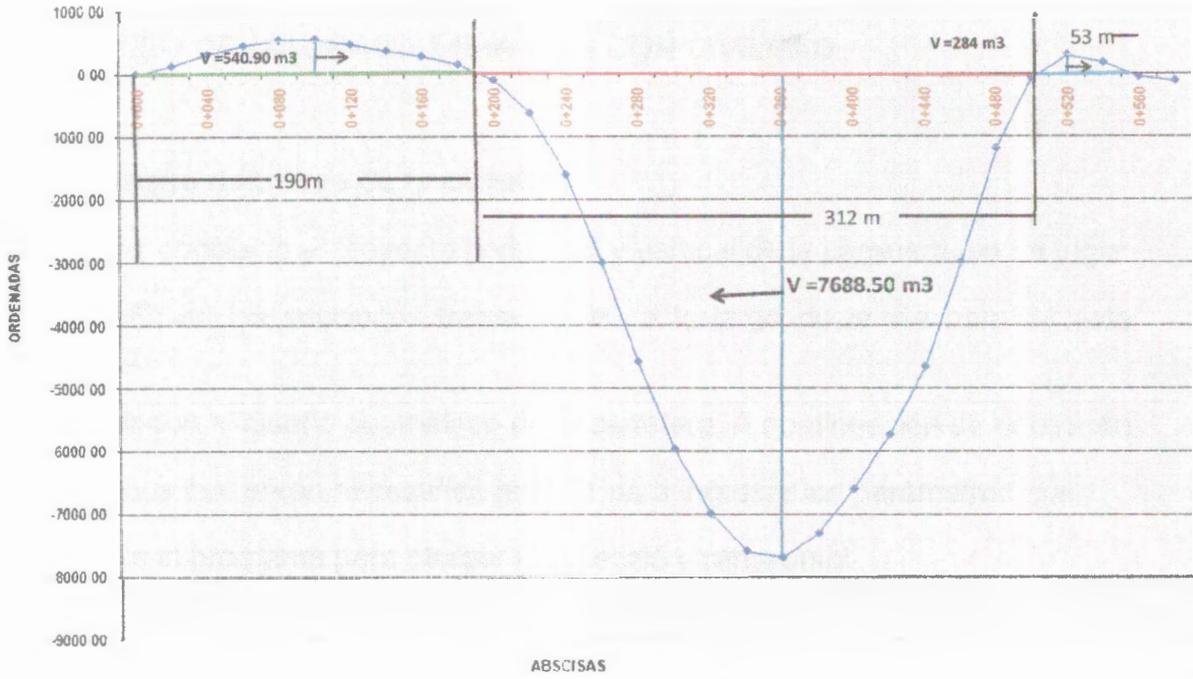


FIGURA 14.- DIAGRAMA DE MASAS DEL EJEMPLO PROPUESTO EMPLEANDO FÓRMULAS CONVENCIONALES

## **CAPÍTULO 3. CÁLCULO DE DIAGRAMA DE MASAS CON CIVILCAD**

### **3.-CÁLCULO DE DIAGRAMA DE MASAS CON CIVILCAD**

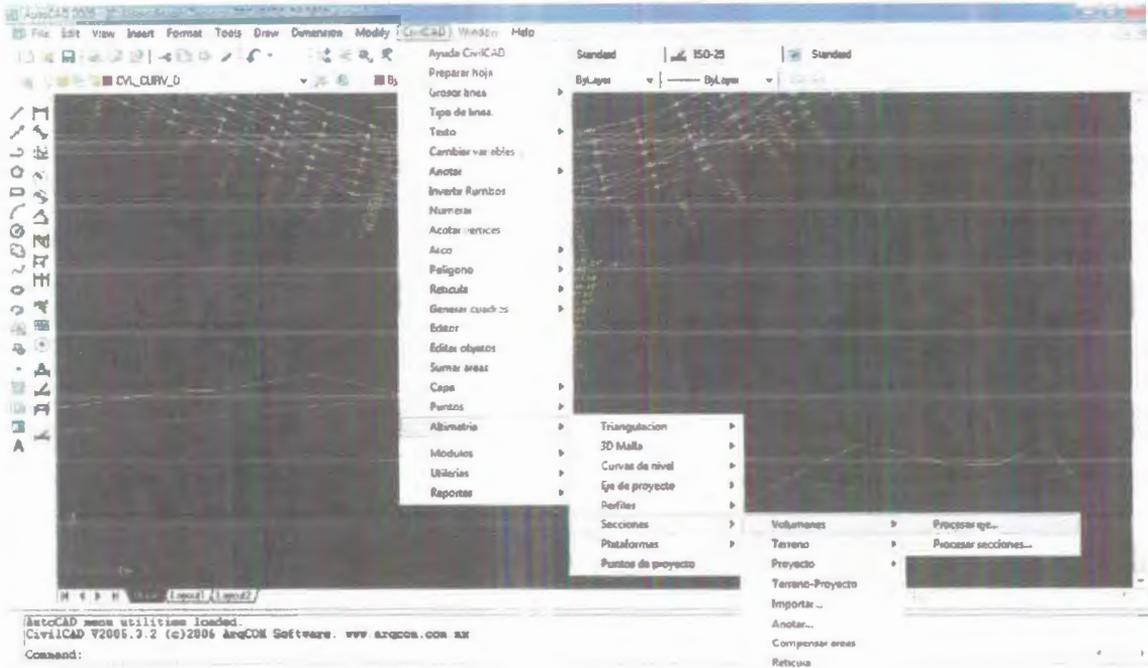
#### **3.1.-Diseño definitivo de la carretera**

Al haber concluido el proyecto horizontal y vertical de la carretera, se da lugar al diseño de las secciones transversales a lo largo de la vía para de esta manera

concluir con el diseño geométrico de la carretera. A continuación se detallarán los pasos que serán necesarios realizar para ingresar los parámetros que requiere el programa para otorgar una sección transversal.

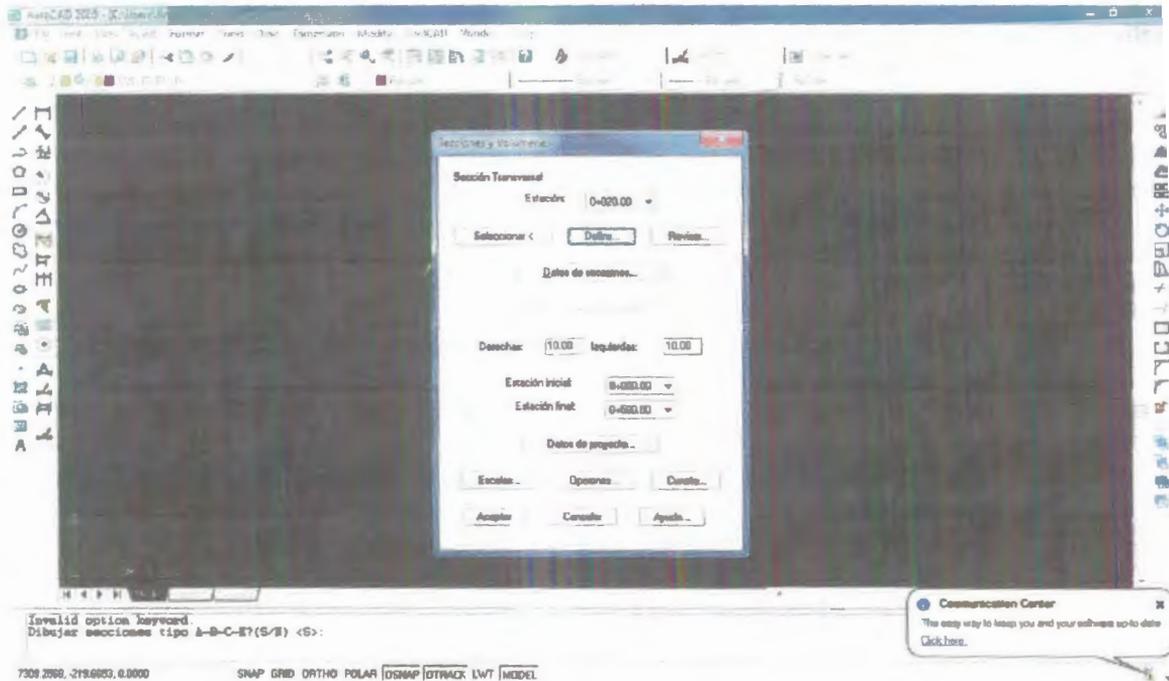
##### **3.1.1.-Diseño de secciones transversales**

Una vez que se han obtenido las curvas verticales procedemos a definir nuestras secciones transversales mediante el siguiente orden: CIVILCAD – ALTIMETRÍA – SECCIONES – VOÚMENES – PROCESAR EJE



