

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE DRENAJE SUPERFICIAL DEL CAMINO  
VECINAL QUE CONDUCE DE LA COMUNIDAD EL ROSAT AL CANTÓN LOS  
LLANITOS, JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE AYUTUXTEPEQUE, SAN  
SALVADOR, APLICANDO SOFTWARE ESPECIALIZADO.**

**PRESENTADO POR:**

**ALEXANDER ANTONIO FERRUFINO ALVAREZ**

**VICTOR MANUEL IZAGUIRRE RODRIGUEZ**

**PARA OPTAR AL TITULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO DE 2005**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTORA :**

**Dra. María Isabel Rodríguez**

**SECRETARIA GENERAL :**

**Licda. Alicia Margarita Rivas de Recinos**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**DECANO :**

**Ing. Mario Roberto Nieto Lovo**

**SECRETARIO INTERINO :**

**Ing. Rigoberto Velásquez Paz**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**DIRECTOR :**

**Ing. Luis Rodolfo Nosiglia Durán**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:**  
**INGENIERO CIVIL**

**Título :**

**DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE DRENAJE SUPERFICIAL DEL CAMINO  
VECINAL QUE CONDUCE DE LA COMUNIDAD EL ROSAT AL CANTÓN LOS  
LLANITOS, JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE AYUTUXTEPEQUE, SAN  
SALVADOR, APLICANDO SOFTWARE ESPECIALIZADO.**

**PRESENTADO POR:**

**ALEXANDER ANTONIO FERRUFINO ALVAREZ**  
**VICTOR MANUEL IZAGUIRRE RODRIGUEZ**

**Trabajo de Graduación aprobado por:**

**DOCENTE DIRECTOR:**

**ING. JORGE OSWALDO RIVERA FLORES**

**DOCENTE DIRECTOR:**

**ING. MAURICIO ERNESTO VALENCIA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO DE 2005**

**Trabajo de Graduación Aprobado por:**

**DOCENTES DIRECTORES:**

**Ing. JORGE OSWALDO RIVERA FLORES**

**Ing. MAURICIO ERNESTO VALENCIA**



### **AGRADECIMIENTOS:**

Los más sinceros agradecimientos a la universidad por habernos dado la oportunidad de formarnos profesionalmente especialmente a todos los docentes que con su esfuerzo y profesionalismo supieron proporcionarnos las herramientas necesarias para nuestra formación y a todo el personal que forman parte de la Escuela de Ingeniería Civil.

A nuestros asesores Ing. Jorge Rivera Flores e Ing. Mauricio Ernesto Valencia por habernos brindado su ayuda cuando la necesitamos y por alentarnos y guiarnos de la mejor manera para la culminación de nuestras carreras.

A nuestros familiares y amigos quienes con su apoyo nos dieron la voluntad, el carácter y la fuerza para seguir formándonos personal y profesionalmente, estando pendientes de nuestros avances para la culminación de este trabajo de graduación.

**Alex, Victor**

## DEDICATORIA

### A DIOS Y LA VIRGEN MARIA:

Porque sin su amparo y ayuda no podría haber culminado mi carrera profesional, ya que fueron, son y seguirán siendo los pilares en que puedo apoyarme para seguir adelante.

### A MI PADRE:

**Amado Antonio Ferrufino Sánchez**, por apoyarme incondicionalmente a lo largo de mi preparación personal y académica, por aconsejarme y darme lo mejor de ti, sin tu apoyo, entrega y sacrificio, esto no sería posible.

### A MI MADRE:

**Ana Lidia Alvarez de Ferrufino**, por ser ejemplo de amor, honradez e integridad como mujer y como madre, por toda tu entrega y sacrificio, mil gracias; sin tu ayuda y consejos no sería quien soy.

### A MIS HERMANOS:

**Denisse y Walter**, por su cariño y apoyo, por estar a mi lado en las buenas y en las malas. Animo hermanos, Sí se puede!!!.

### A MIS ABUELOS:

**Doroteo, Humberto, Francisca** por su amor, palabras de aliento y consejos, en especial a vos **mama Maura** (Q.D.D.G), pues fuiste ejemplo de amor, dedicación y coraje,

te me adelantaste, pero como lo prometido es deuda, te lo dedico con amor, admiración y respeto.

**A MIS TIOS Y PRIMOS:**

Por estar pendientes de mi formación y ayudarme en lo que estuvo al alcance de sus posibilidades, mil gracias. **Fausto**, esto va por vos.

**A MIS PADRINOS:**

Por alentarme y apoyarme en todo momento, sus consejos y ayuda han sido básicas para mi, Gracias por todo y que Dios les multiplique lo que por nosotros han hecho. Gracias: **Padrino, Madrina, Beto, Ivette y Claudia.**

**A MIS AMIGOS:**

**Salvador, Gilma(ILY), Víctor, Tania, Cecy, Lisette, Alex, Mario C., Hugo, Dany, Héctor**, por ser lo que son: *Mis Amigos* y por ayudarme y apoyarme cuando lo necesité. Me han dado muchas alegrías y satisfacciones.

Gracias

**ALEX**

## **DEDICATORIA**

### **A MI FAMILIA:**

Quienes son lo más preciado que tengo, y que están siempre conmigo para apoyarme y aconsejarme, forjándome como persona y ahora sacándome adelante con mis estudios para formarme como profesional. Este logro les corresponde a todos ellos, a mi papá, Víctor Manuel Izaguirre Contreras, mi mamá Mariana Fidelicia Rodríguez de Izaguirre, mis hermanos, Joaquín y Pedro Izaguirre, mis hermanas Maritza y Dinora.

### **A MIS TIOS Y TIAS:**

Por brindarme su apoyo y confianza, estando siempre allí realizando grandes esfuerzos para que yo pudiera continuar mis estudios.

### **A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS:**

**ALEX FERRUFINO, JOSE SALVADOR, ALEX, CARLOS E.**

**P., LISSETTE, TANIA, CECI, GILMA, LUIS Y RONALD** por compartir todos los buenos y malos momentos que tuvimos durante el desarrollo de nuestras carreras.

**MUCHAS GRACIAS**

**Víctor**

## INDICE

RESUMEN .....	xxviii
INTRODUCCION.....	xxxi
CAPITULO I .....	1
1. GENERALIDADES .....	2
1.1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.2. ANTECEDENTES.....	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.4. JUSTIFICACIONES .....	6
1.5. OBJETIVOS.....	7
1.5.1. Objetivos Generales: .....	7
1.5.2. Objetivos Específicos:.....	8
1.6. ALCANCES GLOBALES .....	8
1.7. LIMITACIONES .....	9
1.8. DELIMITACIONES .....	9
CAPITULO II .....	10
2. DETERMINACION DEL TIPO Y CATEGORIA DEL CAMINO .....	11
2.1. INTRODUCCION.....	11
2.2. CONCEPTOS GENERALES .....	11
2.2.1. Selección de Ruta.....	11
2.2.2. Levantamiento Topográfico de Vías Terrestres.....	18
2.2.3. Geología .....	22

2.2.4.	Hidrología.....	24
2.2.5.	Tránsito .....	25
2.2.6.	Nivel de Servicio .....	31
2.3.	ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....	46
2.3.1.	Definición .....	46
2.3.2.	Elementos que lo integran .....	47
2.3.3.	Curvas de Transición .....	51
2.3.4.	Criterios Aplicables al Diseño del Alineamiento Horizontal: Balance entre Curvas y Tangentes .....	51
2.4.	ALINEAMIENTO VERTICAL .....	55
2.4.1.	Definición. ....	55
2.4.2.	Elementos que integran el Alineamiento Vertical .....	55
2.4.3.	Relación Peso/Potencia.....	60
2.4.4.	Criterios para el Diseño del Alineamiento Vertical.....	61
2.5.	COMBINACION DE LOS ALINEAMIENTOS HORIZONTAL Y VERTICAL.....	63
2.6.	SECCIONES TRANSVERSALES .....	67
2.6.1.	Definición .....	67
2.6.2.	Elementos que integran las Secciones Transversales .....	67
2.7.	ESTABILIZACION DE TALUDES.....	75
2.7.1.	Metodos para disminuir o eliminar el riesgo .....	75
2.7.2.	Estructuras de control de masas en movimiento .....	77
2.7.3.	Estabilización del talud .....	78
2.8.	VOLUMEN DE TERRACERIA.....	84

2.8.1.	Definición .....	84
2.8.2.	Volúmenes y Movimiento de Terracerías .....	85
2.8.3.	Secciones de construcción .....	85
2.8.4.	Movimiento de Terracerías. ....	90
2.9.	DRENAJE SUPERFICIAL .....	97
2.9.1.	Efectos del agua sobre la calzada .....	98
2.9.2.	Hidrología.....	99
2.9.3.	Cálculo del Caudal.....	100
2.9.4.	Método racional clásico: .....	101
2.9.5.	Método Racional Generalizado:.....	101
2.9.6.	Coefficiente de Escorrentía.....	102
2.9.7.	Tiempo de Concentración.....	103
2.9.8.	Intensidad de la lluvia .....	104
CAPITULO III .....		105
3. MODELADO DIGITAL DE TERRENO (MDT) Y DESCRIPCIÓN DE PROGRAMA		
AUTODESK LAND DESKTOP 2004 .....		106
3.1.	INTRODUCCION .....	106
3.2.	MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT).....	107
3.2.1.	Concepto de Modelo Digital del Terreno .....	107
3.2.2.	Modelos digitales del terreno .....	115
3.2.3.	Mapas y modelos digitales del terreno .....	117
3.2.4.	Simulación de procesos con los MDT.....	120
3.3.	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA AUTODESK LAND	
DESKTOP 2004. ....		124

3.3.1.	Introduccion .....	124
3.3.2.	Autodesk Land Desktop 2004.....	125
CAPITULO IV .....		133
4.	APLICACIÓN DEL PROGRAMA AUTODESK LAND DESKTOP 2004 AL PROYECTO EN ESTUDIO .....	134
4.1.	CREAR UN NUEVO PROYECTO .....	134
4.2.	CONFIGURACIÓN DE LA BASE DE DATOS DE PUNTOS COGO.....	140
4.3.	CONFIGURACIÓN DEL DIBUJO .....	141
4.3.1.	Cargar una Configuración Existente. ....	142
4.3.2.	Crear una Configuración Nueva. ....	143
4.4.	LECTURA DE UN ARCHIVO DE PUNTOS EN FORMATO ASCII .....	156
4.4.1.	Determinación del formato de lectura del archivo de puntos.....	157
4.5.	CREACIÓN Y ELIMINACIÓN DE GRUPOS DE PUNTOS “POINT GROUPS” .....	170
4.5.1.	Creación de Grupos de Puntos.....	171
4.5.2.	Eliminación de Grupos de Puntos.....	175
4.6.	MODELAMIENTO DIGITAL DE TERRENOS: MENU “TERRAIN” .....	176
4.6.1.	Selección de los datos o información topográfica con la cual se calculará la superficie: .....	179
4.6.2.	Puntos Topográficos “Point Groups” y "Point Files" :.....	180
4.6.3.	Cálculo de la malla o superficie. ....	182
4.6.4.	Curvas de Nivel.....	194



CAPITULO V .....	209
5. DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO .....	210
5.1. DISEÑO DEL EJE EN PLANTA:.....	210
5.1.1. Diseño del eje .....	210
5.1.2. Definición del Eje como Alineamiento Horizontal: .....	216
5.2. COMANDOS DE MANEJO DEL ALINEAMIENTO:.....	219
5.2.1. Generación de líneas paralelas al eje.....	222
5.2.2. Etiquetado del eje .....	227
5.3. PERFIL LONGITUDINAL:.....	230
5.3.1. Obtención de las cotas de terreno: .....	230
5.3.2. Dibujo del perfil longitudinal .....	233
5.3.3. Diseño de la rasante: .....	235
5.3.4. Dibujo de la rasante: .....	236
5.4. SECCIONES TRANSVERSALES .....	241
5.4.1. Obtención de los perfiles transversales de terreno:.....	243
5.4.2. Dibujo y definición de la plantilla tipo del camino:.....	248
5.4.3. Configuración de parámetros para el control del diseño: .....	259
5.4.4. Dibujo de los perfiles transversales .....	267
5.5. CALCULO DE MOVIMIENTOS DE TIERRA .....	275
5.6. ACTUALIZACION DE LA TOPOGRAFIA ORIGINAL .....	279
5.6.1. Crear la “Surface” del camino: .....	279
5.6.2. Unión de dos superficies.....	284
5.6.3. Crear una nueva representacion 3D de la superficie.....	286
5.7. DRENAJE SUPERFICIAL .....	289

5.7.1. Modificación de las configuraciones del menu hydrology .....	291
5.7.2. Determinación del tiempo de concentración (tc).....	297
CAPITULO VI .....	315
CONCLUSIONES.....	316
RECOMENDACIONES .....	319
BIBLIOGRAFIA .....	320
ANEXOS .....	321
ANEXO A .....	322
ANEXO B .....	331
ANEXO C .....	333
ANEXO D .....	336

**INDICE DE TABLAS**

Tabla II-1 Valores Por Omisión para la Entrada de Parámetros, en Ausencia de Datos Locales .....	40
Tabla II-2 Resumen de las Clases de Carreteras de dos Carriles .....	41
Tabla II-3 Resumen de las Clases de Carreteras de dos Carriles .....	42
Tabla II-4 Longitudes Óptimas de los Carriles de Adelantamiento .....	42
Tabla II-5 Valores por omisión para la distribución por sentidos en carreteras de dos carriles.....	42
Tabla II-6 Porcentajes de Vehículos Pesados por Omisión .....	42
Tabla II-7 Porcentajes de Vehículos Pesados por Omisión .....	45
Tabla II.8 Descripción de Elementos de la Curva Circular Simple .....	49
Tabla II.9 Descripción de Elementos de la Curva Circular Compuesta.....	50
Tabla IV.1 Contenido de las barras de menús de las Aplicaciones del Autodesk Land Desktop 2004 .....	135
Tabla V.1 Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales.....	211

## INDICE DE FIGURAS

Figura II.1 Secciones Transversales y Polígono Base .....	21
Figura II.2 Secciones Transversales y Puntos Sobre Éstas.....	21
Figura II.3. Concepto General de los Niveles de Servicio .....	38
Figura II.4. Niveles de Servicio. Ilustración Fotográfica .....	38
Figura II-5 Densidad de Puntos de Acceso .....	41
Figura II-6 Curvas Velocidad - Distancia Sobre Pendientes - Camión Tipo de 136 Kg/Hp .....	46
Figura II.7. Elementos de la Curva Circular Simple.....	48
Figura II.8 Elementos de la Curva Circular Compuesta .....	50
Figura II.9 Tipos de Curvas Verticales .....	58
Figura II.10 Elementos de las Curvas Verticales.....	60
Figura II.11 Sección Transversal Típica en una Tangente del Alineamiento Horizontal .....	72
Figura II.12 Bordillo .....	73
Figura II.13 Faja Separadora. ....	74
Figura II.14 Sección de Construcción de un Terraplén en Tangente .....	86
Figura II.15 Sección de Construcción de un Corte en Tangente.....	86