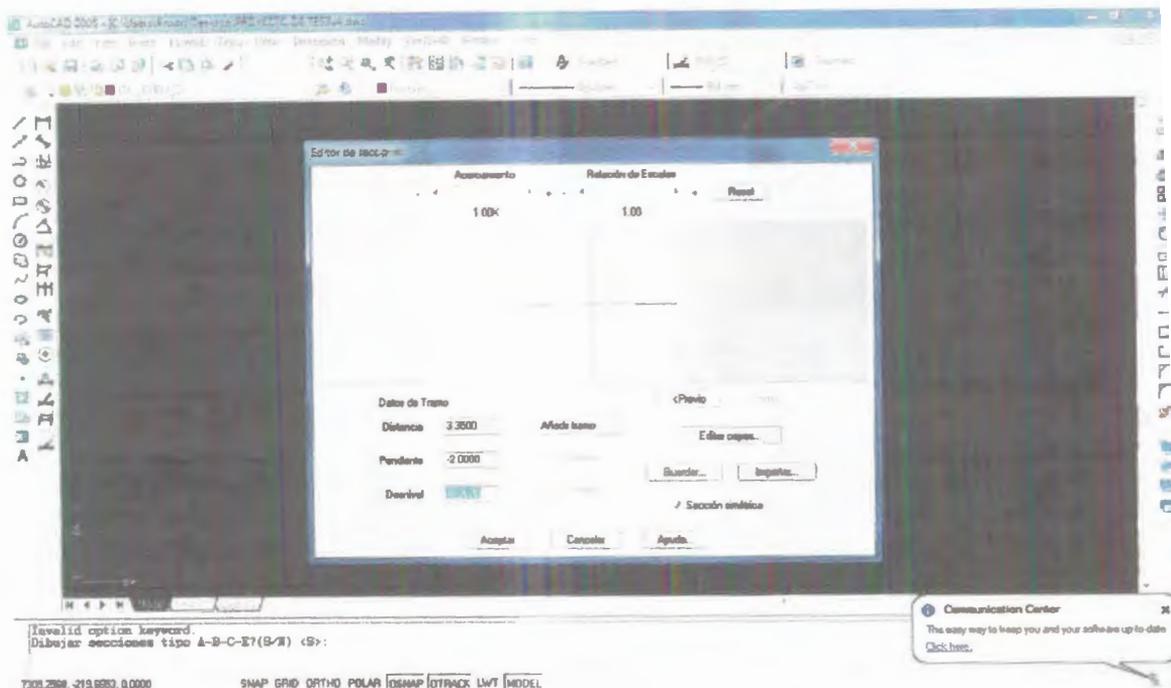
**IMAGEN 20.-PROCEDIMIENTO PARA OBTENER SECCIONES TRANSVERSALES CON EL PROGRAMA**

Observamos en la línea de comandos nos pide seleccionar el perfil del terreno, al momento que hacemos click en el mismo, aparece la siguiente ventana para llenar los datos de la sección transversal.



**IMAGEN 21.- VENTANA "SECCIONES Y VOLÚMENES"**

En la ventana "SECCIONES Y VOLÚMENES" lo primero que hacemos es hacer click en la pestaña definir, en esta ventana añadimos primero el ancho del carril y luego el bombeo; como la sección es simétrica se grafica a cada lado de la línea de centro, hacemos después click en añadir tramo.



**IMAGEN 22.- VENTANA "EDICIÓN DE SECCIONES TRANSVERSALES" CON LAS CARACTERISTICAS QUE TENDRÁ CADA SECCIÓN**

La *distancia* o longitud del tramo a la izquierda del center line es de 4.85m, con una pendiente de 2%. Luego damos click en la pestaña "ACEPTAR"..

Una vez que se hayan definido el ancho de la calzada y de las bermas procedemos a definir la cuneta, para esto hacemos click en la pestaña cuenta y diseñamos el talud de la cuneta "1:1"

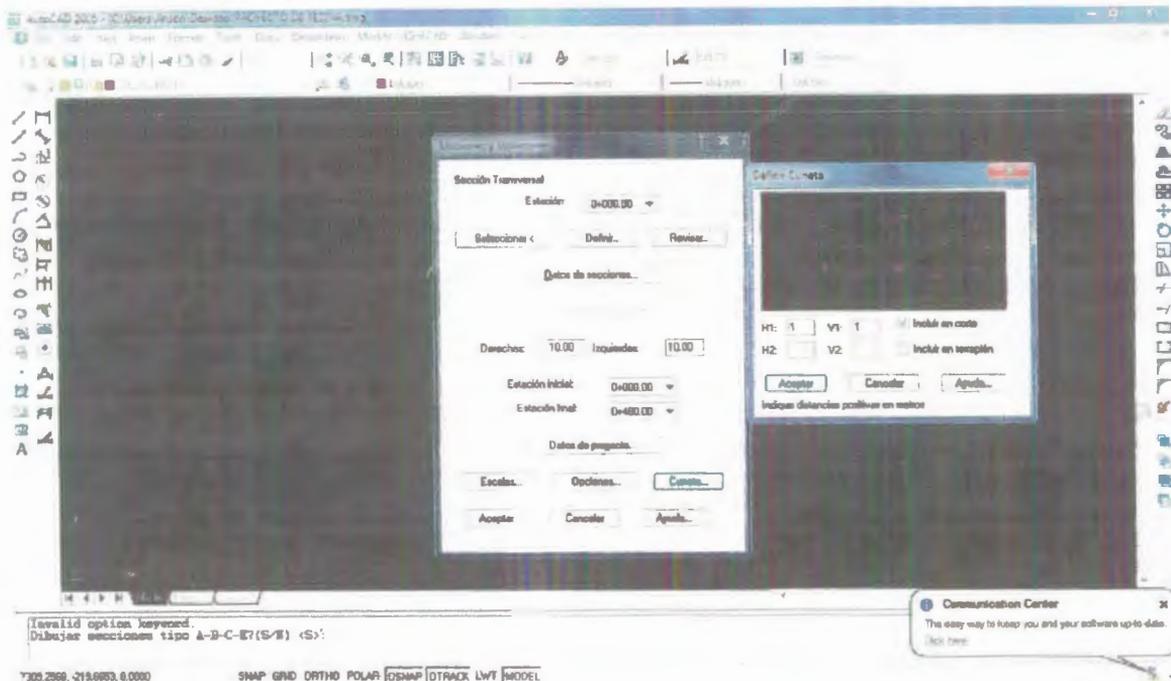
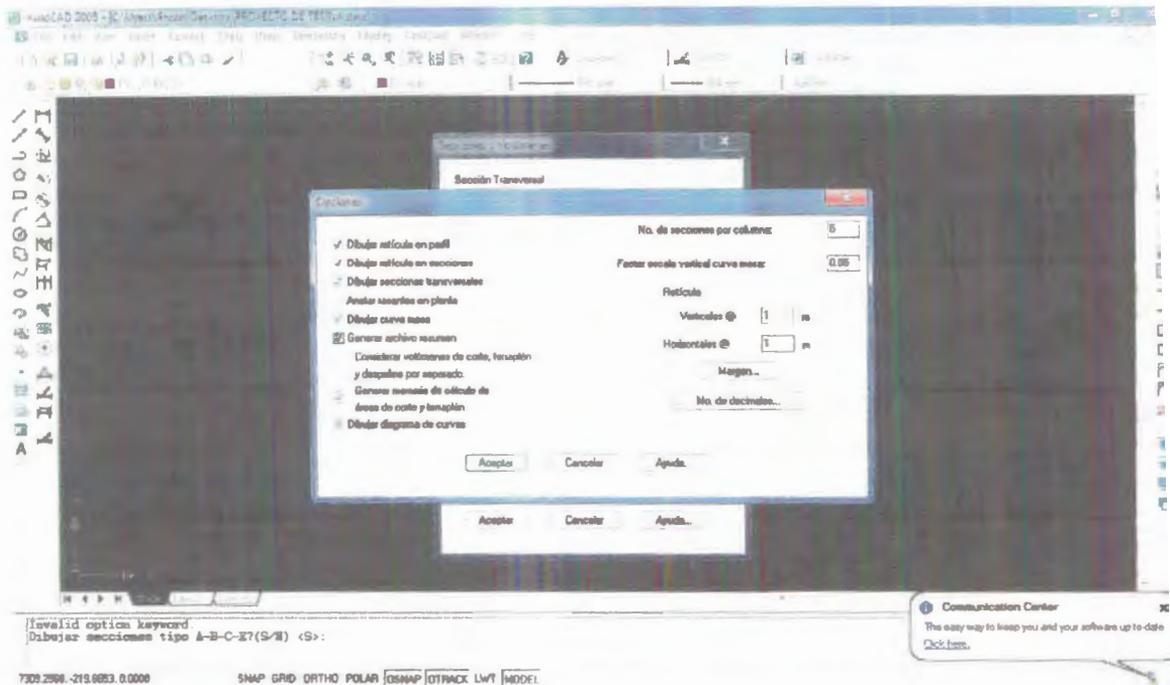


IMAGEN 23.- DISEÑO DE CUNETAS

Como el objetivo principal de este proyecto de tesina es obtener la curva masa con este software hacemos un click en la ficha opciones y activamos la casilla de generar un archivo tipo resumen en Excel.



**IMAGEN 2A.- ACTIVACIÓN DE LA OPCIÓN GENERAR ARCHIVO DE RESUMEN DE EXCEL**

Como resultado final obtenemos una cuadrilla de perfiles de proyecto y terreno, secciones transversales y el diagrama de masas. Y una hoja de reporte en Excel de la información de volúmenes de corte y relleno. En la siguiente página se muestran las diferentes secciones transversales para cada 20m de la carretera, en ellas se detalla el área de corte o relleno necesarios, dependiendo de cómo se encuentre la sección transversal con respecto al perfil del terreno.

### **3.1.2.-Perfil longitudinal de la vía**

Luego de que se hayan diseñado las secciones transversales de la carretera, el programa será capaz de otorgar el perfil longitudinal de la carretera, conteniendo toda la información relacionada con la cantidad de corte y relleno necesarias para el proyecto de movimiento de tierras que se requerirá, así como la línea del eje longitudinal de la vía indicando las cotas para cada punto. De la misma forma se visualizarán las curvas verticales en el mismo plano, y a su vez será posible observar todo el proyecto horizontal de la vía junto con la curva horizontal diseñada.

El siguiente plano muestra lo descrito anteriormente:

### **3.2.-Tablas de resultados**

Una vez que se haya ingresado en el programa todos los datos necesarios para obtener el diseño geométrico definitivo de la vía, el programa será capaz de otorgar tablas de EXCEL que contienen la información necesaria sobre la vía para obtener finalmente el diagrama de masas buscado.

Los datos mostrados en las tablas contienen información como:

- ✓ Datos de las curvas horizontales

- ✓ Datos de las curvas verticales
- ✓ Estaciones
- ✓ Ancho de la vía
- ✓ Cotas de elevación del terreno natural
- ✓ Cotas del proyecto (subrasante)
- ✓ Espesores de los cortes
- ✓ Espesores del relleno
- ✓ Áreas de corte
- ✓ Áreas de relleno
- ✓ Volúmenes de corte
- ✓ Volúmenes de relleno
- ✓ ***Ordenadas de la curva de masas***

A continuación se describirá la importancia de los resultados para cada tabla obtenida junto con una interpretación de los datos.

### **3.2.1.- Áreas**

En esta tabla se presentan los cálculos detallados que el programa realizó para obtener las áreas de corte y/o de relleno para cada sección

transversal, lo hizo a través de una separación de segmentos tanto para el perfil del terreno natural en esa sección como para el perfil del proyecto. Una vez que el software hizo la separación, comparó cada par de segmentos pertenecientes a los distintos perfiles y calculó las áreas considerando trapecios pequeños.

### **3.2.2.-Elevaciones y espesores de terreno y subrasante**

Esta tabla sirve para conocer la diferencia que existe entre la altura de elevación entre cada punto del perfil terreno y la subrasante. A esta diferencia se la denomina “espesor” en la tabla, tanto de corte como de relleno.

Dichos puntos fueron tomados cada 20m, es decir en cada abcisa del eje.

### **3.2.3.-Sobreelevaciones y ampliaciones**

Dicha tabla describe la transición de pendientes que experimenta la carretera al momento de comenzar la curva, se observa que los valores de pendientes (o sobreelevación) comienzan con el valor que utilizamos para el

bombeo, del 2%, hasta llegar al valor de la sobreelevación máxima, es decir el peralte máximo en el centro de la curva, que en nuestro caso es del 10%. Así mismo se especifica si fue necesario realizar o no una ampliación a cada costado de la sección transversal de la vía, mostrando los anchos para cada costado de la vía vista en corte.

#### **3.2.4.- Estacado**

La tabla de estacado se basa en la diferencia que existe entre las cotas de una misma sección transversal, de izquierda a derecha, para indicar donde se deberían poner estacas o algún otro tipo de referencia que facilite el trabajo de movimiento de tierras durante la etapa constructiva de la carretera.

Esto se muestra a su vez para cada estación de la carretera que deberá ser ubicada cada 20m, es decir en todos las abcisas de la vía.

#### **3.2.5.- Curvas verticales**

Una vez que el programa ha dibujado las curvas verticales, ofrecerá luego una tabla conteniendo todos los parámetros de diseño que la curva tendrá. La tabla muestra información como la pendiente del eje a la entrada de la

curva y la pendiente a la salida; le elevación (cotas) de cada punto abcisado que se encuentre dentro de la curva, tanto para la línea de la tangente como para el punto de la curva bajo la tangente.

A continuación se muestran las distintas tablas obtenidas en EXCEL mediante el software CivilCAD que describen con mayor precisión lo expuesto anteriormente.

### 3.3.- Cálculo de volúmenes empleando CIVILCAD

El programa calcula los valores de volúmenes de corte y relleno y los muestra en el plano del perfil transversal para cada abcisa de la carretera.

Los datos son los siguientes:

**TABLA 6.- CÁLCULO DE VOLÚMENES USANDO CIVILCAD**

Abcisa	Volumen:	
	Corte (m3)	Relleno (m3)
0+000	0	0
0+020	128,7	0
0+040	180,84	0
0+060	139,49	0

0+080	82,44	0
0+100	27,88	18,5
0+120	0	74,59
0+140	0	105,87
0+160	0	84,07
0+180	0	130,06
0+200	0	256,68
0+220	0	525,17
0+240	0	975,21
0+260	0	1394,31
0+280	0	1573,85
0+300	0	1390,43
0+320	0	1026,05
0+340	0	597,67
0+360	78,28	173,57
0+380	379,12	2
0+400	706,87	0
0+420	860,17	0
0+440	1088,06	0
0+460	1660,16	0
0+480	1795	0
0+500	1117,65	0
0+520	393,33	24,57
0+540	44,42	172,86
0+560	0	222,35
0+580	16,54	82,49

Finalmente obtenemos un valor total de:

*-Volumen de corte: 8698,95 m<sup>3</sup>*

*-Volumen de relleno: 8830,31 m<sup>3</sup>*

### **3.4.-Tabla de RESUMEN**

Una vez que el programa haya entregado el dibujo del diseño geométrico de la carretera de nuestro caso práctico y las tablas de resultados producto de los cálculos que él mismo realizó; el software CivilCAD es capaz ahora de entregar la tabla que contiene las ordenadas de la curva de masas de nuestro ejemplo.

Esta tabla contiene información resumida de las tablas previas, tales como elevaciones de terreno natural y subrasante para cada punto abcisado junto con las áreas de corte y/o relleno para cada sección transversal importantes para llegar a la obtención de las ordenadas de la curva de masas de nuestro caso.

Uno de los parámetros que también se muestran en la tabla es el valor de *despalme* (remoción de capa vegetal) que fue necesario realizar para conseguir el corte y/o relleno planificados; para nuestro caso estos valores de

despalme, tanto para las áreas de las secciones transversales como para los volúmenes entre dichas áreas es de 0, es decir que no fue necesario realizar despalme.

El factor de abundamiento (esponjamiento) escogido para calcular los volúmenes fue de 1.0

#### **3.4.1.- Ordenadas de la curva de masas (OCM) obtenidos con CIVILCAD**

Como se mencionó en el capítulo anterior, las ordenadas de la curva de masas representan los valores de volúmenes de corte y relleno obtenidos, siendo los valores de corte positivos, y los valores de relleno negativos.

Es importante primero definir cuál es nuestra ordenada inicial, en nuestro caso, el valor escogido por el programa es de 10000. Es a partir de este valor que se le suma o restan los valores de los volúmenes obtenidos para ir teniendo luego cada punto del diagrama de masas.

Los valores de las ordenadas de la curva de masas (OCM) de nuestro caso práctico se muestran a continuación en la tabla de RESUMEN.

### 3.4.2.- Diagrama de masas mediante el uso de CivilCAD

El diagrama de la curva de masas entregado por CivilCAD se muestra a continuación en el siguiente plano



### 3.5.- Comparación de volúmenes de corte y relleno obtenidos por los dos métodos expuestos

Recordando los valores de volumen obtenidos mediante las dos formas anteriormente explicadas, es decir, primero mediante el empleo de las fórmulas convencionales, y luego mediante el uso del software CivilCAD, evidenciamos una *pequeña* diferencia entre los dos métodos, siendo el método de CivilCAD más preciso y práctico al lograr que los valores de corte y relleno muestren una ligera menor diferencia en comparación con el otro método.

Método	Relleno (m3)	Corte (m3)
Uso de fórmulas convencionales	8713.75	8587.6
Utilización del software CivilCAD	8830.31	8698.95

Se puede observar que en ambos métodos se necesitará realizar más relleno que corte, revelando así que cualquiera de los métodos es confiable.

La diferencia entre las cantidades de corte y relleno por el método del software CivilCAD es de **131.36 m<sup>3</sup>** (favorable para el relleno).

La diferencia entre los valores totales obtenidos usando el método de las fórmulas convencionales es de **126.15 m<sup>3</sup>** (favorable para el relleno)

Los volúmenes que calcula CivilCAD son más precisos debido a que el programa si considera la variación de las cotas que existe entre cada par de abcisas, mientras que al momento de usar las fórmulas convencionales se considera al cuerpo geométrico que existe entre las dos secciones transversales como un cuerpo uniforme.

Esto facilitará significativamente el proceso constructivo, en la etapa del movimiento de tierras al poderse aprovechar todo ese material que fue sacado del sitio, y además lograr que todo lo que se planeó y calculó previo a la obra, ya sea en costo, tiempo y maquinaria, se cumpla con el mínimo error posible.