Figura II.16 Escalón de Liga.....	89
Figura II.17 Muros y Bermas .....	89
Figura II.18 Propiedades de Curva Masa.....	92
Figura II.19 Distancia Media de Sobreacarreo.....	95
Figura II.20 Prestamos y Desperdicios.....	97
Figura III.1 Cronograma de un modelo.....	109
Figura III.2 Relación genérica entre error y complejidad.....	110
Figura III.3 Modelo Icónico .....	112
Figura III.4 Modelo análogo.....	113
Figura III.5 Reconstrucción de un edificio prerrománico. ....	114
Figura III.6 Modelo de reflectancia .....	117
Figura III.7 Simulación mediante algoritmos .....	120
Figura III.8 Etapas Genéricas en el Proceso de Simulación en Modelos Digitales del Terreno.....	122
Figura III.9 Simulación de un Incendio .....	123
Figura III.10 Principales partes que conforman la ventana de Inicio “Start Up”. .....	126
Figura IV.1 Cuadro por omisión para la Creación de un nuevo dibujo y su correspondiente asignación a un proyecto.....	138

Figura IV.2 Cuadro de Detalles del Proyecto .....	139
Figura IV.3 Nuevo Proyecto Creado .....	139
Figura IV.4 Cuadro de dialogo "Creación de Base de datos de puntos del Proyecto ..	141
Figura IV.5 Cuadro de dialogo "Load Settings" (Cargar configuraciones).....	141
Figura IV.6 Cuadro de dialogo "Units" (Unidades a utilizar en el dibujo y proyecto) ....	143
Figura IV.7 Cuadro de dialogo "Scale" (Escala Horizontal y Vertical a utilizar en el dibujo, así como tamaño de la hoja.....	145
Figura IV.8. Cuadro de dialogo "Zona" (Características Geográficas que rigen el plano) .....	147
Figura IV.9 Cuadro de dialogo "Orientation" (Rotación y/o traslado del dibujo con respecto a sus coordenadas base .....	149
Figura IV.10 Punto base y coordenadas a referir a dicho punto .....	149
Figura IV.11 Punto base diferente de 0,0 y coordenadas a referir a dicho punto .....	150
Figura IV.12 Alternativas de giro del Norte.....	150
Figura IV.13 Cuadro de Diálogo "Text Style".....	151
Figura IV.14 Cuadro de Diálogo "Border".....	153
Figura IV.15 Cuadro de Diálogo "Save Settings" .....	154
Figura IV.16 Resumen de los parámetros definidos por el usuario.....	155

Figura IV.17 Pantalla de dibujo de Land Desktop 2004, posterior a la configuración del dibujo y proyecto .....	156
Figura IV.18 Comando “Format Manager” .....	157
Figura IV.19 Ejemplo de Archivo ASCII para importación de puntos .....	160
Figura IV.20 Cuadro de dialogo Format Manager – Import Points.....	160
Figura IV.21 Cuadro de dialogo COGO Database Import Options.....	162
Figura IV.22 Resultado de la Importación de puntos del archivo ASCII.....	165
Figura IV.23 Ampliación de la zona marcada en la Figura IV.22 .....	166
Figura IV.24 Cuadro de diálogo de Edición de las Configuraciones del dibujo.....	167
Figura IV.25 Fichero Marker del Cuadro de diálogo Point Settings .....	168
Figura IV.26 Fichero “Text” del Cuadro de diálogo “Point Settings” .....	168
Figura IV.27 Ampliación de la zona marcada en la Figura IV.22 .....	169
Figura IV.28 Cuadro de Diálogo Point Group Manager.....	170
Figura IV.29 Menu Manager del cuadro de diálogo Point Group Manager .....	171
Figura IV.30 Cuadro de diálogo Create Point Group.....	172
Figura IV.31 Grupo de Puntos Creado .....	174
Figura IV.32 Puntos que cumplieron con las características estipuladas .....	174
Figura IV.33 Grupos de Puntos generados por medio del “Create Point Group...” .....	175

Figura IV.34 Ventana del “Terrain Model Explorer” .....	177
Figura IV.35 “Surface1” .....	177
Figura IV.36 cambio del nombre por omisión de la superficie.....	178
Figura IV.37 Resultado del cambio de nombre de la superficie .....	179
Figura IV.38 Instrucciones dentro de la nueva superficie.....	179
Figura IV.39 Opción Add Point Group.....	180
Figura IV.40 Opción Add Point File. ....	182
Figura IV.41 Archivo de datos cargado desde la instrucción Point Files.....	183
Figura IV.42a Representación de Boundary .....	184
Figura IV.42 Comando Add Boundary Definition.....	185
Figura IV.43 Información requerida por el programa para la definición del boundary..	185
Figura IV.44 Listado de los boundary incluidos en la superficie Topografía. ....	186
Figura IV.45 Comando Build para el cálculo de la malla o superficie. ....	186
Figura IV.46 Cuadro de diálogo del Comando Build .....	187
Figura IV.47 Estadísticas de la Superficie generada por el programa. ....	189
Figura IV.48 Carpeta Watershed.....	194
Figura IV.49 Comandos relacionados con curvas de nivel .....	194



Figura IV.50 Carpeta Contour Appearance .....	195
Figura IV.51 Carpeta Text Style del Cuadro de diálogo Contour Style Manager .....	197
Figura IV.52 Carpeta Label Position del Cuadro de diálogo Contour Style Manager ..	198
Figura IV.53 Manage Styles del Cuadro de diálogo Contour Style Manager .....	200
Figura IV.54 Cuadro de Diálogo Create Contours.....	202
Figura IV.55 Pregunta realizada por el programa por medio de la barra de comando,	204
Figura IV.56 Curvas de Nivel creadas por el programa, según los parámetros especificados.....	205
Figura IV.57 Cambio en las designaciones de color de las curvas , .....	206
Figura IV.58 Comandos relativos al etiquetado de curvas de nivel.....	206
Figura IV.59.....	207
Figura IV.60.....	207
Figura IV.61.....	207
Figura IV.62.....	208
Figura V.1 Ilustración de las tres alternativas de alineamiento horizontal propuestas.	214
Figura V.2 Alternativa de Alineamiento C.....	215
Figura V.3 Menu Aligments .....	216

Figura V.4 Instrucciones de línea de comando para la definición de una polilínea como alineamiento .....	217
Figura V.5 Cuadro de diálogo <i>Define Alignment</i> .....	218
Figura V.6 Información generada en la Línea de comando .....	218
Figura V.7 Ruta de acceso al comando Edit del Menu Alignments.....	219
Figura V.8 Cuadro de diálogo del Editor del Alineamiento Horizontal.....	220
Figura V.9 Herramientas para trabajar con los alineamientos .....	221
Figura V.10 Cuadro de Diálogo para la definición de Offset .....	223
Figura V.11 Cuadro de Diálogo para la definición de Líneas Paralelas al eje de la vía.....	225
Figura V.12 Cuadro de Diálogo para la selección del alineamiento.....	226
Figura V.13 Líneas paralelas al eje del alineamiento.....	227
Figura V.14 Cuadro de diálogo proporcionado por el comando “Station Label Settings” .....	228
Figura V.15. Etiquetado del eje del alineamiento .....	229
Figura V.16. Ubicación del “Existing Ground” y comandos relacionados.....	230
Figura V.17. Cuadro de diálogo del comando Sample From Surface.....	231
Figura V.18. Cuadro de diálogo del comando Sample from File.....	232
Figura V.19. Cuadro de diálogo del “Profile Generator” o “Generador de Perfiles”. ...	233

Figura V.20. Ilustración de los primeros 100 metros del alineamiento.....	235
Figura V.21. Comandos que se utilizarán en la etapa de diseño de la rasante .....	235
Figura V.22. Comando “Create Tangents” del menú Profiles .....	236
Figura V.23. Metodos de diseño de curvas verticales.....	237
Figura V.24. Métodos de diseño de curvas verticales correspondientes a: punto más alto ó más bajo .....	238
Figura V.25. Métodos de diseño de curvas verticales correspondientes a: quiebre de pendiente.....	238
Figura V.26. Curva vertical de un tramo del camino en diseño.....	239
Figura V.27. Etiquetado de la rasante.....	240
Figura V.28 Opciones del comando Label del menú “Profiles” .....	241
Figura V.29 Comandos relacionados a la obtención de los perfiles transversales del terreno .....	243
Figura V.30 Cuadro de diálogo del “Section Sampling Settings” .....	244
Figura V.31 Perfil transversal del terreno.....	246
Figura V.32 Perfil transversal del terreno, emplazado en el estacionamiento 1+730 ..	247
Figura V.32a Cuadro de diálogo de la opción “Simple from File” .....	248
Figura V.33 Ubicación del comando “Draw. Template” del menú Cross Section.....	249

Figura V.34 Alternativas de dibujo presentadas por el comando “Draw Template” .....	249
Figura V.34.a Plantilla de una sección transversal simétrica. ....	251
Figura V.35 Dibujo de una sección de camino completamente simétrica. ....	254
Figura V.36 Alternativas de dibujo presentadas por el comando “Templates” .....	255
Figura V.36a Instrucciones mostradas en la Línea de Comando.....	255
Figura V.37 Cuadro de diálogo “Surface Material Names”.....	257
Figura V.38 Plantilla tipo de sección del camino generada y definida como plantilla tipo .....	259
Figura V.39 Forma de acceso al cuadro de diálogo “Edit Design Control...” .....	260
Figura V.40 Parámetros de control de diseño .....	260
Figura V.41 Cuadro “Design Control” .....	261
Figura V.42 Cuadro de diálogo “Template Control”.....	261
Figura V.43 Cuadro de diálogo “Slope Control” .....	262
Figura V.44 Acceso al comando settings... del menú Section Plot .....	267
Figura V.45 Acceso al comando settings... del menú Section Plot .....	268
Figura V.46 Cuadro de diálogo correspondiente al botón “Section Layout...” .....	269
Figura V.47 Cuadro de diálogo correspondiente al botón “Page Layout...” .....	270
Figura V.48 Perfil transversal dibujado por el programa .....	272

Figura V.49 Perfil transversal dibujado por el programa, a través del comando “Page” del menú “Section Plot” .....	273
Figura V.50 Perfiles transversales dibujados por el programa, a través del comando “All” del menú “Section Plot” .....	273
Figura V.51 Perfil transversal dibujado por el programa, a través del comando “View/Edit Sections” del menú “Cross Section” .....	274
Figura V.52 Vista lateral del camino por medio del comando “3D grid” del menú “Cross Section” .....	274
Figura V.53 Acercamiento a un área de la grilla tridimensional .....	275
Figura V.54 Informes de cubicación del programa.....	276
Figura V.55 Informe de cubicación.....	277
Figura V.56 Tabla de cubicación.....	277
Figura V.57 Tabla para presentación de resultados como informe.....	278
Figura V.58 Ubicación del comando “Create Road Surface” .....	279
Figura V.59 Cuadro de diálogo “Create Road Surface” .....	280
Figura V.60 Cuadro de Progreso del “Create Road Surface” .....	282
Figura V.61 Cuadro de diálogo “Create Contours” de la superficie del camino .....	283
Figura V.62 Ubicación del comando “Set Current Surface” .....	284

Figura V.62a Ubicación del comando “Set Current Surface” .....	285
Figura V.63 Ubicación del comando “Paste Surface” .....	285
Figura V.64 Selección d la superficie a pegar en la topografía actual .....	286
Figura V.65 Ubicación del comando 3D Faces.....	287
Figura V.66 Cuadro de diálogo del comando 3D Faces.....	287
Figura V.67 Resultado de la union de la superficie del terreno y del camino.....	289
Figura V.68 Tramo de la carretera que se presenta en la sub-cuenca de análisis. ....	290
Figura V.69 Tramo de la carretera que se presenta en la sub-cuenca de análisis. ....	291
Figura V.70 Cuado de diálogo “Hydrology Tools Settings” ..	292
Figura V.71 Cuadro de diálogo Unit Types .....	292
Figura V.72 Cuadro de diálogo “Precision Settings” .....	293
Figura V.73 Cuadro de diálogo “Graph Settings” correspondientes al botón ”Colors” .	294
Figura V.74 Cuadro de diálogo “Graphing Utility” correspondientes al botón ”Plot” .....	295
Figura V.75 Ubicación del Submenu “Runoff” y comandos contenidos en el mismo...297	
Figura V.76 Cuadro de diálogo “Time of Concentration Calculator”.....	299
Figura V.77 Cuadro de diálogo “Sheet Flow Calculator” .....	300
Figura V.77a Salida de los cálculo del “Sheet Flow” a un archivo de texto.....	301

Figura V.78 Cuadro de diálogo “Shallow Flow Calculator” .....	302
Figura V.78a Archivo de texto conteniendo los datos de entrada y resultados del cálculo del “Shallow Concentrated Flow” .....	303
Figura V.79 Cuadro de diálogo “Channel Flow Calculator” .....	304
Figura V.80 Archivo de texto conteniendo los datos de entrada y resultados del cálculo del “Channel Flow” .....	305
Figura V.81 Resultado de cálculo del Tc con aportes del “Shallow Flow” y “Channel Flow” .....	306
Figura V.82 Resumen de datos y resultados del cálculo del Tiempo de Concentración (Tc).....	306
Figura V.83 Resumen de datos y resultados del cálculo del Tiempo de Concentración (Tc).....	308
Figura V.84 Cuadro de diálogo Intensity Frecuency Factor Editor.....	309
Figura V.85 Datos para una curva IDF de San Salvador con estación ITIC y período de retorno de 5 años .....	310
Figura V.86 Datos para una curva IDF de San Salvador con estación ITIC y período de retorno de 5 años .....	310
Figura V.87 Carga del “Rainfall Frecuency” a partir de la información generada en el cuadro de diálogo “Intensity Frecuency Factor Editor” .....	311

Figura V.88 Resultados de los cálculos efectuados por el cuadro de diálogo del  
"Rational Method" .....313



## RESUMEN

Hoy en día es importante el conocimiento de herramientas computarizadas para el desarrollo de proyectos de Ingeniería Civil, tal es el caso del diseño de carreteras y caminos vecinales, para lo cual es necesario construir un modelo gráfico que represente de forma clara y específica las características y parámetro más relevantes del proyecto.

Todo ello conlleva a un trabajo muy grande, desde la recolección de datos de campo hasta el procesamiento de los datos por medio de los métodos que se tengan para poder plasmar así un diseño que se adapte a las necesidades que se desean solventar.