En resumen:

<b>Método</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Fórmulas convencionales	-Emplea fórmulas sencillas, de fácil manejo -Los cálculos son igual de confiables que los resultados obtenidos por	-Se requiere mayor tiempo para efectuar cálculos -Tiene una precisión limitada al no considerar las variaciones de cotas a lo

	CivilCAD	<p>largo de la secciones transversales</p> <p>-Representa un cálculo adicional de parte del diseñador que debe realizar luego de haber obtenido los perfiles transversales y el perfil longitudinal.</p>
Uso de CivilCAD	<p>-Precisión</p> <p>-Rapidez en los cálculos</p> <p>-Ofrece los resultados de volúmenes de manera conjunta con el resto de los datos de diseño, obteniendo dichos valores directamente con el perfil longitudinal.</p>	<p>-Es necesario saber utilizar el software para poder sacarle mayor provecho.</p>

**3.6.- Comparación del diagrama de masas utilizando CIVILCAD vs. el empleo de las fórmulas convencionales vistas en el capítulo 2**

Ambos diagramas revelan una compensación relativa de corte y relleno si es que se traza la línea horizontal justo en medio, en el diagrama que resultó del uso de las fórmulas convencionales existe mayor cantidad de relleno que de corte, mientras que para la curva de masas que resultó de CivilCAD el resultado es favorable para el corte.

En ambos casos la última ordenada de los diagramas resulta en una ordenada positiva, que significa un exceso de corte en ese punto.

<b>Método</b> <b>Variable</b>	<b>Empleo de fórmulas convencionales</b>	<b>Uso del software CivilCAD</b>
<b>Confiabilidad en los resultados</b>	Resultados similares entre sí, diferencia entre corte y relleno cercana a 0	Resultados similares entre sí, diferencia entre corte y relleno cercana a 0
<b>Tiempo empleado</b>	Relativamente largo en comparación al otro	Bastante corto, menos

	método, se requiere primero obtener los volúmenes con las formulas y luego ir graficando en excel, pudiendo tomar este proceso mas de dos horas	de diez minutos
<b>Compensación de corte y relleno</b>	Correctamente compensado	Correctamente compensado
<b>Aprovechamiento del material</b>	Existe un faltante de material (relleno) al final de la vía relativamente pequeño (131 m <sup>3</sup> )	Existe un faltante de material (relleno) al final de la vía relativamente pequeño (126 m <sup>3</sup> )
<b>Presencia de sobreacarreo</b>	No existe sobre acarreo, los tramos compensados se encuentran cercanos entre sí	No existe sobre acarreo, los tramos compensados se encuentran cercanos entre sí

Ordenada inicial del diagrama	0	10000
Máxima ordenada obtenida	2230	8830.31

### 3.7.- Análisis de resultados

Comparando los resultados obtenidos de corte y relleno empleando ambos métodos se pudo observar que la diferencia sigue siendo favorable al relleno en un valor de aproximadamente  $130\text{m}^3$ , demostrando así la confiabilidad de ambos procedimientos, la diferencia radica principalmente en el tiempo empleado en CIVILCAD para corregir un diseño e particular; en caso de que el diseñador quiera trabajar con otras pendientes longitudinales que permitan compensar el corte y relleno, podrá hacerlo mediante el programa en cuestión de segundos.

Al analizar los diagramas de masas obtenidos por ambos métodos, se verifica que las compensaciones fueron capaces d realizarse sin exceder la distancia de acarreo del MTOP que es de 500m, tampoco existe el problema del sobre acarreo puesto que los tramos por donde se traza la línea compensatoria

reflejan una uniformidad en la curva de masas, eso quiere decir que o existen tantas transiciones de corte con el relleno al cruzarse la línea del perfil del proyecto con la del terreno.

### **CONCLUSIONES ACERCA DEL USO DEL PROGRAMA**

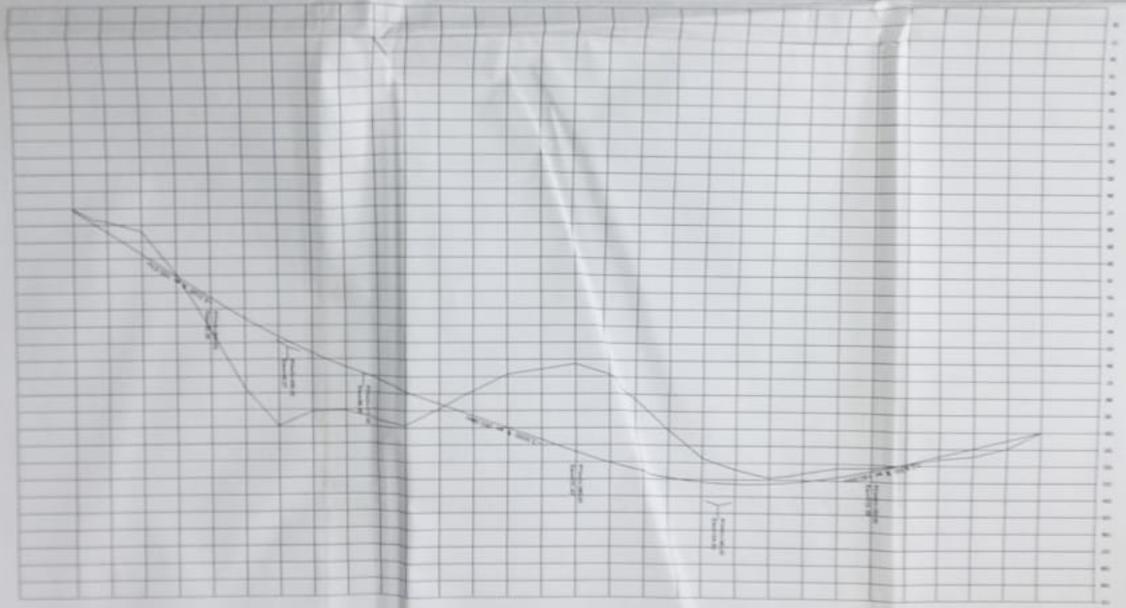
- 1) El software Civil CAD es un programa de fácil uso, en donde se le permite al usuario realizar distintas operaciones en corto tiempo, al tener una manera de presentar las opciones muy clara y precisa.
  
- 2) Mediante el uso del programa se puede obtener todo el diseño geométrico de la carretera junto con el diagrama de masas correspondiente, para ello es necesario conocer primero los parámetros que intervienen al momento de realizar el trazado horizontal y vertical de la vía, reflejando que el programa depende del criterio técnico en la selección de parámetros del Ing.Civil diseñador
  
- 3) Antes de poder ingresar parámetros de diseño al software para el trazado vertical y horizontal, es importante relacionar las normas para carreteras del MTOP con el reglamento mexicano de la SCT.

- 4) Los resultados para el cálculo de volúmenes y el cálculo del diagrama de masas por ambos métodos fueron igual de confiables, con la diferencia de que los datos entregados por CIVILCAD son más similares a la realidad además de permitir modificar el diseño de las líneas de gradiente longitudinal en un tiempo menor significativo.
  
- 5) El tiempo empleado para cumplir lo propuesto anteriormente es relativamente corto si se utiliza este software, ya que el mismo es capaz de calcular todos los resultados y generar reportes en hojas de Excel que serán de mucha utilidad para el constructor una vez que se tenga el diseño geométrico de la carretera.

En resumen, entre las ventajas que ofrece la herramienta CIVILCAD están:

- Ahorro de tiempo en el trazado vertical y horizontal de una carretera
  
- Facilidad de uso del programa
  
- Resultados confiables

# PERFIL LONGITUDINAL DE LA VIA



Estación	Altura T.M.	Altura R.O.	Altura de la Cota	Altura de la Cota	Altura de la Cota
0+00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
0+10	100.50	100.50	100.50	100.50	100.50
0+20	101.00	101.00	101.00	101.00	101.00
0+30	101.50	101.50	101.50	101.50	101.50
0+40	102.00	102.00	102.00	102.00	102.00
0+50	102.50	102.50	102.50	102.50	102.50
0+60	103.00	103.00	103.00	103.00	103.00
0+70	103.50	103.50	103.50	103.50	103.50
0+80	104.00	104.00	104.00	104.00	104.00
0+90	104.50	104.50	104.50	104.50	104.50
0+100	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00
0+110	105.50	105.50	105.50	105.50	105.50
0+120	106.00	106.00	106.00	106.00	106.00
0+130	106.50	106.50	106.50	106.50	106.50
0+140	107.00	107.00	107.00	107.00	107.00
0+150	107.50	107.50	107.50	107.50	107.50
0+160	108.00	108.00	108.00	108.00	108.00
0+170	108.50	108.50	108.50	108.50	108.50
0+180	109.00	109.00	109.00	109.00	109.00
0+190	109.50	109.50	109.50	109.50	109.50
0+200	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00
0+210	110.50	110.50	110.50	110.50	110.50
0+220	111.00	111.00	111.00	111.00	111.00
0+230	111.50	111.50	111.50	111.50	111.50
0+240	112.00	112.00	112.00	112.00	112.00
0+250	112.50	112.50	112.50	112.50	112.50
0+260	113.00	113.00	113.00	113.00	113.00
0+270	113.50	113.50	113.50	113.50	113.50
0+280	114.00	114.00	114.00	114.00	114.00
0+290	114.50	114.50	114.50	114.50	114.50
0+300	115.00	115.00	115.00	115.00	115.00
0+310	115.50	115.50	115.50	115.50	115.50
0+320	116.00	116.00	116.00	116.00	116.00
0+330	116.50	116.50	116.50	116.50	116.50
0+340	117.00	117.00	117.00	117.00	117.00
0+350	117.50	117.50	117.50	117.50	117.50
0+360	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00
0+370	118.50	118.50	118.50	118.50	118.50
0+380	119.00	119.00	119.00	119.00	119.00
0+390	119.50	119.50	119.50	119.50	119.50
0+400	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
0+410	120.50	120.50	120.50	120.50	120.50
0+420	121.00	121.00	121.00	121.00	121.00
0+430	121.50	121.50	121.50	121.50	121.50
0+440	122.00	122.00	122.00	122.00	122.00
0+450	122.50	122.50	122.50	122.50	122.50
0+460	123.00	123.00	123.00	123.00	123.00
0+470	123.50	123.50	123.50	123.50	123.50
0+480	124.00	124.00	124.00	124.00	124.00
0+490	124.50	124.50	124.50	124.50	124.50
0+500	125.00	125.00	125.00	125.00	125.00
0+510	125.50	125.50	125.50	125.50	125.50
0+520	126.00	126.00	126.00	126.00	126.00
0+530	126.50	126.50	126.50	126.50	126.50
0+540	127.00	127.00	127.00	127.00	127.00
0+550	127.50	127.50	127.50	127.50	127.50
0+560	128.00	128.00	128.00	128.00	128.00
0+570	128.50	128.50	128.50	128.50	128.50
0+580	129.00	129.00	129.00	129.00	129.00
0+590	129.50	129.50	129.50	129.50	129.50
0+600	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00
0+610	130.50	130.50	130.50	130.50	130.50
0+620	131.00	131.00	131.00	131.00	131.00
0+630	131.50	131.50	131.50	131.50	131.50
0+640	132.00	132.00	132.00	132.00	132.00
0+650	132.50	132.50	132.50	132.50	132.50
0+660	133.00	133.00	133.00	133.00	133.00
0+670	133.50	133.50	133.50	133.50	133.50
0+680	134.00	134.00	134.00	134.00	134.00
0+690	134.50	134.50	134.50	134.50	134.50
0+700	135.00	135.00	135.00	135.00	135.00
0+710	135.50	135.50	135.50	135.50	135.50
0+720	136.00	136.00	136.00	136.00	136.00
0+730	136.50	136.50	136.50	136.50	136.50
0+740	137.00	137.00	137.00	137.00	137.00
0+750	137.50	137.50	137.50	137.50	137.50
0+760	138.00	138.00	138.00	138.00	138.00
0+770	138.50	138.50	138.50	138.50	138.50
0+780	139.00	139.00	139.00	139.00	139.00
0+790	139.50	139.50	139.50	139.50	139.50
0+800	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00
0+810	140.50	140.50	140.50	140.50	140.50
0+820	141.00	141.00	141.00	141.00	141.00
0+830	141.50	141.50	141.50	141.50	141.50
0+840	142.00	142.00	142.00	142.00	142.00
0+850	142.50	142.50	142.50	142.50	142.50
0+860	143.00	143.00	143.00	143.00	143.00
0+870	143.50	143.50	143.50	143.50	143.50
0+880	144.00	144.00	144.00	144.00	144.00
0+890	144.50	144.50	144.50	144.50	144.50
0+900	145.00	145.00	145.00	145.00	145.00
0+910	145.50	145.50	145.50	145.50	145.50
0+920	146.00	146.00	146.00	146.00	146.00
0+930	146.50	146.50	146.50	146.50	146.50
0+940	147.00	147.00	147.00	147.00	147.00
0+950	147.50	147.50	147.50	147.50	147.50
0+960	148.00	148.00	148.00	148.00	148.00
0+970	148.50	148.50	148.50	148.50	148.50
0+980	149.00	149.00	149.00	149.00	149.00
0+990	149.50	149.50	149.50	149.50	149.50
0+1000	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00

Escala: 1:100  
 Autor: [Nombre]  
 Fecha: [Fecha]  
 Proyecto: [Proyecto]

## RECOMENDACIONES

Es muy importante tener en cuenta sobre todo el criterio del Ingeniero, ya que el programa en si no reemplaza el aporte invaluable que hace el diseñador al momento de interactuar con el software

Es de mucha importancia entender sobre todo Auto CAD o haber trabajado en este software.

Conocer lo que es topografía tanto altimetría como planimetría

Leer además la línea de comandos que es la que nos da una guía para entender lo que el programa solicita al momento de realizar cualquier tarea.

# ANEXOS

## INFORMACION TOPOGRAFICA

PUNTO	COORDENADAS			PUNTO	COORDENADAS		
	X	Y	Z		X	Y	Z
302	79.177.321	291.55	85.02	350	78.501.384	2.101.197	93.20
303	79.199.095	287.04	85.03	351	78.164.434	2.229.987	93.00
304	79.221.378	282.57	85.60	352	78.193.364	2.189.206	98.40
305	79.243.662	278.09	86.20	353	78.222.294	2.148.425	98.00
306	79.265.945	273.62	86.90	354	78.251.224	2.107.645	97.70
307	79.288.229	269.14	87.80	355	78.280.154	2.066.864	97.3
308	79.310.512	264.66	88.00	356	78.309.083	2.026.083	97.00
309	78.989.782	281.06	88.15	357	78.338.013	1.985.302	96.80
310	7.901.624	276.82	86.30	358	78.001.559	2.114.443	96.70
311	79.042.699	272.58	86.75	359	78.030.489	2.073.662	100.80
312	79.069.157	268.34	87.10	360	78.059.419	2.032.882	100.25
313	79.095.616	264.09	87.20	361	78.088.348	1.992.101	99.95
314	79.122.074	259.85	87.26	362	78.117.278	195.132	99.60
315	79.148.533	255.61	87.30	363	78.146.208	191.054	99.30
316	78.879.078	273.70	87.40	364	78.175.138	1.869.759	99.00
317	78.908.008	269.62	87.20	365	77.838.512	1.998.617	98.80
318	78.936.938	265.54	87.37	366	77.867.442	1.957.836	98.45
319	78.965.867	261.46	87.70	367	77.896.372	1.917.055	98.80
320	78.994.797	257.38	88.80	368	77.925.302	1.876.274	99.10
321	79.023.727	2.533.051	87.00	369	77.954.231	1.835.494	99.50
322	79.052.657	249.227	86.70	370	77.983.161	1.794.713	99.80
323	78.817.173	2.693.039	86.40	371	78.012.091	1.753.932	99.80
324	78.846.103	2.652.258	88.00	372	77.675.313	1.883.005	99.40
325	78.875.033	2.611.478	87.85	373	77.704.243	1.842.224	98.40
326	78.903.963	2.570.697	87.80	374	77.733.173	1.801.443	98.80
327	78.932.892	2.529.916	87.30	375	77.762.103	1.760.662	99.05
328	78.961.822	2.489.136	86.70	376	77.791.033	1.719.882	99.40
329	78.990.752	2.448.355	86.30	377	77.819.962	1.679.101	99.80
330	7.865.405	257.732	85.70	378	77.848.892	163.832	99.90
331	7.868.298	2.536.539	89.40	379	7.751.219	1.767.285	99.00
332	7.871.191	2.495.758	89.00	380	7.754.112	1.726.505	98.86
333	7.874.084	2.454.978	88.40	381	7.757.005	1.685.724	99.35
334	7.876.977	2.414.197	87.70	382	7.759.898	1.644.943	99.60

335	78.798.699	2.373.416	86.70	383	7.762.791	1.604.163	100
336	78.827.629	2.332.636	85.70	384	77.656.839	1.563.382	99.65
337	78.490.928	2.461.601	84.50	385	77.685.769	1.522.601	99.35
338	78.519.857	242.082	92.10	386	77.349.068	1.651.566	98.90
339	78.548.787	2.380.039	91.60	387	77.377.997	1.610.785	99.52
340	78.577.717	2.339.259	90.90	388	77.406.927	1.570.005	100.01
341	78.606.647	2.298.478	90.10	389	77.435.857	1.529.224	99.87
342	78.635.577	2.257.697	89.70	390	77.464.787	1.488.443	99.31
343	78.664.506	2.216.916	89.00	391	77.493.717	1.447.663	99.02
344	78.327.805	2.345.881	88.40	392	77.522.646	1.406.882	98.81
345	78.356.734	2.305.101	95.40	393	77.238.547	1.573.163	98.61
346	78.385.664	226.432	94.80	394	77.267.476	1.532.382	99.81
347	78.414.594	2.223.539	94.20	395	77.296.406	1.491.601	99.61
348	78.443.524	2.182.759	93.70	396	77.325.336	1.450.821	99.21
349	78.472.454	2.141.978	93.40	397	77.354.266	141.004	98.91
398	77.383.196	1.369.259	98.61	448	76.145.926	909.182	98.28
399	77.412.125	1.328.478	98.24	449	75.953.388	1.213.649	98.39
400	77.189.136	1.539.225	97.97	450	75.949.817	1.163.777	100.06
401	77.216.816	1.497.586	99.69	451	75.946.247	1.113.905	100.12
402	77.244.496	1.455.947	99.22	452	75.942.677	1.064.032	100.13
403	77.272.177	1.414.308	98.91	453	75.939.106	101.416	100.05
404	77.299.857	1.372.669	98.77	454	75.935.536	964.288	100.21
405	77.327.537	133.103	98.42	455	75.931.966	914.415	100.39
406	77.355.217	1.289.391	98.19	456	75.768.862	1.235.615	100.51
407	77.029.718	1.443.735	97.96	457	75.760.625	1.186.298	101.37
408	77.053.367	1.399.682	98.81	458	75.752.389	1.136.981	101.62
409	77.077.016	1.355.628	98.31	459	75.744.152	1.087.664	101.74
410	77.100.665	1.311.574	97.84	460	75.735.915	1.038.347	101.90
411	77.124.314	126.752	97.53	461	75.727.678	98.903	102.00
412	77.147.962	1.223.467	97.15	462	75.719.442	939.713	102.09
413	77.171.611	1.179.413	96.75	463	75.587.214	1.274.807	102.13
414	7.686.204	1.363.635	96.42	464	75.574.383	1.226.481	102.11
415	76.881.449	1.317.555	96.99	465	75.561.553	1.178.155	102.21
416	76.900.857	1.271.476	96.92	466	75.548.723	1.129.829	102.41
417	76.920.265	1.225.396	96.87	467	75.535.892	1.081.503	102.52

418	76.939.674	1.179.317	96.91	468	75.523.062	1.033.178	102.69
419	76.959.082	1.133.237	96.12	469	75.510.231	984.852	102.78
420	76.978.491	1.087.158	95.93	470	75.410.047	1.330.879	102.83
421	76.687.582	129.963	94.97	471	75.392.736	1.283.972	102.48
422	76.702.579	1.251.932	96.75	472	75.375.426	1.237.064	102.71
423	76.717.576	1.204.234	96.63	473	75.356.616	1.186.095	102.91
424	76.732.572	1.156.535	96.57	474	75.340.804	1.143.248	103.12
425	76.747.569	1.108.837	96.46	475	75.323.494	109.634	103.21
426	76.762.565	1.061.139	96.32	476	75.306.128	1.049.453	103.32
427	76.777.562	1.013.441	96.15	477	75.293.328	1.378.251	103.43
428	76.507.886	1.252.286	96.08	478	75.273.017	1.332.541	102.41
429	76.518.339	1.203.391	96.17	479	75.252.753	1.286.831	102.51
430	76.528.791	1.154.496	96.21	480	75.232.489	1.241.122	102.74
431	76.539.243	110.56	96.25	481	75.212.226	1.195.412	102.87
432	76.549.695	1.056.705	96.29	482	75.191.962	1.149.702	102.91
433	76.560.148	100.781	96.31	483	75.171.698	1.103.992	102.95
434	76.570.06	958.914	96.51	484	75.152.44	1.404.353	102.98
435	76.324.539	1.222.022	96.71	485	75.214.136	1.358.643	102.39
436	76.330.355	1.172.362	96.97	486	75.193.873	1.312.934	102.48
437	76.333.617	1.122.701	96.91	487	75.173.609	1.267.224	102.60
438	76.341.986	107.304	96.88	488	75.153.345	1.221.514	102.76
439	76.347.802	102.338	96.89	489	75.133.082	1.175.804	102.82
440	76.353.617	973.719	96.99	490	75.112.818	1.130.094	102.91
441	76.359.433	924.058	97.15	491	75.051.561	1.485.408	102.93
442	76.139.916	1.209.105	97.38	492	75.031.297	1.439.698	102.07
443	76.140.288	1.159.118	98.37	493	75.011.033	1.393.988	102.12
444	76.141.416	1.109.131	98.29	494	74.999.077	1.348.278	102.27
445	76.142.543	1.059.143	98.32	495	74.970.506	1.302.569	102.41
446	76.143.671	1.009.156	98.26	496	74.950.242	1.256.859	102.56
447	76.144.798	959.169	98.33	497	74.929.979	1.211.149	102.67
498	74.868.721	1.566.462	102.72	502	74.767.403	1.337.913	102.25
499	74.848.458	1.520.752	102.01	503	74.747.714	1.292.204	102.28
500	74.828.194	1.475.043	102.13	504	74.685.882	1.647.517	102.31
501	74.807.931	1.429.333	102.22	505	74.665.619	1.601.807	101.77

506	74.645.355	1.556.097	101.85	544	73.761.729	1.783.739	99.83
507	74.625.091	1.510.387	101.93	545	73.741.465	1.738.029	99.82
508	74.604.828	1.464.678 141.8968	102.01	546			99.83
509	74.584.564	102.09		536	73.873.471	1.788.896	99.95
510	7456.43	1.373.258	102.05	537	73.853.207	1.743.186	99.96
511	74.503.043	1.728.571	102.02	538	73.832.944	1.697.476	99.97
512	74.482.779	1.682.862	101.35	539	73.863.047	2.012.288	99.96
513	74.462.516	1.637.152	101.52	540	73.842.783	1.966.578	100.02
514	74.442.252	1.591.442	101.61	541	7.382.252	1.920.869	99.96
515	74.421.989	1.545.732	101.72	542	73.802.256	1.875.159	99.86
516	74.401.725	1.500.022	101.76	543	73.781.983	1.829.449	99.81
517	74.381.461	1.454.313	101.63	1	76.338.548	750.794	97.3
518	74.320.204	1.809.626	101.58	2	79.069.413	2.688.067	87.1
519	7.429.994	1.763.916	101.22				
520	74.279.677	1.718.206	101.31				
521	74.259.413	1.672.496	101.43				
522	74.239.149	1.626.787	101.37				
523	74.218.886	1.581.077	101.18				
524	74.198.622	1.535.367	101.11				
525	74.137.365	189.068	101.06				
526	74.117.101	1.844.971	101.07				
527	74.096.837	1.799.261	101.01				
528	74.076.574	1.753.551	100.95				
529	7.405.631	1.707.841	100.86				
530	74.036.047	1.662.131	100.75				
531	74.015.783	1.616.422	100.70				
532	73.954.526	1.971.736	100.67				
533	73.934.262	1.926.025	100.21				
534	73.913.998	1.880.315	100.11				
535	73.893.735	1.834.606	99.99				



## MEMORIA DE CÁLCULO

V(Km/h)=	8
f=	
e(%)=	9,99
i=	
a(m)=	
Lp(m)=	96,97
Radio(m)=	21
A a B (m)=	
B a C(m)=	
Lc(m)=	217,19
A(m)=	63,932
B(m)=	83,332
C(m)=	102,73
D(m)=	180,30

Curva concava

f1=	
m1	
m2	-3
A=	4
G=	-5
s=dvp =	13
Lcv=	-----

$Lcv > dvp$

Lcv=	143,70
------	--------

Curva convexa

m2=	
A=	

G= 0,50%

Lcv=  $\frac{AS^2}{426}$

Lcv > dvp

Lcv = 201,807815

### HOJA DE CALCULO DEL PERALTE

#### Parametros de diseño

Velocidad de diseño = 80 Km/H

Coefficiente Fricción lateral (f) = 0,14

Pendiente transversal calzada (m) = 2

Peralte (e%) =  $\frac{V^2}{127Rc} - f$

Peralte maximo (emax %) = 10

Gradiente longitudinal (i) = 0,5

Ancho carril (a) = 9,7 m

Longitud de transicion de "e" =  $\frac{ea}{2i} = 96,9709036$  m

Le minima = 0.56Vd = 44,8 m

Le de diseño = 96,9709036 m

Longitud Tangencial (X) =  $\frac{ma}{2i} = 19,4$  m

Radio de curva horizontal Rc = 210 m

Principio de curva "Pc" = 0+147,98 m

Lc = 384,775975 m

Puntos de transicion del peralte antes del Pc

A(m) = Pc - ((2/3)Le + X) = 0+063,93 m

B(m) = A + X = 0+083,33 m

$$C(m) = B + X = 0 + 102,73 \text{ m}$$

$$D(m) = P_c + (1/3)P_c = 0 + 180,30 \text{ m}$$

Puntos de transición del peralte antes del  $P_c$

$$\text{Principio de Tangencia "Pt"} = 0 + 532,76 \text{ m}$$

$$D'(m) = P_t - (1/3)Le = 0 + 500,43 \text{ m}$$

$$C'(m) = A + X = 0 + 578,00 \text{ m}$$

$$B'(m) = B + X = 0 + 597,40 \text{ m}$$

$$A'(m) = 0 + 616,80 \text{ m}$$

#### Datos que necesita CivilCad para trazar curvas horizontales

$$\text{Ángulo de inflexión "alfa"} = 104,9811$$

$$\text{Grado de curvatura "Gc"} = \frac{7200}{2\pi R_c} = 5,456740906 = 9,997$$

Tipo de camino

Grado de curvatura  $5^\circ$   $27^\circ$   $24,2640^\circ$

Sobreelevación (Peralte)  $10,00$

Sobre-ancho "Por norma"