El procesamiento de los datos de campo concernientes a la topografía en este trabajo, se desarrollan por medio del programa AutoDesk Land Desktop, software con el cual se explicará la forma en que puede utilizarse éste en la realización de este tipo de proyectos.

El trabajo se desarrolla en seis capítulos, donde en el primer capítulo se dan a conocer los antecedentes y el planteamiento de las causas que nos impulsaron a desarrollar éste trabajo de graduación.

El capítulo dos está constituido por los conceptos y criterios necesarios que deben conocerse para el establecimiento de los parámetros que nos determinarán el tipo y la categoría del camino a desarrollar.

El capítulo tres consta de la conceptualización de un modelo digital de terreno y de una descripción que nos introducirá al ambiente gráfico generado por el programa AutoDesk Land Desktop.

En él se establecen los conceptos de un modelo digital de terreno y la forma en como se comienza a procesar la información para realizarlo, es decir, la forma en como serán introducidos los datos a partir de un colector de estación total a la computadora para luego comenzar a realizar el diseño de la vía.

El capítulo cuatro toma los datos recolectados, con los cuales se procede a la descripción del desarrollo del proyecto utilizando el software AutoDesk Land Desktop, se describe paso a paso la utilización de los comandos para la obtención de los puntos COGO y edición de los mismos, generación la superficie del terreno y de sus curvas de nivel.

El capítulo cinco esta orientado al diseño geométrico del camino, es decir al diseño del eje en planta del camino para luego definirlo como alineamiento horizontal, generar luego los perfiles del terreno obteniendo las cotas del mismo a partir de la superficie del terreno natural para luego realizar el alineamiento vertical. En éste apartado se trabaja además con la generación de los perfiles transversales del terreno, los cuales nos servirán para el desarrollo de la plantilla del camino, para luego calcular los movimientos de tierra conocidos como volúmenes de corte y de relleno. Luego de establecer los movimientos de tierra se realiza la actualización de la topografía, herramienta con la cual el programa nos presenta en una forma visual los cambios que

sufrirá esta al realizar el camino en el terreno real, además, nos ayuda para poder detectar alguna anomalía generada en el procesamiento de la información, en este capítulo se aplican las Normas de Carreteras y Caminos Vecinales de El Salvador para el diseño tanto como del alineamiento horizontal como vertical.

Para finalizar, se realizan las conclusiones del proyecto, así como las recomendaciones y la bibliografía que nos ayudo a desarrollar el trabajo.

## INTRODUCCION

El presente estudio consiste en la elaboración del proyecto de investigación, correspondiente al trabajo de graduación denominado: **“Diseño Geométrico y de Drenaje Superficial del Camino Vecinal que conduce de la Comunidad El Rosat al Cantón Los Llanitos, Jurisdicción del Municipio de Ayutuxtepeque, San Salvador, Aplicando Software Especializado”**.

La finalidad de este estudio es elaborar un documento guía que facilite el diseño geométrico de caminos, aplicando un programa de computadora; y además que éste documento sirva de apoyo para la formación académica en el área de Topografía, Hidrología y por supuesto en el área de carreteras.

El capítulo I de esta investigación contiene los antecedentes, planteamiento del problema, justificaciones, objetivos, alcances, limitaciones y delimitaciones que se tomaron en cuenta como base de este trabajo.

En el capítulo II se encuentra la base teórica que apoya la ejecución posterior del proyecto, en él se detallan conceptos generales de temas relacionados, definiciones y criterios.

En el capítulo III se detallan conceptos y temas relacionados al “Modelado Digital de Terrenos (MDT)” a la vez que se realiza una descripción del programa Autodesk Land Desktop 2004 que será el programa base por medio del cual se realizará el diseño del camino.

En el capítulo IV se puede encontrar la aplicación del Autodesk Land Desktop 2004 al proyecto en estudio, mostrando como configurar la base de datos del programa, lectura de archivos de puntos en formato ASCII, modelamiento digital del terreno, creación de la superficie y generación de curvas de nivel.

El capítulo V de este trabajo contiene el diseño en sí, en él se detalla el diseño del eje en planta como alineamiento horizontal y herramientas para su presentación y manejo; diseño del eje en elevación, es decir, el alineamiento vertical. Se presenta además la obtención de perfiles longitudinales y transversales del terreno; cálculo de movimientos de terracería, actualización de la topografía original, una vez incluida la superficie del diseño, y representaciones tridimensionales. Este capítulo finaliza con el cálculo de los volúmenes de agua que a manera de ejemplo recogerá la subcuenca indicada e identificada gráficamente. Todo lo anteriormente mencionado se realiza con las herramientas presentes en el Autodesk Land Desktop 2004, presentándose de forma gráfica y explicativa.

Finalmente encontramos en el capítulo VI las conclusiones y recomendaciones que surgen a partir de la elaboración y desarrollo de este trabajo de graduación.

# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES**

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

Este capítulo tiene como prerrogativa el establecimiento de las causas que impulsaron la realización de este trabajo de graduación, por lo que en primera instancia se hará una exposición de los antecedentes relacionados con el tema central. Establecidos los antecedentes se procederá al planteamiento del problema que será la base del desempeño del trabajo de graduación puesto que en él se plasmarán los puntos que a nuestro juicio son de vital importancia para desarrollo de trabajos relacionados y que hasta el momento no tienen una solución completamente satisfactoria. El porque de esta investigación se detallará en el siguiente punto a través de las justificaciones. Se establecerán posteriormente cuales son los objetivos y los alcances que se pretenden con este trabajo, tanto de forma global como específica.

Finalmente se estipularán las limitaciones con la que se cuenta para la ejecución de esta investigación y de la misma forma las delimitaciones de la misma.

De esta manera se espera dejar claro el problema, sus orígenes, los puntos que se atacarán y como se atacarán en pro de la resolución del problema planteado.

### **1.2. ANTECEDENTES**

Es notable como en los últimos años se ha alcanzado un positivo desarrollo en las diversas técnicas, equipos y programas computacionales utilizados para resolver, en forma cada vez más eficiente, los problemas a que se enfrenta el ingeniero civil en la proyección, diseño y construcción de obras de infraestructura habitacional, comercial, vial, etc.

El perfeccionamiento de estas técnicas, equipos y programas computacionales cada vez más eficientes y capaces de procesar grandes cantidades de información, han hecho posible desarrollar nuevos métodos de diseño que agilizan la obtención de los resultados y ayudan a plantear un mayor número de alternativas en menor cantidad de tiempo, lo que significa, una mejor relación costo-beneficio en la formulación de los proyectos.

Las computadoras juegan un papel muy importante en todas las áreas de la ingeniería. El mapeo automatizado (AM, Automated Map, por sus siglas en inglés) y los Sistemas de Diseño Asistidos por Computadora (CAD, Computed Assisted Design, por sus siglas en inglés) se han vuelto herramientas de muy frecuente uso en oficinas de topografía e ingeniería de todo el mundo. Actualmente para el desarrollo de trabajos de dibujo de ingeniería en general, mapas y diseño de sistemas especiales se están utilizando de gran forma sistemas genéricos CAD. Estos sistemas permiten al operador la realización de diseño y dibujo a la vez, mediante el uso de la computadora, mostrando una gran versatilidad en cuanto a visualizaciones por medio de herramientas de acercamiento y alejamiento instantáneo (herramientas Zoom) a puntos específicos de interés. Puede además agregarse, borrarse o alterarse puntos topográficos, líneas, posiciones de símbolos, letras, notas, cotas, filtrado de información específica, copia o transporte de partes del dibujo a otras zonas, lo que es muy útil en el diseño de subdivisiones, presentación de detalles a diferentes escalas aún cuando estos estén presentes en el mismo dibujo.



Se tienen muchas ventajas en la utilización de sistemas CAD para diseñar y dibujar proyectos de topografía, hidrología, carreteras, etc., entre las que es posible enumerar:

- a) Mayor velocidad en la elaboración de proyectos.
- b) Eliminación de un mayor número de errores, siempre y cuando se disponga del conocimiento técnico adecuado.
- c) Mayor precisión.
- d) Obtención de un producto terminado consistentemente más uniforme.

La facilidad de almacenamiento que tienen los sistemas CAD permiten de una manera más cómoda, ordenada y en mucho menos espacio hacer una base de datos con diferentes códigos ó caracterizaciones que los definan por clases o categorías para una mayor facilidad de identificación en tiempos posteriores y a la vez permiten mayores y mejores facilidades en cuanto a futuras revisiones y/o modificaciones que puedan surgir debido a imprevistos en el campo u omisiones en el mismo diseño.

En el área de desarrollo de proyectos de carreteras, han surgido en los últimos años, programas computacionales capaces de ejecutar dibujos y diseños de caminos de una manera conjunta y simultanea, estos por medio de información proporcionada por el usuario, dibujan y almacenan la información, que posteriormente al ser procesada permiten de una manera más simple obtener resultados que de otra forma se tendrían que calcular a partir de los dibujos terminados. Algunos de los programas que han surgido en los últimos años como respuesta a las necesidades antes mencionadas son el Softdesk R8, Land Development Desktop R3 y R4, de los Estados Unidos, DiGeo v 1.0 de Chile, EIG605 de Argentina, entre otros.

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El diseño geométrico de carreteras y vías tiene como objetivo principal construir un modelo gráfico del proyecto que sea capaz de representar de la forma más clara y específica las características y parámetros más relevantes del proyecto. Actualmente no se cuenta con una guía en la cual se muestren de una forma clara y ordenada los aspectos más importantes que deben estar presentes en la elaboración, control y seguimiento de un proyecto de carreteras o vías vecinales en cuanto a su diseño asistido por computadora.

Programas como los mencionados en los antecedentes, no han sido utilizados con amplitud y eficiencia en países como el nuestro, aunque en el mejor de los casos, han sido subutilizados y empleados más como herramientas de dibujo, en vez de entes manejadores de un proyecto de diseño; todo ello debido a la falta de personal debidamente capacitado, limitaciones bibliográficas referentes al programa computacional o bien falta de conocimiento técnico para aplicar y acomodar los parámetros de configuración del programa a los utilizados comúnmente en el país.

Tomando como base lo anteriormente expuesto, se presenta como idea fundamental de esta investigación el aprovechar las ventajas que presenta el programa Autodesk Land Desktop 2004 para resolver aquellas dificultades o problemas que comúnmente se presentan en un proyecto de carreteras en cuanto a diseño del alineamiento horizontal y vertical, diseño de las secciones transversales del camino que se encontrarán en el recorrido del mismo así como análisis de terracería y de la escorrentía superficial de aguas pluviales, para diseñar con ello obras hidráulicas menores de drenaje, dado que es una investigación con fines académicos se utilizará una versión demo del programa antes mencionado.

Con la elaboración de esta investigación se pretende obtener una guía que muestre los comandos más importantes del programa y establezca a la vez la forma de aplicarlos adecuadamente con el fin de obtener un mayor y mejor aprovechamiento de las bondades que puede este programa ofrecer como herramienta de diseño y dibujo.

Para ejemplificar la aplicación del programa se ejecutará el diseño del tramo de 3.77 Km. del camino vecinal existente a la Comunidad El Rosat - Cantón Los Llanitos, Jurisdicción del Municipio de Ayutuxtepeque, San Salvador. Actualmente presenta condiciones deplorables de circulación como: capa de rodadura conformada por tierra y piedras, que generan graves problemas de circulación en la época de invierno, sección transversal de la vía muy irregular en algunos tramos y curvas horizontales muy cerradas que no cumplen con los mínimos establecidos por la ley de carreteras y caminos vecinales de El Salvador. En general la traza horizontal del camino es un tanto sinuosa, la traza vertical es muy regular y no presenta cambios bruscos en este alineamiento; además se presenta vegetación y viviendas al lado del camino en algunos tramos.

#### **1.4. JUSTIFICACIONES**

La velocidad con que se dan los avances tecnológicos en cuanto a programas o herramientas computacionales en cada uno de los campos de aplicación de la Ingeniería Civil, obliga al profesional a actualizarse con mayor frecuencia acerca de las ventajas o mejoras que año con año se hacen a los programas.

Como ya anteriormente se ha planteado, en nuestro país las herramientas computacionales en el área de carreteras han sido subutilizadas ya sea por la falta de personal capacitado, de información bibliográfica acerca del software o inclusive la

negligencia por parte de los profesionales al no querer involucrarse con estas nuevas herramientas y seguir utilizando los métodos convencionales, es por ello, que surge la necesidad de proporcionar una guía que resuma de una forma explicativa y gráfica, los pasos a seguir para la obtención del diseño geométrico de un camino tomando en consideración la normativa e este respecto en nuestro país, mostrando las ventajas que ofrece el uso del programa AutoDesk Land Desktop 2004 en la ejecución de actividades específicas; agilizando y haciendo más sencillo el trabajo.

Programas de diseño y cálculo como el AutoDesk Land Desktop 2004 son capaces de manejar grandes cantidades de información topográfica, que es la base de cualquier proyecto de carreteras, es posible plantear un mayor número de alternativas en tiempos más cortos, efectuar correcciones y actualizaciones previas a la ejecución de la obra o bien durante el desarrollo de la misma, lo que representa una muy buena alternativa para la realización de proyectos de diseño de caminos.

Finalmente, los estudiantes y profesionales podrán tener una herramienta más que les permitirá realizar proyectos similares con mucha mejor capacidad de obtención de los resultados y planteamiento de soluciones que le permitan tomar decisiones que sean más funcionales y económicas para la solución del problema.

## **1.5. OBJETIVOS**

### **1.5.1. Objetivos Generales:**

- Proporcionar una guía que facilite la ejecución de diseño geométrico de caminos, utilizando técnicas modernas.

- Elaborar un documento que sirva como apoyo en la formación académica en las áreas de topografía, diseño de carreteras e hidrología en la parte de cálculo y presentación de resultados.

#### **1.5.2. Objetivos Específicos:**

- Elaborar una metodología que permita al estudiante de Ingeniería Civil poder desarrollar proyectos de carreteras utilizando el programa de diseño y dibujo Autodesk Land Desktop 2004.
- Aplicar los comandos y funciones que ofrece el Autodesk Land Desktop 2004 en la ejecución del ejemplo particular en que se basará esta investigación.
- Mostrar de una forma didáctica la secuencia lógica y de ejecución de tareas específicas capaces de desarrollarse en el programa.