Tipo de curva Simple

En caso de Angulos de inflexión pequeños (20-60) may este usar tipo Curva tipo Espiral

Sobre elevación Inicial (m) =  $2,00\%$

Sobre elevación final (m) =  $2,00\%$

Longitudes de transición de peralte

Entrada

Le  $96,9709036$   
% Fuera de curva  $66,67\%$

Salida

Le  $96,9709036$   
% Fuera de la curva  $66,67\%$

Velocidad de diseño	Coefficiente de fricción lateral "f"
20	0,35
25	0,315
30	0,284
35	0,255
40	0,221
45	0,2
50	0,19
60	0,65
70	0,16
80	0,14
90	0,134
100	0,13
110	0,124
120	0,12

Velocidad de diseño	Gradiente longitudinal "i"
20	0,8
25	0,775
30	0,75
35	0,725
40	0,7
45	0,675
50	0,65
60	0,6
70	0,55
80	0,5
90	0,47
100	0,43
110	0,4
120	0,37

## Diseño de Curvas Verticales

### Parametros de diseño

Tiempo de reaccion en segundos "t" =	2,5 s
Altura del ojo de Observador "h1" =	1,08 m
Altura del ojo de Objeto "h2" =	0,15 m
Pendiente de entrada "m1" =	3,5
Pendiente de entrada "m2" =	-6,5
Valor absoluto de la diferencia de algebraicas en Porcentaje "A" =	3
Velocidad de diseño "Vd" =	80 Km/H
Coefficiente de friccion longitudinal "f" por norma del MTOP =	0,32

Velocidad de diseño	Factor de fricción longitudinal
40	0,384
50	0,362
60	0,344
70	0,332
80	0,32
90	0,31
100	0,301

### Trazado de curvas verticales

#### Curva vertical Concava

$$\text{Distancia de visibilidad de parada "dvp" o "S"} = 0,70Vd + \frac{Vd^2}{254(f+G)} = 144,41000$$

Mayor valor de pendiente expresada en % con su signo Positivo o negativo "G" = -3,5

$$\text{Longitud horizontal de curva vertical "Lcv"} = \frac{AS^2}{426} = 146,86090$$

$$\text{Parametro K de diseño} = \frac{S^2}{426} = 48,953635$$

$$\text{Lcv de diseño} = 146,8609049 \text{ m}$$

#### Curva vertical Convexa

$$\text{Longitud horizontal de curva vertical "Lcv"} = \frac{AS^2}{122+3.5*S} = 99,711914$$

$$\text{Parametro K de diseño} = \frac{S^2}{122+3.5*S} = 33,2373048$$

$$\text{Lcv de diseño} = 144,4100014 \text{ m}$$

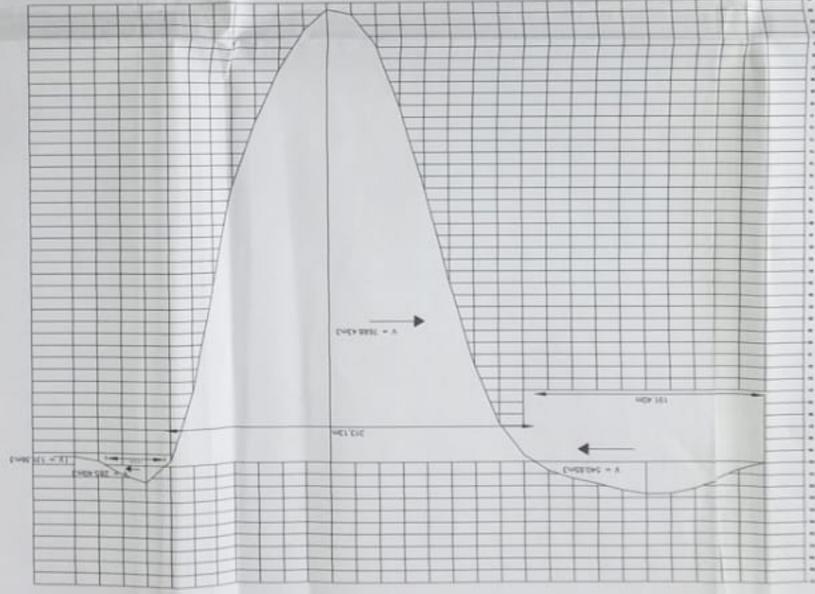
corte y terraplén.

DC	DESPALME EN CORTE
DT	DESPALME EN TERRAPLEN
C	CORTE
I	TERRAPLEN

COORDENADA INICIAL DE CURVA MASA			10.000,00	AREAS					VOLUMENES					RESUMEN (ORDENADAS DE LA C		
ELEVACIONES		ESPEORES	DESPALME			C	I	Factor de abundamiento en corte	SEMI- DISTANCIA	DESPALME		C	I			
TN	SUBABANTE	C	T	DC	DT					DC	DT					
CCIONES DE LEVANTADAS EN CAMPO																
0+000,000	99,990	99,990	0,00	0,00	0,00	0,00	3,28	0,00						0+000,000	10,000	
0+020,000	100,950	100,470	0,48	0,00	0,00	0,00	9,59	0,00	1,00	10,00	0,00	0,00	128,70	0,00	0+020,000	10,128
0+040,000	101,430	100,950	0,48	0,00	0,00	0,00	8,49	0,00	1,00	10,00	0,00	0,00	180,84	0,00	0+040,000	10,308
0+060,000	101,610	101,430	0,18	0,00	0,00	0,00	5,46	0,00	1,00	10,00	0,00	0,00	139,49	0,00	0+060,000	10,448
0+080,000	101,630	101,610	0,02	0,00	0,00	0,00	2,79	0,00	1,00	10,00	0,00	0,00	82,44	0,00	0+080,000	10,530
0+100,000	102,220	102,390	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	1,85	1,00	10,00	0,00	0,00	27,88	18,50	0+100,000	10,548
0+120,000	102,270	102,605	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	5,61	1,00	10,00	0,00	0,00	0,00	74,59	0+120,000	10,488
0+140,000	102,600	103,088	0,00	0,49	0,00	0,00	0,00	4,96	1,00	10,00	0,00	0,00	0,00	105,87	0+140,000	10,388
0+160,000	102,897	103,240	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	3,43	1,00	10,00	0,00	0,00	0,00	84,07	0+160,000	10,278
0+180,000	102,415	103,261	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00	9,58	1,00	10,00	0,00	0,00	0,00	130,06	0+180,000	10,148
0+200,000	101,751	103,151	0,00	1,40	0,00	0,00	0,00	16,09	1,00	10,00	0,00	0,00	0,00	256,88	0+200,000	9,889
0+220,000	100,130	102,910	0,00	2,78	0,00	0,00	0,00	38,43	1,00	10,00	0,00	0,00	0,00	525,17	0+220,000	9,384

0+240,000	98,325	102,537	0,00	4,21	0,00	0,00	0,00	61,09	1,00	10,00	0,00	0,00	0,00	97 5, 21	0+240,000	8.389
0+260,000	96,891	102,035	0,00	5,14	0,00	0,00	0,00	78,34	1,00	10,00	0,00	0,00	0,00	13 94 ,3 1	0+260,000	6.994
0+280,000	96,259	101,400	0,00	5,14	0,00	0,00	0,00	79,05	1,00	10,00	0,00	0,00	0,00	15 73 ,8 5	0+280,000	5.421
0+300,000	96,560	100,700	0,00	4,14	0,00	0,00	0,00	58,99	1,00	10,00	0,00	0,00	0,00	13 90 ,4 3	0+300,000	4.030
0+320,000	96,867	100,000	0,00	3,13	0,00	0,00	0,00	42,61	1,00	10,00	0,00	0,00	0,00	10 28 ,0 5	0+320,000	3.004
0+340,000	97,821	99,300	0,00	1,48	0,00	0,00	0,00	17,18	1,00	10,00	0,00	0,00	0,00	59 7, 87	0+340,000	2.406
0+360,000	98,894	98,800	0,29	0,00	0,00	0,00	7,83	0,20	1,00	10,00	0,00	0,00	78,28	17 3, 57	0+360,000	2.311
0+380,000	99,856	97,900	1,96	0,00	0,00	0,00	30,08	0,00	1,00	10,00	0,00	0,00	379,12	2, 00	0+380,000	2.688
0+400,000	99,804	97,200	2,40	0,00	0,00	0,00	40,80	0,00	1,00	10,00	0,00	0,00	708,87	0, 00	0+400,000	3.395
0+420,000	99,058	96,483	2,57	0,00	0,00	0,00	45,41	0,00	1,00	10,00	0,00	0,00	860,17	0, 00	0+420,000	4.255
0+440,000	99,099	95,649	3,45	0,00	0,00	0,00	63,39	0,00	1,00	10,00	0,00	0,00	1088,08	0, 00	0+440,000	5.343
0+460,000	99,938	94,682	5,26	0,00	0,00	0,00	102,83	0,00	1,00	10,00	0,00	0,00	1660,18	0, 00	0+460,000	7.003
0+480,000	97,728	93,580	4,15	0,00	0,00	0,00	78,87	0,00	1,00	10,00	0,00	0,00	1795,00	0, 00	0+480,000	8.796
0+500,000	94,249	92,345	1,90	0,00	0,00	0,00	34,89	0,00	1,00	10,00	0,00	0,00	1117,65	0, 00	0+500,000	9.918
0+520,000	90,946	91,043	0,00	0,10	0,00	0,00	4,44	2,46	1,00	10,00	0,00	0,00	383,33	24 ,5 7	0+520,000	10.281
0+540,000	88,435	89,741	0,00	1,31	0,00	0,00	0,00	14,83	1,00	10,00	0,00	0,00	44,42	17 2, 86	0+540,000	10.151
0+560,000	87,808	88,439	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	7,41	1,00	10,00	0,00	0,00	0,00	22 2, 35	0+560,000	9.934
0+580,000	87,089	87,137	0,00	0,05	0,00	0,00	1,85	0,84	1,00	10,00	0,00	0,00	16,54	82 ,4 9	0+580,000	9.868