#### **1.6. ALCANCES GLOBALES**

- Elaboración de un documento guía que facilite a los estudiantes y profesionales interesados, el diseño geométrico y de drenaje superficial de caminos por medio de computadoras
- Utilización del documento en el desarrollo de la enseñanza académica en las áreas de Topografía, Ingeniería de Carreteras e Hidrología.
- Levantamiento topográfico del tramo de 3.77 kilómetros del camino vecinal que conduce de la Comunidad El Rosat al Cantón Los Llanitos, Jurisdicción de Ayutuxtepeque, Departamento de San Salvador.
- Ejecución del diseño geométrico del camino a partir del levantamiento topográfico, aplicando el software especializado Autodesk Land Desktop 2004.

- Análisis para la obtención de la escorrentía superficial, mediante las herramientas del Autodesk Land Desktop 2004

### **1.7. LIMITACIONES**

- El documento a presentar estará orientado a plasmar en él, los datos necesarios para realizar el diseño geométrico y de drenaje superficial de la vía.
- No se contempla el diseño de la capa de rodadura de la vía, por lo que el diseño del pavimento no será parte de este documento.
- Ya que se concentrará mayor atención en el diseño geométrico de la vía y de las obras de drenaje menores, no se incluye el presupuesto de la realización de la vía.
- No se realizarán comparaciones puntuales respecto a ventajas y desventajas de la utilización de programas similares ni con métodos convencionales de diseño.
- El diseño de las obras de paso, de retención y obras hidráulicas mayores como lo pueden ser las bóvedas no se tomarán en consideración para la presentación de las mismas en el documento.

### **1.8. DELIMITACIONES**

- El levantamiento topográfico de la franja o corredor de la vía está limitado a las condiciones imperantes del terreno y al alineamiento actual de la misma.
- Mantener el trazo actual de la vía en la medida de lo posible
- El trabajo estará orientado al diseño geométrico y de drenaje superficial de la vía y no a los estudios anteriores ni posteriores al diseño.

**CAPITULO II**

**DETERMINACIÓN DEL TIPO Y**

**CATEGORIA DEL CAMINO**

## **2. DETERMINACION DEL TIPO Y CATEGORIA DEL CAMINO**

### **2.1. INTRODUCCION**

En este capítulo se hace una recopilación bibliográfica de los temas más importantes relacionados al diseño geométrico de carreteras, comenzando por la obtención de la información de campo por medio del levantamiento topográfico, aplicando diferentes métodos, según sea la conveniencia o exigencias, tanto del lugar como de la información necesaria para el posterior proceso de diseño; en cuanto a este tema se describen métodos como el de radiación y secciones transversales. Se tocan además conceptos como la Geología, la relación que ésta guarda con la Ingeniería Civil y con la Geotécnica; la Hidrología y como ésta es útil en la predicción de caudales de escorrentía para diseño de drenajes superficiales para el caso particular de este trabajo de graduación. Más adelante se tocan aspectos como el tránsito, volúmenes de tránsito, Niveles de servicio y sus respectivas ilustraciones.

Se conceptualizan e ilustran las condiciones geométricas básicas de una vía de circulación vehicular como los son el alineamiento horizontal, el alineamiento vertical, las secciones transversales y movimientos de tierra de un proyecto conocidos comúnmente en el ámbito de la ingeniería como terracería.

### **2.2. CONCEPTOS GENERALES**

#### **2.2.1. Selección de Ruta**

Una vez realizados los estudios socioeconómicos que justifican la construcción de nuevos caminos y las mejoras de los existentes, es necesario programar los



estudios de vialidad que permitan establecer la conveniencia y las prioridades para elaborar los nuevos proyectos y las obras correspondientes.

Con este fin, es necesario realizar una serie de trabajos preliminares que básicamente corresponden al estudio comparativo de todas las rutas posibles y convenientes, para seleccionar en cada caso, la que ofrezca las mayores ventajas económicas y sociales.

Se entiende por ruta la franja de terreno de ancho variable entre dos puntos obligados, dentro de la cual es factible hacer la localización de un camino. Mientras más detallados y precisos sean los estudios para determinar la ruta, el ancho de la franja será mas reducido.

Los puntos obligados son aquellos puntos por los que necesariamente deberá pasar el camino, por razones técnicas, económicas, sociales y/o políticas, tales como: poblaciones, sitios o áreas productivas y puertos orográficos.

La selección de ruta es un proceso que involucra varias actividades, desde el acopio de datos, examen y análisis de los mismos, hasta los levantamientos aéreos y terrestres necesarios para determinar a este nivel los costos y ventajas de las diferentes rutas para elegir la más conveniente. Esta es una de las fases más importantes en el estudio de una carretera.

#### • RECOLECCIÓN DE DATOS

La topografía, la geología, la hidrología, el drenaje y el uso del suelo tienen un efecto determinante en la localización y en la elección del tipo de carretera y conjuntamente con los datos del tránsito, constituyen la información básica para el proyecto de estas obras.

El proyectista debe contar con cartas o planos geográficos y geológicos, sobre las cuales se puedan ubicar esquemáticamente las diferentes rutas.

#### • ESTUDIO SOBRE CARTAS GEOGRÁFICAS

Las principales cartas geográficas disponibles en la actualidad en El Salvador son las elaboradas por el IGN<sup>1</sup>, dependencia del CNR<sup>2</sup>, a escalas 1:100000, 1:50000, 1:25000, 1:10000, 1:5000.

El estudio de estas cartas permite al ingeniero, formarse una idea de las características más importantes de la región sobre todo en lo que respecta a su topografía, a su hidrología y a la ubicación de las poblaciones. Auxiliado con las cartas geológicas existentes, se dibujan sobre ella las rutas que pueden satisfacer el objetivo de comunicación deseado. Especial cuidado debe tenerse en aquellos puntos obligados, primarios o principales, que guíen el alineamiento general de la ruta.

Para lo anteriormente estipulado la ruta en estudio se divide en tramos y éstos a su vez se dividen en sub-tramos, designados generalmente por los nombres de las poblaciones extremas que las unen.

De esta manera es posible señalar sobre la carta varias rutas posibles, es decir, varias franjas para estudio. En las diferentes rutas aparecerán nuevos puntos de paso obligados, tales como cruces de ríos, quebradas, cruces con otras vías, que constituyen los puntos obligados secundarios de la vía.

---

<sup>1</sup> Instituto Geográfico Nacional "Ingeniero Pablo Arnoldo Guzmán"

<sup>2</sup> Centro Nacional de Registros

Al dibujar las diferentes líneas que definen las posibles rutas, deben considerarse los desniveles entre puntos obligados, así como las distancias entre ellos, para conocer las pendientes que regirán su trazado.

- **RECONOCIMIENTOS**

Una vez representadas las posibles rutas en los mapas geográficos, se inicia propiamente el trabajo de campo con reconocimientos del terreno, los cuales pueden ser: aéreos, terrestres y una combinación de ambos.

- ✓ **Reconocimiento aéreo**

El reconocimiento aéreo es el que ofrece mayor ventaja sobre los demás, por la oportunidad de observar el terreno desde la altura que convenga, abarcando grandes zonas, lo que facilita el estudio; se efectúa con avionetas y helicópteros, distinguiéndose tres reconocimientos aéreos.

A. El primer reconocimiento aéreo se efectúa en avioneta y tiene por objeto determinar las rutas que se consideren viables y fijar el área que debe fotografiarse a escala 1:50,000, para que en ella queden incluidas con amplitud. Lo realizan técnicos especialistas en planeación, localización y geotecnia. Antes de iniciar el vuelo, los especialistas deben estudiar y memorizar las cartas geográficas y geológicas disponibles, a fin de que durante el vuelo observen las distintas rutas, estudiándolas dentro de su especialidad; así por ejemplo, el especialista en planeación verificará si la potencialidad de la zona concuerda con la que se ha supuesto en los estudios previos, observando las áreas de cultivo o de agostadero, así como topográfico, ya que en las cartas, por ser escalas pequeñas, existe la posibilidad de cometer errores al marcarla. En caso

de que haya discrepancia entre el terreno y el mapa con que se cuenta, la cual puede ser de índole local o general, se deberá buscar una nueva ruta que se ajuste a las condiciones reales del terreno. El especialista en geotecnia comprobará desde el avión, la clasificación general de rocas y suelos, la morfología del terreno, la existencia de fallas y problemas de suelos. De acuerdo con el localizador observará la hidrografía de la zona, apreciando tamaños y tipos de cuencas para prever las dificultades que se pueden presentar en el cruce de las corrientes fluviales. En este primer reconocimiento los especialistas tienen opción de volar sobre las áreas en estudio, tantas veces como crean necesario, a fin de escudriñar toda la zona de influencia del camino. Al final de este reconocimiento deberán determinar la zona por cubrir con las fotografías a escala 1:50,000.

B. El segundo reconocimiento se lleva a cabo después de haber hecho la interpretación de las fotografías a escala 1:50,000 y tiene por objeto comprobar en el terreno lo estudiado en las fotografías; este reconocimiento se efectúa en helicóptero, lo que permite a los ingenieros descender en los lugares de interés y recabar en ellos la información que consideren necesaria; en esta forma, el técnico en planeación puede obtener datos sobre el número aproximado de habitantes de un poblado, del tipo y número de cultivos en la zona, cabezas de ganado y demás aspectos económicos, datos todos ellos que le servirán para precisar su estudio económico. El experto en localización comprobará lo estudiado en sus fotografías, principalmente lo relacionado con los cruces de ríos, en donde el especialista en geotecnia podrá apreciar mejor las características del terreno de cimentación y las condiciones hidráulicas en el

lugar del cruce; comprobará además en los diferentes lugares, el tipo de materiales identificados durante el estudio de fotointerpretación. Al finalizar este reconocimiento, se delimita la zona que deberá cubrirse con fotografías escala 1:25,000. Una vez realizado este trabajo, se hará el control terrestre necesario para poder estudiar estas fotografías en el aparato llamado Balplex, el que proyecta las fotografías sobre una mesa hasta una escala cinco veces mayor, sobre esa proyección estereoscópica, los ingenieros proyectistas estudian varias líneas, obteniendo sus perfiles y estimando los volúmenes de materiales por mover en cada una, lo que permite elaborar un presupuesto con una aproximación razonable, que pueda ser factor determinante en la elección de una de las rutas.

C. El tercer reconocimiento, que puede ser aéreo o terrestre, es propiamente un refinamiento del estudio que se ha efectuado en el Balplex, en el cual generalmente ya no interviene el técnico en planeación y se realiza a lo largo de la poligonal en estudio, llamada trazo preliminar del camino. En este reconocimiento, un ingeniero especializado en estudios topo-hidráulicos de cruces substituye al geólogo, con el fin de estudiar el comportamiento de los ríos y de acuerdo con el ingeniero localizador fija el lugar donde debe cruzarse.

### **Reconocimiento terrestre**

Este tipo de reconocimiento se lleva a cabo cuando por las circunstancias existentes no es posible realizar el aéreo; es menos efectivo que éste, ya que el ingeniero localizador no puede abarcar grandes áreas y tiene que estudiar por partes su

línea; de la misma manera, el ingeniero geólogo realiza un estudio de detalle que adolece de los defectos que el procedimiento implica, ya que la geología requiere estudiarse en grandes zonas que permitan definir las formaciones, los contactos, las fallas y las fracturas.

El reconocimiento se lleva a cabo después de haber estudiado en las cartas geográficas las diferentes rutas y estimar las cantidades de obra de cada una de ellas, eligiendo la más conveniente, pues por este procedimiento es poco práctico analizar en el terreno todas las alternativas posibles. El técnico en planeación realiza sus estudios previos y marca los puntos obligados, auxiliado con las cartas geográficas.

Es muy importante contar con un guía que conozca la región, para tener la seguridad de que el reconocimiento se haga sobre los mismos lugares que previamente se han fijado en la carta.

Durante el reconocimiento se deberán dejar señales sobre la ruta para que posteriormente puedan ser seguidas por el trazo de la preliminar.

#### ✓ **Reconocimiento combinado**

Es una combinación de las dos anteriores y se lleva a cabo en las siguientes circunstancias:

A) Cuando no se dispone de fotografías aéreas de la zona y existe la posibilidad de recorrerla en avión o helicóptero. El reconocimiento se hace en forma similar al que se describe como primer reconocimiento aéreo, con la diferencia de que al volar sobre la zona de las posibles rutas, habrá que definir desde el aire las mejores, marcándolas en las cartas geográficas disponibles, para que posteriormente se recorran por tierra siguiendo los procedimientos indicados para el reconocimiento terrestre.

B) Cuando se cuenta con fotografías aéreas de la zona y de momento no es posible continuar con el reconocimiento aéreo. En este caso se hará la fotointerpretación de las fotografías con que se cuenta, marcando en ellas las diferentes rutas posibles, eliminando aquellas que ofrezcan menores ventajas, seleccionando las mejores. Si la línea llega a salirse de las fotografías disponibles, se utilizarán cartas geográficas para completar lo faltante, a fin de que al efectuar el reconocimiento terrestre se tenga una idea clara de la situación general de la ruta.

### **2.2.2. Levantamiento Topográfico de Vías Terrestres**

Siempre es necesaria la realización de algún tipo de levantamiento prácticamente para todas las etapas de la planeación del alineamiento que marcará la ruta de una vía en cuestión, para determinar tanto el diseño como el trabajo de construcción. Durante la etapa de planeación se lleva a cabo un levantamiento topográfico del sitio y se preparan los planos que se utilizarán en el desarrollo de los planes del proyecto. Tan pronto como se obtiene la aprobación de la ejecución del proyecto, se inician los levantamientos de linderos, los cuales sirven para la adquisición de terrenos o del derecho de vía. La red de control que se establece en estos levantamientos topográficos y de la propiedad contiene muchos de los puntos de control horizontal y vertical que más adelante formarán la base de los levantamientos subsecuentes para la construcción.

En proyectos pequeños, que consisten en la ampliación o mejora de una vía existente, el levantamiento puede ser relativamente simple y puede incluir únicamente la obtención de la información suficiente para que el ingeniero diseñador prepare los planos y especificaciones que definen el trabajo a ejecutar. En proyectos más

complejos, que se refieren a carreteras de varios carriles en nuevas localizaciones, el levantamiento puede requerir una gran cantidad de detalles, incluyendo datos obtenidos por especialistas en campos relacionados para determinar la mejor localización, para la preparación de planos, especificaciones y cantidades de obra estimada para la construcción y preparación de descripciones, para la cesión de terrenos y planos para el evalúo y adquisición de los derechos de vía necesarios.

Los estudios dirigidos a la obra vial consisten en levantamientos topográficos de una longitud considerable y un ancho relativo escaso (franja de estudio de 100, 200 metros de ancho por varios kilómetros de longitud). Esto significa que las poligonales de apoyo topográfico para estos estudios sean abiertas, lo que lo hace imposible de compensar. No obstante se pueden hacer cierres parciales que permitan relevar el terreno dentro de los errores permitidos.

Los levantamientos en nuestro país se realizan en su mayoría por medio de dos métodos: Radiación y Secciones transversales.

- **Levantamiento por el Método de Radiación**

El método de Radiación por taquimetría para levantamientos de configuración consiste en trazar sobre el terreno natural un polígono auxiliar. Desde el cual se realiza el amarre de los detalles en planimetría con el método de ángulo y distancia, para luego radiar cada 15 o 30 grados y obtener una malla formada por puntos con sus coordenadas X, Y, Z.

De la planimetría no se hace mayor hincapié pues es la metodología normal de trabajo en todos los levantamientos.



- **Levantamiento por el método de Secciones Transversales**

La configuración de la faja se hace mediante un polígono de apoyo trazado por donde más convenga, dentro o a veces fuera de la faja, en el cual se nivela de perfil y se sacan las secciones transversales cada 20 metros. Si el terreno es muy uniforme puede seccionarse a cada 40 ó 60 metros.

Si el polígono en algunos tramos va por la orilla o por fuera de la faja, las secciones deben tomarse de tal modo que cubran la faja, es decir, se seccionará sólo un lado del polígono o según se requiera.

El polígono auxiliar debe quedar perfectamente referenciado para poder después localizar el eje definitivo desde éste. Las mismas exigencias de cierre vistas para radiación.

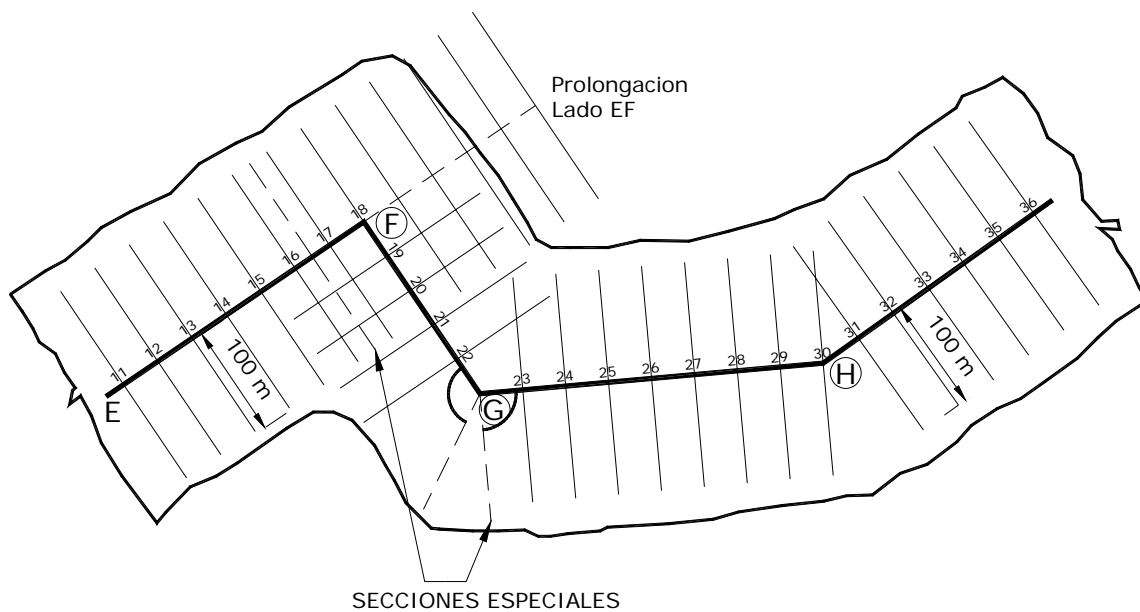
Con los datos así levantados, se dibuja la faja configurada con sus curvas de nivel.

- **Procedimiento para obtener la configuración de un terreno aplicando el método de las secciones transversales:**

1. Se traza polígono de apoyo, marcada a intervalos de 20, 40 ó 60 metros, dependiendo de lo variable del terreno, para poder obtener su perfil.
2. Se nivela de perfil el polígono para obtener las cotas de todos los puntos. Tolerancia de una nivelación Ordinaria  $\pm 0.04 \sqrt{\text{dist. (Km)}}^3$
3. Se sacan secciones transversales en todos y cada uno de los puntos del polígono.

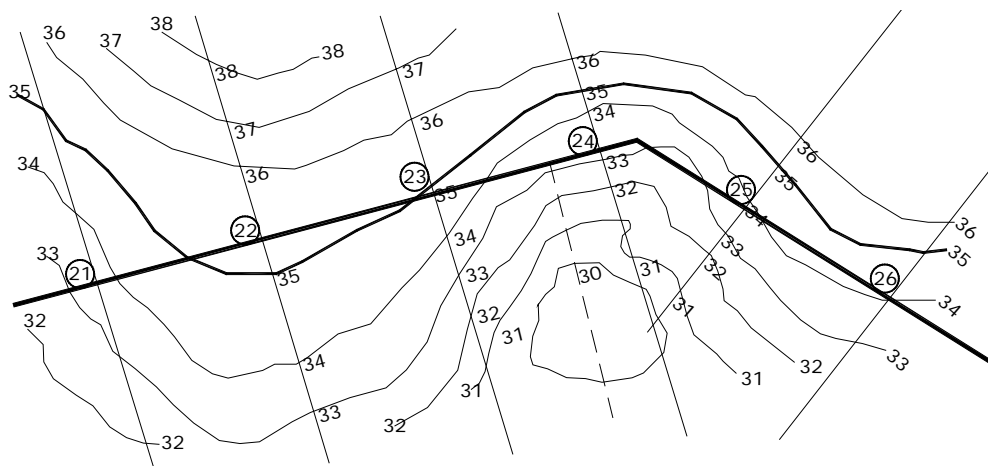
---

<sup>3</sup> Topografía, Miguel Montes de Oca, 4ta. Edición Revisada, Pág. 114



**Figura II.1 Secciones Transversales y Polígono Base**

En general las secciones son normales al polígono, pero en ciertos casos se necesitan secciones especiales, en algún punto intermedio, o en cierta dirección, para fijar detalles importantes, o para cubrir vacíos que a veces quedan en los quiebres (vértices). Si en algunas zonas se superponen, servirá esto como comprobación.



**Figura II.2 Secciones Transversales y Puntos Sobre Éstas**

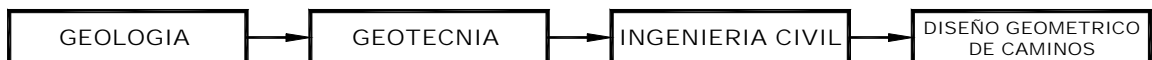
Las secciones transversales pueden hacerse con nivel fijo cuando el ancho de la zona por configurar es grande, y el terreno plano, sin fuerte pendiente, para no tener que hacer cambios de posición del aparato que hacen tardada la operación. El procedimiento que se sigue es semejante a la nivelación de perfil.

### 2.2.3. Geología

- **Definición**

La geología es la ciencia que estudia la tierra en su totalidad; su origen, estructura, composición e historia (incluyendo el desarrollo de la vida) y la naturaleza de los procesos que dieron lugar a su estado actual. La Geología es una de las cuatro denominadas “*Ciencias de la Tierra*”, siendo las restantes tres la Geodesia, la Geofísica y la Geografía.

- **Relación Geología – Ingeniería Civil – Diseño Geométrico de Caminos**



La geotecnia es la aplicación de los principios y métodos de la geología a las necesidades de la ingeniería civil. Dentro de la Geotecnia se establecen dos divisiones principales:

1. El estudio de los materiales en bruto. Por ejemplo los agregados.
2. El estudio de las características geológicas de un sitio o área donde se realizarán las operaciones de la ingeniería. Por ejemplo la capacidad de soporte del suelo o de las rocas, estabilidad de taludes, etc.

- **Bases de La Geotecnia.**

A. *Geología.* (ya definida)

B. *Mecánica de Suelos:* Estudia el suelo, sus propiedades físicas y mecánicas, su origen, sus reacciones al ser sometido a esfuerzo y su interacción con las obras de ingeniería.

C. *Mecánica de Rocas:* Estudia las propiedades mecánicas y físicas de las rocas, su génesis y su interacción con las obras civiles.

- **Criterios Usados En Las Descripciones Geotécnicas**

Con el objeto de precisar, en lo posible, los conceptos más importantes utilizados en las descripciones geotécnicas de los materiales que se presentan en un tramo de camino, se exponen criterios utilizados en lo que se refiere a parámetros del terreno tales como su grado de cohesión, estabilidad de taludes, capacidad portante, niveles freáticos, etc. Al no disponer de ensayos, se pueden utilizar los datos correspondientes a otros materiales geotécnicamente equivalentes haciendo una evaluación comparativa de ambos. Para ello se tienen en cuenta los siguientes datos de campo:

A. *Estado de los taludes naturales;*

B. *Desmontes;*

C. *Comportamiento geotécnico de los taludes;*

D. *Escorrentía de las aguas superficiales;*

D. *Permeabilidad de las formaciones;*

E. *Observaciones sobre el estado de la subrasante de los caminos existentes en la zona; alterabilidad y erosionabilidad de los materiales.*

Con estos datos, recogidos sobre el terreno, se establece una escala de magnitud de valores de estos conceptos geotécnicos, que servirán de base a futuros estudios.

#### **2.2.4. Hidrología**

- **Definición**

La hidrología es la ciencia que trata sobre el origen, distribución y circulación del agua terrestre, sus propiedades físicas y químicas, su interacción con el medio ambiente y con los seres vivos, en particular con los seres humanos.

La hidrología, que cubre todas las fases del agua en la tierra, es una materia de gran importancia para el ser humano y su ambiente, la cual tiene las siguientes aplicaciones prácticas:

- Energía eléctrica
- Climatización
- Abastecimiento de agua
- Sistema de drenaje
- Diseño de carreteras

Respecto al diseño de carreteras es de hacer notar que las aplicaciones más importantes de la hidrológica estarán relacionadas principalmente con los siguientes aspectos:

- Diseño y operación de estructuras hidráulicas
- Irrigación y drenaje
- Regulación de cursos de agua y control de inundaciones
- Erosión y control de sedimentos.

Los límites entre la hidrología y otras ciencias son inciertos, ya que la hidrología es interdisciplinaria, porque requiere material de otras ciencias para su propia interpretación y uso. Esta requiere de ciencias como: Geografía, Meteorología, Geología, Hidráulica, Matemáticas, Estadística, etc.

La hidrología es notablemente diferente a los demás objetos de estudio de la ingeniería civil, ya que está íntimamente relacionada con los fenómenos naturales que ocurren en su mayoría en la atmósfera y estos no se prestan a un análisis riguroso. Es por esta razón que en cuanto a Hidrología deben tenerse en cuenta dos premisas básicas:

1. Recolección de datos básicos (conjunto de hechos observados)
2. Análisis de datos básicos ( establecer la tendencia del fenómeno)

#### **2.2.5. Tránsito**

Al proyectar una carretera, la selección del tipo de camino, las intersecciones, los accesos y los servicios, dependen fundamentalmente de la demanda, es decir, del volumen de tránsito que circulará en un intervalo de tiempo dado, su variación, su tasa de crecimiento y su composición.

Un error en la determinación de estos datos ocasionará que la carretera funcione durante el periodo de previsión, bien con volúmenes de tránsito muy inferiores a aquellos para los que se proyectó o que se presenten problemas de congestionamiento.

- **Definiciones**

**Volumen de tránsito.** Es el número de vehículos que pasan por un tramo de la carretera en un intervalo de tiempo dado; los intervalos más usuales son la hora y el día y se tiene el tránsito horario TH y el tránsito diario TD.

**Densidad de tránsito.** Es el número de vehículos que se encuentran en una cierta longitud de camino en un instante dado.

**Tránsito promedio diario.** Es el promedio de los volúmenes diarios registrados en un determinado periodo. Los más usuales son el tránsito promedio diario semanal TPDS y el tránsito promedio diario anual TPDA.

**Tránsito máximo horario.** Es el máximo número de vehículos que pasan en un tramo del camino durante una hora, para un lapso establecido de observación, normalmente un año.

**Volumen horario de proyecto.** Volumen horario de tránsito que servirá para determinar las características geométricas del camino. Se representa como VHP.

**Tránsito generado.** Es el volumen de tránsito que se origina por la construcción o mejoramiento de la carretera y/o por el desarrollo de la zona por donde cruza.

**Tránsito desviado o inducido.** Es la parte del volumen de tránsito que circulaba antes por otra carretera y cambia su itinerario para pasar por la que se construye o se mejora.

**Carreteras de dos carriles.** Se define a una carretera de dos carriles como a un camino con una calzada única, con un carril para el uso del tránsito en cada sentido de viaje. El adelantamiento (sobrepaso) de los vehículos más lentos requiere el uso del carril opuesto cuando la distancia de visibilidad y las brechas en la corriente vehicular opuesta lo permiten. A medida que los volúmenes de tránsito y las restricciones

geométricas aumentan, la habilidad para adelantar (sobrepasar) disminuye, resultando en la formación de pelotones en la corriente vehicular. Los motoristas en estos pelotones están sujetos a demoras por no poder adelantarse.

Otras carreteras rurales de dos carriles pavimentadas sirven una función de accesibilidad. Estas proveen acceso bajo cualquier condición climática a un área, a menudo para bajos volúmenes de tráfico.

### ***Clasificación de las carreteras de dos carriles***

**Clase I:** a esta clase generalmente se asignan las carreteras de dos carriles en las que los conductores esperan viajar a velocidades relativamente altas, las carreteras de dos carriles que funcionan como rutas interurbanas principales, las arterias principales que conectan generadores de tráfico importantes, rutas de conmutadoras diarios, y los conectores primarios en redes carreteras estatales y nacionales. Las rutas de Clase I generalmente sirven viajes de larga distancia o proveen conexiones entre rutas que sirven viajes de larga distancia.

**Clase II:** a esta clase generalmente se asignan las carreteras de dos carriles en las que los motoristas no esperan viajar a altas velocidades (tal es el caso de la vía que en este trabajo de graduación se pretende diseñar), las carreteras que funcionan como rutas de acceso a las carreteras de Clase I, las carreteras que sirven rutas escénicas o recreacionales que no son arterias principales. Las carreteras clase II generalmente sirven viajes relativamente cortos, las porciones del comienzo y final de viajes largos, o viajes para los



cuales las actividades de recreación juegan un rol significativo en la selección de la ruta.

Las clases de las carreteras de dos carriles están estrechamente relacionadas con su clasificación funcional dado que la mayoría de las arterias serán consideradas carreteras Clase I y la mayoría de los colectores y caminos locales serian considerados carreteras Clase II. Sin embargo, el factor primario en la determinación de la clasificación apropiada de la carretera para un análisis operacional es la evaluación de las expectativas de los motoristas para esa carretera, la que puede diferir de su clasificación funcional. Por ejemplo, una ruta interurbana que pasa por un terreno montañoso escarpado puede ser clasificada como una carretera de Clase II si los motoristas reconocen que el terreno hace imposible la provisión de una ruta de alta velocidad en ese corredor.