# DIAGRAMA DE MASAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CARLOS  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
 TUBAM

ELEVACION		DIFERENCIA		VOLUMEN	
ANTERIOR	POSTERIOR	POSITIVA	NEGATIVA	POSITIVA	NEGATIVA
120	118	2		2000	
118	116	2		2000	
116	114	2		2000	
114	112	2		2000	
112	110	2		2000	
110	108	2		2000	
108	106	2		2000	
106	104	2		2000	
104	102	2		2000	
102	100	2		2000	
100	98	2		2000	
98	96	2		2000	
96	94	2		2000	
94	92	2		2000	
92	90	2		2000	
90	88	2		2000	
88	86	2		2000	
86	84	2		2000	
84	82	2		2000	
82	80	2		2000	
80	78	2		2000	
78	76	2		2000	
76	74	2		2000	
74	72	2		2000	
72	70	2		2000	
70	68	2		2000	
68	66	2		2000	
66	64	2		2000	
64	62	2		2000	
62	60	2		2000	
60	58	2		2000	
58	56	2		2000	
56	54	2		2000	
54	52	2		2000	
52	50	2		2000	
50	48	2		2000	
48	46	2		2000	
46	44	2		2000	
44	42	2		2000	
42	40	2		2000	
40	38	2		2000	
38	36	2		2000	
36	34	2		2000	
34	32	2		2000	
32	30	2		2000	
30	28	2		2000	
28	26	2		2000	
26	24	2		2000	
24	22	2		2000	
22	20	2		2000	
20	18	2		2000	
18	16	2		2000	
16	14	2		2000	
14	12	2		2000	
12	10	2		2000	
10	8	2		2000	
8	6	2		2000	
6	4	2		2000	
4	2	2		2000	
2	0	2		2000	
0	-2		2		2000
-2	-4		2		2000
-4	-6		2		2000
-6	-8		2		2000
-8	-10		2		2000
-10	-12		2		2000
-12	-14		2		2000
-14	-16		2		2000
-16	-18		2		2000
-18	-20		2		2000
-20	-22		2		2000
-22	-24		2		2000
-24	-26		2		2000
-26	-28		2		2000
-28	-30		2		2000
-30	-32		2		2000
-32	-34		2		2000
-34	-36		2		2000
-36	-38		2		2000
-38	-40		2		2000
-40	-42		2		2000
-42	-44		2		2000
-44	-46		2		2000
-46	-48		2		2000
-48	-50		2		2000
-50	-52		2		2000
-52	-54		2		2000
-54	-56		2		2000
-56	-58		2		2000
-58	-60		2		2000
-60	-62		2		2000
-62	-64		2		2000
-64	-66		2		2000
-66	-68		2		2000
-68	-70		2		2000
-70	-72		2		2000
-72	-74		2		2000
-74	-76		2		2000
-76	-78		2		2000
-78	-80		2		2000
-80	-82		2		2000
-82	-84		2		2000
-84	-86		2		2000
-86	-88		2		2000
-88	-90		2		2000
-90	-92		2		2000
-92	-94		2		2000
-94	-96		2		2000
-96	-98		2		2000
-98	-100		2		2000
-100	-102		2		2000
-102	-104		2		2000
-104	-106		2		2000
-106	-108		2		2000
-108	-110		2		2000
-110	-112		2		2000
-112	-114		2		2000
-114	-116		2		2000
-116	-118		2		2000
-118	-120		2		2000
-120	-122		2		2000
-122	-124		2		2000
-124	-126		2		2000
-126	-128		2		2000
-128	-130		2		2000
-130	-132		2		2000
-132	-134		2		2000
-134	-136		2		2000
-136	-138		2		2000
-138	-140		2		2000
-140	-142		2		2000
-142	-144		2		2000
-144	-146		2		2000
-146	-148		2		2000
-148	-150		2		2000
-150	-152		2		2000
-152	-154		2		2000
-154	-156		2		2000
-156	-158		2		2000
-158	-160		2		2000
-160	-162		2		2000
-162	-164		2		2000
-164	-166		2		2000
-166	-168		2		2000
-168	-170		2		2000
-170	-172		2		2000
-172	-174		2		2000
-174	-176		2		2000
-176	-178		2		2000
-178	-180		2		2000
-180	-182		2		2000
-182	-184		2		2000
-184	-186		2		2000
-186	-188		2		2000
-188	-190		2		2000
-190	-192		2		2000
-192	-194		2		2000
-194	-196		2		2000
-196	-198		2		2000
-198	-200		2		2000
-200	-202		2		2000
-202	-204		2		2000
-204	-206		2		2000
-206	-208		2		2000
-208	-210		2		2000
-210	-212		2		2000
-212	-214		2		2000
-214	-216		2		2000
-216	-218		2		2000
-218	-220		2		2000
-220	-222		2		2000
-222	-224		2		2000
-224	-226		2		2000
-226	-228		2		2000
-228	-230		2		2000
-230	-232		2		2000
-232	-234		2		2000
-234	-236		2		2000
-236	-238		2		2000
-238	-240		2		2000
-240	-242		2		2000
-242	-244		2		2000
-244	-246		2		2000
-246	-248		2		2000
-248	-250		2		2000
-250	-252		2		2000
-252	-254		2		2000
-254	-256		2		2000
-256	-258		2		2000
-258	-260		2		2000
-260	-262		2		2000
-262	-264		2		2000
-264	-266		2		2000
-266	-268		2		2000
-268	-270		2		2000
-270	-272		2		2000
-272	-274		2		2000
-274	-276		2		2000
-276	-278		2		2000
-278	-280		2		2000
-280	-282		2		2000
-282	-284		2		2000
-284	-286		2		2000
-286	-288		2		2000
-288	-290		2		2000
-290	-292		2		2000
-292	-294		2		2000
-294	-296		2		2000
-296	-298		2		2000
-298	-300		2		2000
-300	-302		2		2000
-302	-304		2		2000
-304	-306		2		2000
-306	-308		2		2000
-308	-310		2		2000
-310	-312		2		2000
-312	-314		2		2000
-314	-316		2		2000
-316	-318		2		2000
-318	-320		2		2000
-320	-322		2		2000
-322	-324		2		2000
-324	-326		2		2000
-326	-328		2		2000
-328	-330		2		2000
-330	-332		2		2000
-332	-334		2		2000
-334	-336		2		2000
-336	-338		2		2000
-338	-340		2		2000
-340	-342		2		2000
-342	-344		2		2000
-344	-346		2		2000
-346	-348		2		2000
-348	-350		2		2000
-350	-352		2		2000
-352	-354		2		2000
-354	-356		2		2000
-356	-358		2		2000
-358	-360		2		2000
-360	-362		2		2000
-362	-364		2		2000
-364	-366		2		2000
-366	-368		2		2000
-368	-370		2		2000
-370	-372		2		2000
-372	-374		2		2000
-374	-376		2		2000
-376	-378		2		2000
-378	-380		2		2000
-380	-382		2		2000
-382	-384		2		2000
-384	-386		2		2000
-386	-388		2		2000
-388	-390		2		2000
-390	-392		2		2000
-392	-394		2		2000
-394	-396		2		2000
-396	-398		2		2000
-398	-400		2		2000
-400	-402		2		2000
-402	-404		2		2000
-404	-406		2		2000
-406	-408		2		2000
-408	-410		2		2000
-410	-412		2		2000
-412	-414		2		2000
-414	-416		2		2000
-416	-418		2		2000
-418	-420		2		2000
-420	-422		2		2000
-422	-424		2		

## **BIBLIOGRAFIA**

"Normas de diseño Geométrico de Carreteras"- 2003, preparado por "TAMS, ASTEC" y revisadas por el Consorcio de Consultores "Louis Berger International Inc. (New Jersey, Usa), Protecvia Cía Ltda.

"Sobre ancho de vía y su transición", escrito por Miguel Ángel Heredia, artículo encontrado en ARQHYS.COM

Página oficial de la compañía ARCOM: Consultoría y Programación CAD

Tesis Trazo y construcción de una carretera, por Eduardo castelán Sayago, <http://caminos.construaprende.com/entrada/Tesis1/>, en Internet

Definición Geométrica de una carretera, de Luis Blañón Blázquez [http://sirio.ua.es/proyectos/manual\\_%20carreteras/01030101.pdf](http://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/01030101.pdf)

TESINA de Gabriela Lam