En carreteras Clase II, donde la movilidad es menos critica, el nivel de servicio se define en términos solo del porcentaje de tiempo en seguimiento sin consideración de la velocidad media de viaje. Se espera que los conductores toleren mayores niveles del porcentaje de tiempo en seguimiento en una carretera Clase II que una Clase I, ya que estas últimas sirven usualmente viajes más cortos y distintos propósitos de viaje que las carreteras de Clase II.

***Condiciones base:***

Las condiciones base para el análisis de las carreteras de dos carriles se definen como la ausencia de factores geométricos, de tráfico, y ambientales restrictivos. Se debe notar que condiciones base no son lo mismo que condiciones típicas o por omisión. Los factores específicos en la metodología tienen en cuenta los efectos de las condiciones geométricas, de tráfico, y

ambientales que son más restrictivas que las condiciones base. Las condiciones base incluyen:

- Anchos de carril mayor o igual que 3.6 m
- La no existencia de zonas sin sobrepaso en la carretera
- La corriente vehicular formada solo por automóviles
- La no existencia de impedimentos al tráfico debido a controladores del tráfico o movimiento de giro y
- Terreno llano.

Las características geométricas de la carretera incluyen una descripción general de las características del perfil longitudinal e información específica de la sección transversal del camino. A las características del perfil longitudinal se las describe mediante el porcentaje promedio de la carretera con zonas de no adelantamiento. Se usa el promedio para ambos sentidos. Los datos de la sección transversal del camino incluyen el ancho del carril y el ancho de banquina utilizable. Los datos geométricos y la velocidad de diseño son considerados en la estimación de la velocidad a flujo libre de la carretera.

- **Determinación del volumen de tránsito**

Para conocer los volúmenes de tránsito en los diferentes tramos de una carretera, se utilizan como fuentes los datos obtenidos de los estudios de origen y destino, los aforos por muestreo y los aforos continuos en estaciones permanentes.

A) Estudios de origen y destino. Su objetivo primordial es conocer el movimiento del tránsito en cuanto a los puntos de partida y de términos de los viajes; adicionalmente se obtienen datos del comportamiento del tránsito, tanto en lo que se

refiere a su magnitud y composición como a los diversos tipos de productos que se transportan. Esto último con miras a determinar el grado de desarrollo de los sectores que integran la vida económica y social y la localización de los centros productores y consumidores, indicando la importancia que éstos guardan dentro de la economía.

El método más apropiado para estudios en carreteras es el de las entrevistas directas, ya que se obtiene en forma rápida y eficiente el origen, destino y un punto intermedio del viaje de cada conductor entrevistado, que es precisamente la estación. La duración de cada uno de estos estudios es variable, dependiendo del grado de confianza requerido.

En estos estudios se registran las rutas de los diferentes tipos de vehículos y los productos o pasajeros que transportan por cada sentido, así como las longitudes de recorrido. Se incluyen los volúmenes horarios de los diferentes tipos de vehículos registrados, por sentidos de circulación.

En los estudios recientes se han registrado, además, modelos y marcas de los vehículos. Esto ha sido una consecuencia de la necesidad de conocer con más detalle, los tipos de vehículos que transitan por las carreteras.

B) Muestreos del tránsito. El crecimiento de los volúmenes de tránsito en la red de carreteras, así como la variación de las composiciones de tránsito, ha conducido a que se instalen estaciones de aforo en toda la red, procurando que éstas capturen el tránsito representativo de cada tramo, sin influencia apreciable de viajes suburbanos o de itinerarios muy cortos, y a su vez registren un tránsito promedio diario con base al período de una semana, el cual, correlacionado con estaciones maestras, dará como resultado un muestreo razonablemente cercano al tránsito promedio diario anual. Estas

previsiones tienden a reducir las correcciones ocasionadas por las variaciones estacionales.

El conteo de los vehículos se realiza por medio de contadores manuales o electromecánicos, registrando estos volúmenes cada hora, clasificándolos en (a) Vehículos ligeros, (b) Autobuses y (c) Vehículos pesados.

C) Estaciones maestras. Con el objeto de complementar, tanto los muestreos de tránsito como los estudios de origen y destino, se instalan en diversos tramos de la red estaciones permanentes, provistas de contadores automáticos, cuya finalidad es registrar las variaciones y comportamiento de las corrientes de tránsito durante todo el año. Desde el punto de vista estadístico, se zonifica la red nacional de carreteras, en tal forma que cada estación permanente tenga funciones de correlación con otras estaciones de muestreo.

#### **2.2.6. Nivel de Servicio**

- **Definición**

Nivel de Servicio es un término que denota un número de condiciones de operación diferentes que pueden ocurrir en un carril o camino dado, cuando aloja varios volúmenes de tránsito. Es una medida cualitativa del efecto de una serie de factores, entre los cuales se pueden citar: la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tránsito, la libertad de manejo, la seguridad, la comodidad y los costos de operación.

Un determinado carril o camino puede proporcionar un rango muy amplio de niveles de servicio. Los diferentes niveles de servicio de un camino específico son función del volumen y composición del tránsito, así como de las velocidades que pueden alcanzarse en ese camino.

Un carril o camino proyectado para un determinado nivel de servicio, en realidad operará a muchos niveles, conforme varía el volumen durante una hora o durante diferentes horas del día, durante días de la semana, o durante períodos del año, y aun durante diferentes años, con el crecimiento del tránsito.

Cuando el volumen de tránsito iguala a la capacidad de la carretera, las condiciones de operación son deficientes aun bajo las condiciones ideales de la vía y del tránsito ya que las velocidades son bajas, con frecuentes paros y demoras. Para que una carretera suministre un nivel de servicio aceptable, es necesario que el volumen de servicio sea menor que la capacidad de la carretera. El volumen máximo que puede transportarse en cualquier nivel de servicio seleccionado, es llamado volumen de servicio para ese nivel.

El usuario como individuo, tiene una idea limitada del volumen de tránsito, pero se da cuenta del efecto de un alto volumen de tránsito en la posibilidad para transitar por una carretera a una velocidad razonable, con comodidad, conveniencia, economía y seguridad. Por tanto, entre los elementos que pueden ser considerados en la evaluación del nivel de servicio se incluyen los siguientes:

A) Velocidad y tiempo durante el recorrido. Estos elementos incluyen la velocidad de operación y el tiempo empleado durante el recorrido de un tramo de la carretera.

B) Interrupciones de tránsito o restricciones. El número de paradas por kilómetro, las demoras que éstas implican, la magnitud y la frecuencia en los cambios de velocidad necesarios para mantener la corriente de tránsito.

C) Libertad para maniobrar. Considera el grado de libertad para conducir manteniendo la velocidad de operación deseada.

D) Seguridad. Se refiere a evitar los accidentes y los riesgos potenciales.

E) Comodidad en el manejo. Considera el efecto de las condiciones de la carretera y del tránsito, así como el grado en que el servicio proporcionado por la carretera satisface las necesidades normales del conductor.

F) Economía. Considera el costo de operación del vehículo en la carretera.

Teóricamente, todos estos factores deberían incorporarse en la evaluación del nivel de servicio. Hasta el momento, sin embargo, no existen suficientes datos para determinar el valor relativo de algunos de los seis elementos antes mencionados.

Se considera por lo general a la velocidad durante el recorrido, como el factor principal para identificar el nivel de servicio. Se considera además, un segundo factor que puede ser la relación volumen de demanda a capacidad, o bien, la relación volumen de servicio a capacidad, dependiendo del problema que se presente en una situación particular.

La velocidad durante el recorrido usada como medida de nivel de servicio, puede ser la velocidad de operación o la velocidad global, dependiendo del tipo de camino. Las velocidades de operación se usan para aquellos caminos que tienen generalmente circulación continua, los cuales se encuentran en zonas rurales. La velocidad global se utiliza para arterias urbanas y calles del centro de la ciudad, en las cuales generalmente existe circulación discontinua.

Cada nivel de servicio debe considerarse como un rango de condiciones de operación, limitado por los valores de la velocidad durante el recorrido y por las relaciones volumen-capacidad.

Si bien, los valores de la velocidad y de los volúmenes de servicio tienen por objeto determinar los límites de un nivel de servicio, se considera que éstos representan

la velocidad más baja aceptable y el volumen más alto del rango de ese nivel de servicio. Cuando las velocidades son altas y los volúmenes de servicio son más bajos que los valores dados, las condiciones de operación son mejores que las correspondientes a ese nivel de servicio. Conforme la densidad del tránsito se incrementa, la calidad del servicio baja, sólo por coincidencia se alcanzarán simultáneamente el límite inferior del rango de velocidades de operación y el límite superior del rango de volúmenes; usualmente uno de los límites gobernará en un caso particular. Una vez que se ha rebasado un límite, el servicio caerá al siguiente nivel.

De acuerdo con lo anterior, se ha establecido el siguiente criterio para determinar las relaciones de capacidad y nivel de servicio.

1. El volumen y la capacidad se expresan en número de vehículos ligeros por hora. El volumen de demanda y la capacidad pueden variar considerablemente a lo largo de un tramo de camino y a menudo los valores promedio para un tramo completo, pueden no representar adecuadamente las condiciones reales en todos los puntos de ese tramo. El grado de detalle que se requiere al dividir un tramo particular en sub-tramos, para su examen por separado, dependerá desde luego de la naturaleza del estudio.

2. El nivel de servicio estrictamente definido es aplicable a un tramo de camino de gran longitud. Este tramo puede acusar variaciones en las condiciones de operación en diferentes puntos o sub-tramos de su longitud total, debido a cambios en el volumen de demanda o en la capacidad. Las variaciones que surgen en la capacidad son resultado de diferentes condiciones a lo largo del camino, tales como cambios en el ancho, pendientes, enlaces, zonas de entrecruzamiento, restricciones en la distancia a obstáculos laterales e intersecciones. Las variaciones en el volumen de demanda son

consecuencia de las variaciones en los volúmenes de tránsito que entran y salen en puntos irregularmente espaciados a lo largo del camino. El nivel de servicio del tramo deberá, dentro de ciertos límites, tomar en cuenta el efecto de estos puntos y las limitaciones que los sub-tramos tienen sobre el tramo en estudio.

3. El análisis del volumen y de la velocidad de operación o velocidad global, se hace para cada punto o sub-tramo del camino. La velocidad de operación ponderada, o la velocidad global, se determina para el tramo completo, identificando de esta manera el nivel de servicio correspondiente.

4. Los elementos que se usan para medir la capacidad y los niveles de servicio, son variables cuyos valores pueden ser fácilmente obtenidos de los datos disponibles. Para la capacidad, estos elementos incluyen: el tipo de camino, las características geométricas, la velocidad de proyecto, la composición del tránsito y las variaciones en el volumen. Para el nivel de servicio, los elementos adicionales que se usan, incluyen la velocidad y las relaciones volumen-capacidad.

5. Para uso práctico, los valores de la capacidad y de las relaciones volumen-capacidad que definen los niveles de servicio, se establecen para cada uno de los siguientes tipos de caminos:

- a) Autopistas y vías rápidas
- b) Carreteras de carriles múltiples
- c) Carreteras de dos y de tres carriles
- d) Arterias urbanas
- e) Calles del centro de la ciudad.



Los niveles de servicio se establecen para diferentes puntos del camino, incluyendo intersecciones, enlaces y zonas de entrecruzamiento.

- **Condiciones de operación para los diferentes niveles de servicio**

Se distinguen seis niveles de servicio, para la identificación de las condiciones existentes al variar la velocidad y los volúmenes de tránsito, en una carretera.

Los niveles de servicio designados con las letras de la “A” a la “F”, del mejor al peor, comprenden la clasificación total de las operaciones de tránsito que pueden ocurrir.

El nivel de servicio “A” corresponde a una condición de flujo libre, con volúmenes de tránsito bajos y velocidades altas. La densidad es baja, y la velocidad depende del deseo de los conductores dentro de límites impuestos y bajo las condiciones físicas de la carretera. No hay restricción en las maniobras ocasionadas por la presencia de otros vehículos; los conductores pueden mantener las velocidades deseadas con escasa o ninguna demora.

El nivel de servicio “B” corresponde a la zona de flujo estable, con velocidades de operación que comienzan a restringirse por las condiciones del tránsito. Los conductores tienen una libertad razonable para elegir sus velocidades y el carril de operación. Las reducciones de velocidad son razonables, con una escasa probabilidad de que el flujo del tránsito se reduzca.

El nivel de servicio “C” se encuentra en la zona de flujo estable, pero las velocidades y posibilidades de maniobra están más estrechamente controladas por los altos volúmenes de tránsito. La mayoría de los conductores perciben la restricción de su

libertad para elegir su propia velocidad, cambiar de carriles o rebasar; se obtiene una velocidad de operación satisfactoria.

El nivel de servicio "D" se aproxima al flujo inestable con velocidades de operación aún satisfactorias, pero afectadas considerablemente por los cambios en las condiciones de operación. Las variaciones en el volumen de tránsito y las restricciones momentáneas al flujo, pueden causar un descenso importante en las velocidades de operación. Los conductores tienen poca libertad de maniobra con la consecuente pérdida de comodidad.

El nivel de servicio "E" no puede describirse solamente por la velocidad, pero representa la operación a velocidades aún más bajas que el nivel "D", con volúmenes de tránsito correspondientes a la capacidad. El flujo es inestable y pueden ocurrir paradas de corta duración.

El nivel de servicio "F" corresponde a circulación forzada, las velocidades son bajas y los volúmenes inferiores a los de la capacidad. En estas condiciones generalmente se producen colas de vehículos a partir del lugar en que se produce la restricción. Las velocidades se reducen y pueden producirse paradas debidas al congestionamiento. En los casos extremos, tanto la velocidad como el volumen, puede descender a cero.

El concepto general de los niveles de servicio mencionados se muestra gráficamente en la Figura II.3 y se ilustra con las fotografías de la Figura II.4.

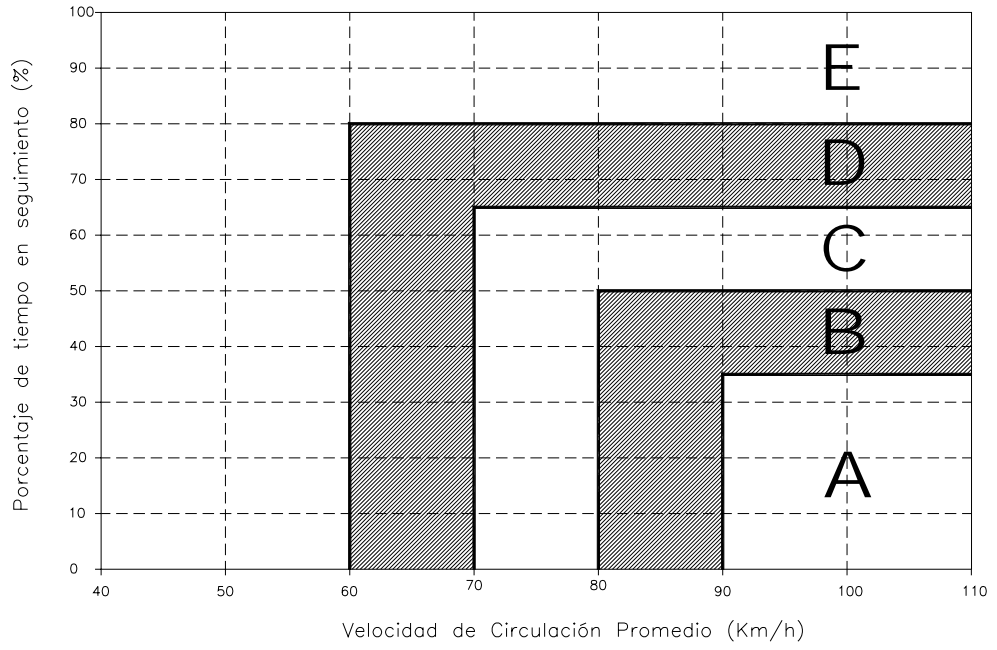


Figura II.3. Concepto General de los Niveles de Servicio



Figura II.4. Niveles de Servicio. Ilustración Fotográfica

- **Niveles de servicio en caminos de dos carriles.**

Este concepto utiliza medidas cualitativas que caracterizan a la explotación de un servicio, así como a su percepción por conductores y pasajeros. Para cada tipo de infraestructura se definen seis niveles de servicio. Como se mencionó anteriormente a cada nivel se le otorga una letra de la "A" a la "F" que definen las condiciones operativas de una instalación vial. El Nivel "A" es el representante de las mejores condiciones mientras que el Nivel "F" las peores.

Cada nivel de servicio caracteriza las condiciones de explotación y su percepción en términos de factores tales como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, las interrupciones a la circulación, la comodidad y la conveniencia. Para la mayoría de los objetivos de dimensionamiento o de planificación se adoptan los niveles "D" o "C" ya que éstos aseguran al año de cálculo una calidad de servicio aceptable a costos aceptables.

Para carreteras de dos carriles Clase II, la calidad de servicio se basa solamente en el porcentaje de tiempo en seguimiento, el cual representa la libertad de maniobrar y la comodidad y la conveniencia de viajar en una carretera de dos carriles. Se define al porcentaje de tiempo en seguimiento como el porcentaje promedio del tiempo de viaje que los vehículos deben viajar en pelotones detrás de vehículos más lentos debido a la imposibilidad de adelantamiento. El porcentaje de tiempo en seguimiento es difícil de medir directamente en el campo. El porcentaje de vehículos que viajan con brechas menores de 3 seg. pueden usarse como una medida sustituta en estudios de campo. Los criterios para el nivel de servicio se definen para periodos de flujo pico de quince minutos y su aplicación es para segmentos de una longitud significativa.

Las medidas primarias de la calidad de servicio para carreteras de dos carriles Clase II están basadas en el porcentaje de tiempo en seguimiento donde los conductores no necesariamente esperan circular a velocidades relativamente altas, incluyendo rutas interurbanas principales, arterias primarias y rutas de conmutadores diarias.

✓ **Datos de entrada requeridos y valores de estimados.**

La Tabla II-1 lista los valores por omisión para la entrada de parámetros que pueden ser usados en la ausencia de datos locales. Es de hacer notar que la toma de medidas de campo para el uso como entradas al análisis es el medio más confiable de generar valores para los parámetros. Solo cuando esto no sea posible se deberían usar valores por omisión.

<b>Datos requeridos</b>	<b>Por omisión</b>
<b>Datos geométricos</b>	
Clase de carretera	Tabla II-2
Ancho de carril	3.6 m
Ancho de banquina	1.8 m
Densidad de puntos de acceso	Figura II-5
Tipo de terreno/pendientes	Llano
Porcentaje de no adelantamiento	Tabla II-3
Velocidad a flujo libre base	-
Longitud del carril de adelantamiento	Tabla II-4
<b>Demanda</b>	
Demanda en el período de análisis	
Factor de hora pico	Rural 0.88, urbano 0.92
Distribución por sentidos	Tabla II-5
Porcentaje de vehículos pesados	Tabla II-6

**Tabla II-1 Valores Por Omisión para la Entrada de Parámetros, en Ausencia de Datos Locales**

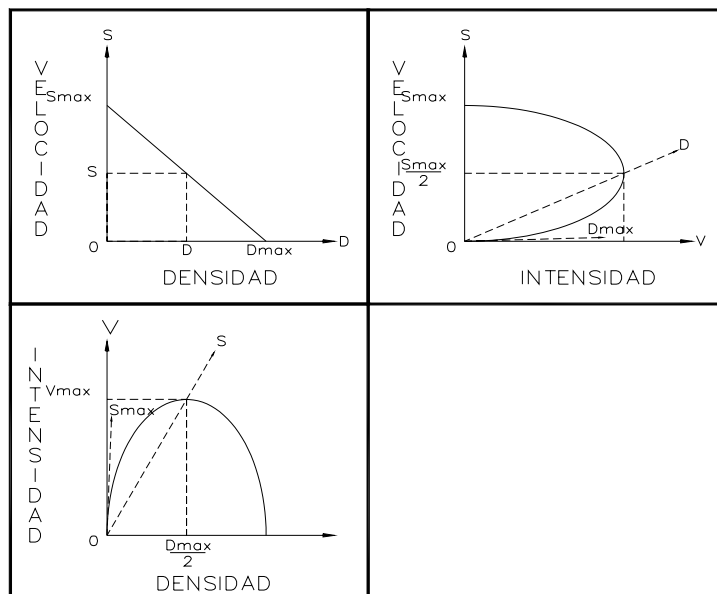


Figura II-5 Densidad de Puntos de Acceso

Clase	Descripción
I	Carreteras en las que los conductores operan circular a velocidades relativamente altas, incluyendo rutas interurbanas principales, arterias primarias y rutas de conmutadores diarias.
II	Carreteras en las que los conductores no necesariamente esperan circular a altas velocidades, incluyendo a rutas de acceso, rutas escénicas y recreacionales que no son arterias primarias y rutas en terreno escabroso.

Tabla II-2 Resumen de las Clases de Carreteras de dos Carriles

<b>Tipo de Terreno</b>	<b>Porcentaje de no adelantamiento</b>
Llano	20
Ondulado	50
Montañoso	80

**Tabla II-3 Resumen de las Clases de Carreteras de dos Carriles**

<b>Flujo por sentido (autos/h)</b>	<b>Longitud óptima del carril de adelantamiento (km)</b>
100	$\geq 0.80$
200	$> 0.80—1.20$
400	$> 1.20—1.60$
700 o más	$> 1.60—3.20$

**Tabla II-4 Longitudes Óptimas de los Carriles de Adelantamiento**

<b>Tipos</b>	<b>Distribución por sentidos</b>
Carreteras rurales	60/40
Carreteras urbanas	60/40
Carreteras recreacionales	80/20

**Tabla II-5 Valores por omisión para la distribución por sentidos en carreteras de dos carriles**

<b>Tipos de vehículos pesados</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	
	<b>Rural</b>	<b>Urbano</b>
Camiones (incluyendo a los colectivos)	14	2
Vehículos recreacionales	4	0

**Tabla II-6 Porcentajes de Vehículos Pesados por Omisión**

✓ **Métodos de diseño:**

En los apartados anteriores se han presentado conceptos sobre carreteras, parámetros básicos y conceptos importantes relacionados a la metodología.

A continuación se presenta el análisis operacional de carreteras de dos carriles para tramos analizados en los dos sentidos y por sentidos separados.

Los tramos analizados en los dos sentidos pueden incluir tramos largos de carreteras de dos carriles con secciones transversales homogéneas y volúmenes de demanda y composición vehicular relativamente constantes en la longitud del tramo. Tales tramos pueden estar ubicados en terreno llano u ondulado. Las carreteras de dos carriles en terreno montañoso o las que tienen pendientes del 3 por ciento o mayores con longitudes mayores a 1.0 km. no pueden ser analizados como tramos en dos sentidos. Estos tramos se deben analizar como pendientes ascendentes o descendentes específicas. Las medidas de desempeño determinadas por la metodología para los tramos en dos sentidos tienen aplicación para ambos sentidos de circulación.

Los tramos analizados por sentidos tienen un sentido de viaje con sección transversal homogénea y volumen y composición vehicular de demanda relativamente constante. Los tipos de tramos en un sentido considerados en las aplicaciones operacionales incluyen tramos en terreno llano, pendientes ascendentes específicas y pendientes descendentes específicas. Cuando se analiza un sentido de viaje de una carretera de dos carriles se utiliza el procedimiento por sentidos. Se deben analizar



todos los tramos por sentidos en terreno montañoso y todas las pendientes del 3% o mayores con una longitud de mas de 1.0 km. como pendientes de subida o bajada especificas.

Parte del análisis de pendientes de subida o bajada especificas, se toma como longitud de la pendiente a la longitud del tramo recto entre curvas verticales más una porción de las curvas verticales al comienzo y final de la pendiente. Las medidas de comportamiento determinadas por la metodología de segmentos por sentidos describen el comportamiento del trafico solo para el sentido de circulación que se esta analizando. El objetivo del análisis operacional es determinar el nivel de servicio para caminos existentes o propuestos bajo demandas de tráfico existentes o proyectadas. El análisis operacional también se puede usar para determinar la capacidad de un segmento de carretera de dos carriles, o el flujo de servicio que se puede acomodar a cualquier nivel de servicio.

✓ **Niveles de servicio:**

En el tipo de carreteras clase II, donde la movilidad es menos critica, el nivel de servicio se define en términos de porcentaje de tiempo en seguimiento solamente, sin consideración de la velocidad media de circulación. Se espera que los conductores toleren mayores niveles de porcentaje de tiempo en seguimiento en caminos Clase II que en camino Clase I debido a que los caminos Clase I usualmente se usan para viajes más cortos y con propósitos de viaje distintos que para los caminos Clase II. Los criterios para la determinación del nivel de servicio para carreteras Clase II se presentan en la Tabla II-7

<b>Nivel de servicio</b>	<b>Porcentaje de tiempo en seguimiento</b>
A	≤ 40
B	> 40—55
C	>55—70
D	>70—85
E	>85

**Tabla II-7 Porcentajes de Vehículos Pesados por Omisión**

Nota: Cuando el flujo excede la capacidad del segmento se tiene un nivel de servicio F.

Segmentos de dos sentidos:

La metodología de análisis de segmentos en los dos sentidos como se mencionó anteriormente, estima medidas operacionales de tráfico en una sección de carretera basada en las condiciones del terreno, geométricas y de tránsito para carreteras consideradas de terreno ondulado o llano y esta metodología típicamente se aplica a carreteras de al menos 3 kilómetros de largo.

Un paso determinante en la obtención del nivel de servicio para una carretera de dos carriles es determinar la velocidad a flujo libre. La velocidad a flujo libre se mide usando la velocidad media de tráfico en condiciones de bajo flujo vehicular (con flujos en ambos sentidos de hasta 200 autos/hora)

La distribución por sentidos del tránsito según el HCM, cuando no se tienen datos, es del 60 % en el sentido de análisis y 40 % en el sentido opuesto.

Para el análisis del comportamiento de los camiones en rampa, la AASTHO ha propuesto un camión con una relación peso / potencia del orden de 136 Kg/HP, que tiene características de operación aceptable desde el punto de vista de los usuarios de

un camino rural, por lo que este camión se utilizará para el análisis de Capacidad y Nivel de Servicio.

La determinación de la velocidad al final del proyecto corresponde a la velocidad sostenida, para el camión de diseño (136 Kg/HP) en las condiciones de pendiente y longitud de rampa prevaleciente, se realiza utilizando las curvas de velocidad-distancia representadas en la Figura II-6.

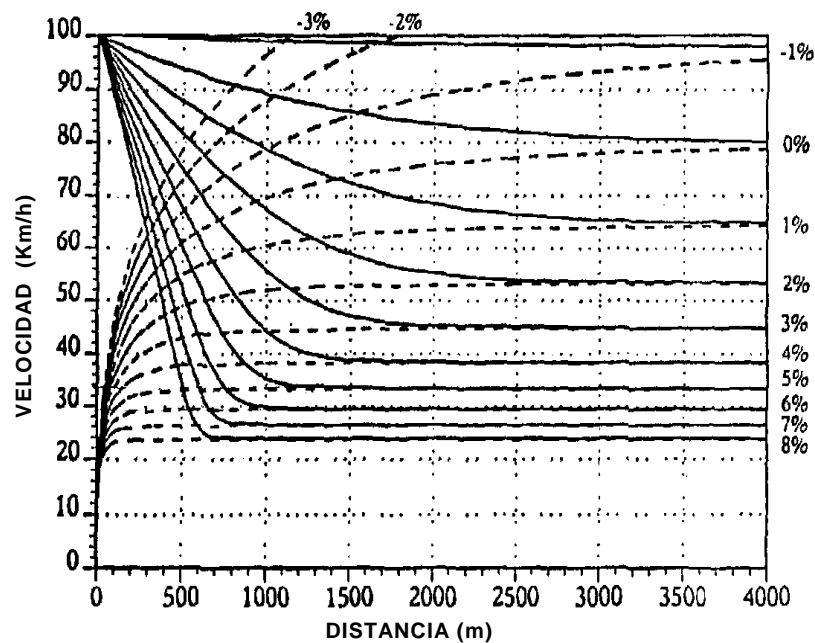


Figura II-6 Curvas Velocidad - Distancia Sobre Pendientes - Camión Tipo de 136 Kg/HP

## 2.3. ALINEAMIENTO HORIZONTAL

### 2.3.1. Definición

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino.

### **2.3.2. Elementos que lo integran**

Tres son los principales elementos que integran el alineamiento horizontal:  
Tangentes, curvas circulares y curvas de transición

- **Tangentes**

Las tangentes son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se le representa como PI, y al ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa por  $\Delta$ . Como las tangentes van unidas entre si por curvas, la longitud de una tangente es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. A cualquier punto preciso del alineamiento horizontal localizado en el terreno sobre una tangente, se le denomina: punto sobre tangente y se le representa por PST.

La longitud máxima de una tangente esa condicionada por la seguridad. Las tangentes largas son causa potencial de accidentes, debido a la somnolencia que produce al conductor mantener concentrada su atención en puntos fijos del camino durante mucho tiempo, o bien, porque favorecen los deslumbramientos durante la noche; por tal razón, conviene limitar la longitud de las tangentes, proyectando en su lugar alineamientos ondulados con curvas de gran radio.

La longitud mínima de tangente entre dos curvas consecutivas está definida por la longitud necesaria para dar la sobreelevación y ampliación a esas curvas.

- **Curvas Circulares**

Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas; las curvas



NOTACION	DESCRIPCION
PI	Punto de intersección de la prolongación de las tangentes.
PC	Punto en donde comienza la curva circular simple.
PT	Punto en donde termina la curva circular simple.
PST	Punto sobre tangente.
PSST	Punto sobre subtangente <sup>11</sup> .
PSC	Punto sobre la curva circular.
O	Centro de la curva circular.
$\Delta$	Ángulo de deflexión de las tangentes.
$\Delta_c$	Ángulo central de la curva circular.
$\Theta$	Ángulo de deflexión a un PSC.
$\Phi$	Ángulo de una cuerda cualquiera.
$\phi_c$	Ángulo de la cuerda larga.
$G_c$	Grado de curvatura de la curva circular.
$R_c$	Radio de la curva circular.
ST	Subtangente.
E	Externa.
M	Ordenada media.
C	Cuerda.
CL	Cuerda larga.
I	Longitud de un arco.
$l_c$	Longitud de la curva circular.

**Tabla II.8 Descripción de Elementos de la Curva Circular Simple**

*B. Curvas Circulares Compuestas.* Son aquellas que están formadas por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido y de diferente radio, o de diferente sentido y cualquier radio, pero siempre con un punto de tangencia común entre dos consecutivas. Cuando son del mismo sentido se llaman compuestas directas y cuando son de sentido contrario, compuestas inversas. En caminos debe evitarse este tipo de curvas, porque introducen cambios de curvatura peligrosos; sin embargo, en intersecciones pueden emplearse siempre y cuando la relación entre dos radios consecutivos no sobrepase la cantidad de 2.0 y se resuelva satisfactoriamente la transición de la sobreelevación. Los principales elementos de la curva circular compuesta se

ilustran con una curva de tres centros en la Figura II.8; para su cálculo se utilizan los elementos de las curvas circulares simples que la integran y los resultados obtenidos pueden extrapolarse para curvas de más de tres centros.

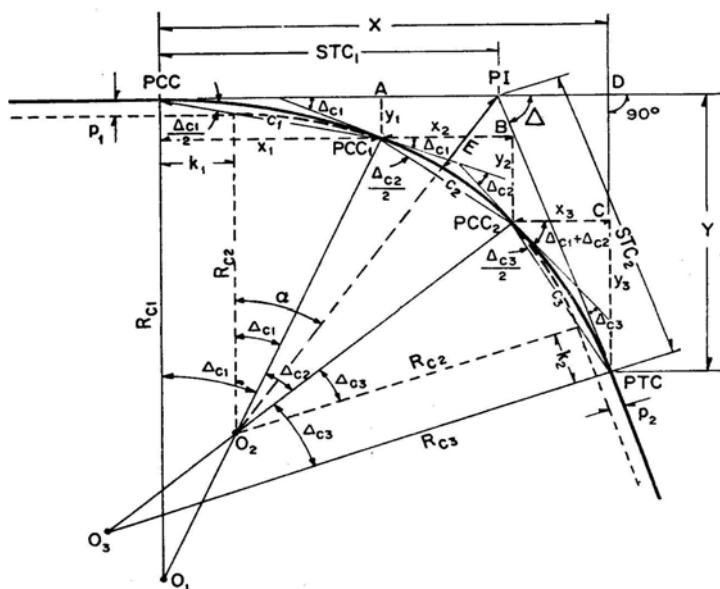


Figura II.8 Elementos de la Curva Circular Compuesta

NOTACION	DESCRIPCION
PI	Punto de intersección de las tangentes.
PCC	Punto donde se inicia la curva circular compuesta.
PTC	Punto donde termina la curva circular compuesta.
PCC <sub>1</sub> , PCC <sub>2</sub>	Puntos de curvatura compuesta, o sean los puntos en donde termina una curva circular simple y empieza otra.
O <sub>1</sub> , O <sub>2</sub> , O <sub>3</sub>	Centros de las curvas circulares simples que integran la curva circular compuesta.
$\Delta$	Ángulo de deflexión entre las tangentes.
$\Delta_{c1}$ , $\Delta_{c2}$ , $\Delta_{c3}$	Ángulos centrales de las curvas circulares simples.
R <sub>c1</sub> , R <sub>c2</sub> , R <sub>c3</sub>	Radios de cada una de las curvas circulares simples.
STC <sub>1</sub> , STC <sub>2</sub>	Subtangentes de la curva circular compuesta.
p <sub>1</sub> , p <sub>2</sub> , k <sub>1</sub> , k <sub>2</sub>	Desplazamientos de la curva central para curva compuesta de tres centros.

Tabla II.9 Descripción de Elementos de la Curva Circular Compuesta

### **2.3.3. Curvas de Transición**

Cuando un vehículo pasa de un tramo en tangente a otro en curva circular, requiere hacerlo en forma gradual, tanto por lo que se refiere al cambio de dirección como a la sobreelevación y a la ampliación necesaria. Para lograr este cambio gradual se usan las curvas de transición.

Se definirá aquí como curva de transición a la que liga una tangente con una curva circular, teniendo como característica principal, que en su longitud se efectúa, de manera continua, el cambio en el valor del radio de curvatura, desde infinito para la tangente hasta el que corresponde para la curva circular.

Debe recordarse que se llama curvatura de una curva en un punto A, al límite de las curvaturas medias de los arcos de dicha curva que tienen el mismo extremo A, cuando el segundo extremo tiende a A; siendo la curvatura media de un arco el cociente del ángulo de contingencia del arco y de su longitud. Asimismo, se llama radio de curvatura de una curva en un punto al valor recíproco de la curvatura en dicho punto.

### **2.3.4. Criterios Aplicables al Diseño del Alineamiento Horizontal: Balance entre Curvas y Tangentes**

En la práctica del diseño geométrico, se utilizan algunos criterios para el mejoramiento del diseño horizontal, que normalmente no están sujetos a fórmulas matemáticas o siquiera a derivaciones empíricas, pero de cuya aplicación se han logrado muy buenos resultados. En general se reconoce que un exceso de curvatura o una pobre combinación de curvaturas limitan la capacidad de una carretera, causan pérdidas económicas por el incremento en los tiempos de viaje y los costos de operación y, sobre todo, desmejora sensiblemente la apariencia y funcionalidad del



diseño seleccionado. En estas condiciones, un trazo directo entre los puntos de referencia obligada es lo deseable.

En primer lugar, sin embargo, se debe procurar que el alineamiento horizontal sea tan directo como lo permita la topografía, el uso del suelo y los valores de las comunidades servidas por la carretera. Un trazado que se acomoda al terreno natural es preferible a otro que con largas tangentes acorta las distancias y mejora las visibilidades, pero eleva excesivamente el movimiento de tierra con profundos cortes y elevados terraplenes, pero en cualquier caso la seguridad al tránsito que debe ofrecer al proyecto es la condición que debe tener preferencia.

Los efectos de la construcción de una carretera deben minimizarse, preservando las pendientes naturales y respetando el crecimiento existente dentro del área de influencia directa del proyecto. Un diseño tal es preferible desde el punto de vista de los costos de construcción y de mantenimiento. Pero, en general, el número de curvas cortas y cerradas debe limitarse a un mínimo.

En segundo lugar, debe evitarse el uso de curvas con los radios mínimos de diseño, excepto en las condiciones más críticas que plantee el desarrollo del proyecto. El ángulo central de cada curva debe ser tan reducido y los radios tan amplios como lo permita el terreno, la distancia de visibilidad debe ser tomada en cuenta en todos los casos, porque con frecuencia la visibilidad requiere radios mayores que la velocidad en sí.

Las curvas cerradas no deben proyectarse al extremo de tangentes de gran longitud, evitándose cambios abruptos de secciones con amplias y bien desarrolladas curvas y tangentes, seguidas por curvas de radios mínimos o cercanos al mínimo, que reducen la consistencia recomendable para el diseño.

Como regla de aplicación práctica, las curvas deben tener por lo menos 150 metros de largo cuando el ángulo de deflexión sea de 5 grados, incrementándose en 30 metros por cada reducción de un grado en el ángulo central. La longitud mínima de las curvas horizontales en las carreteras principales debe ser tres veces la velocidad de diseño, elevándose a seis veces dicha relación en las carreteras de alta velocidad con accesos controlados.

En lo que respecta a curvas circulares compuestas<sup>4</sup>, deben extremarse los cuidados en su elección. Aunque el uso de curvas compuestas puede facilitar el diseño de una carretera para ajustarla a las condiciones del terreno, esta práctica conduce frecuentemente a su utilización en forma irrestricta por algunos diseñadores, que deben ser desalentados a continuar en tales aplicaciones.

El uso de curvas compuestas con grandes diferencias en los radios, produce casi el mismo efecto que la combinación de una curva cerrada con tangentes de gran longitud. Cuando la topografía o el derecho de vía haga necesario su utilización, el radio de la curva circular mayor no debe exceder el 50 por ciento de la curva de menor radio. El manual mexicano propone que en las intersecciones se utilicen curvas compuestas, siempre y cuando la relación entre dos radios consecutivos no sobrepase la cifra de 2.0 y se resuelva satisfactoriamente la transición de la sobreelevación. A criterios como el del manual mexicano se ajusta las curvas compuestas que se proponen en varias partes de este manual, aunque siempre que sea posible, una curva cerrada debe ser combinada con curvas espirales de transición, como la clotoide.

---

<sup>4</sup> Las curvas circulares compuestas están formadas por dos o más curvas circulares simples de radios diferentes, del mismo sentido o de sentidos opuestos, pero siempre con un punto de tangencia común entre dos curvas consecutivas.

En tramos de carreteras de un solo sentido, como las rampas, la diferencia en los radios de las curvas compuestas no es tan importante, sobre todo cuando a la curva cerrada le sigue una curva de gran radio para facilitar la transición a la entrada o la salida.

A menos que las condiciones topográficas lo impongan, debe evitarse el uso de curvas del mismo sentido con una tangente corta entre ellas. Fuera de su desagradable apariencia, los conductores no esperan que se presenten curvas cortas y sucesivas en el mismo sentido. En estas condiciones, es preferible la introducción de una curva compuesta directa como la indicada en párrafos anteriores o la introducción de curvas de transición espiral. Las normas francesas permiten el diseño de curvas horizontales del mismo sentido, si entre ambas media una distancia en tangente igual a la distancia recorrida durante cinco segundos a la velocidad máxima permitida por la curva de radio mayor, según la secretaría de obras públicas de México estas pueden proporcionarse cuando las tangentes sean mayores de 500 metros.

En terraplenes largos y altos solo son aceptables alineamientos rectos o de muy suave curvatura, pues es muy difícil para el conductor percibir alguna curva forzada y ajustar su velocidad a las condiciones prevalecientes.

Debe evitarse el uso de curvas inversas que presenten cambios de dirección rápidos, pues dichos cambios hacen difícil al conductor mantenerse en su carril, resultando peligrosa la maniobra. Las curvas inversas deben proyectarse con una tangente intermedia, la cual permite que el cambio de dirección sea suave y seguro.

Es conveniente limitar el empleo de tangentes muy largas, pues la atención de los conductores se concentra durante largo tiempo en puntos fijos, que motivan

somnolencia, especialmente durante la noche, por lo cual es preferible proyectar un alineamiento ondulado con curvas amplias

Finalmente, se recomienda que en todo caso el alineamiento horizontal sea coordinado de manera cuidadosa con el diseño del perfil longitudinal de la carretera en estudio, para anular la apariencia de distorsión.

## **2.4. ALINEAMIENTO VERTICAL**

### **2.4.1. Definición.**

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. Al eje de la subcorona en alineamiento vertical se le llama línea subrasante.

El alineamiento vertical se compone de tangentes y curvas.

### **2.4.2. Elementos que integran el Alineamiento Vertical**

- **Tangentes**

Las tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente, se representa como  $T_v$ . La pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma.

Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le denomina PIV, y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se le representa por la letra A.

A. *Pendiente Gobernadora.* Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel determinado en función de las características del tránsito y la configuración del terreno; la mejor pendiente gobernadora para cada caso, será aquella que al con jugar esos conceptos,

permita obtener el menor costo de construcción conservación y operación. Sirve de norma reguladora a la serie de pendientes que se deban proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

- B. *Pendiente Máxima.* Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto. Queda determinada por el volumen y la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno. La pendiente máxima se empleará, cuando convenga desde el punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos locales tales como acantilados, fallas y zonas inestables, siempre que no se rebase la longitud crítica
- C. *Pendiente Mínima.* La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula; en los cortes se recomienda 0.5% mínimo, para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas; en ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente mínima.
- D. *Longitud Crítica de una Tangente del Alineamiento Vertical.* Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad más allá de un límite previamente establecido. Los elementos que intervienen para la determinación de la longitud crítica de una tangente son fundamentalmente el vehículo del proyecto, la configuración del terreno, el volumen y la composición del tránsito. El vehículo con su relación peso/potencia, define las características de operación que determinan la velocidad con que es capaz de recorrer una pendiente dada. La configuración del terreno impone condiciones al proyecto, que desde el punto de vista económico, obligan a la utilización de pendientes que reducen la velocidad de

los vehículos pesados y hacen que estos interfieran con los vehículos ligeros. El volumen y la composición del tránsito son elementos primordiales para el estudio económico del tramo, ya que los costos de operación dependen básicamente de las mismas.

- **Curvas Verticales**

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Deben dar por resultado un camino de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas. El punto común de una tangente y una curva vertical en el inicio de ésta, se representa como PCV y como PTV el punto común de la tangente y la curva al final de ésta.

Las curvas verticales pueden tener concavidad hacia arriba o hacia abajo, recibiendo el nombre de curvas en columpio o en cresta respectivamente. En la Figura II.9 se ilustran los tipos representativos de curvas verticales en cresta y en columpio; en los tipos I y III las pendientes de las tangentes de entrada y salida tienen signos contrarios, en los tipos II y IV tienen el mismo signo.

A. *Forma de la curva.* La condición que se considera óptima para la conducción de un vehículo, corresponde a un movimiento cuya componente horizontal de la velocidad sea constante.

B. *Aspectos a considerar en una curva vertical.*

1) Longitud. Es la distancia medida horizontalmente entre el PCV y el PTV.

Existen cuatro criterios para determinar la longitud de las curvas, que son:

a) Criterio de Comodidad. Se aplica al proyecto de curvas verticales en columpio, en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo.

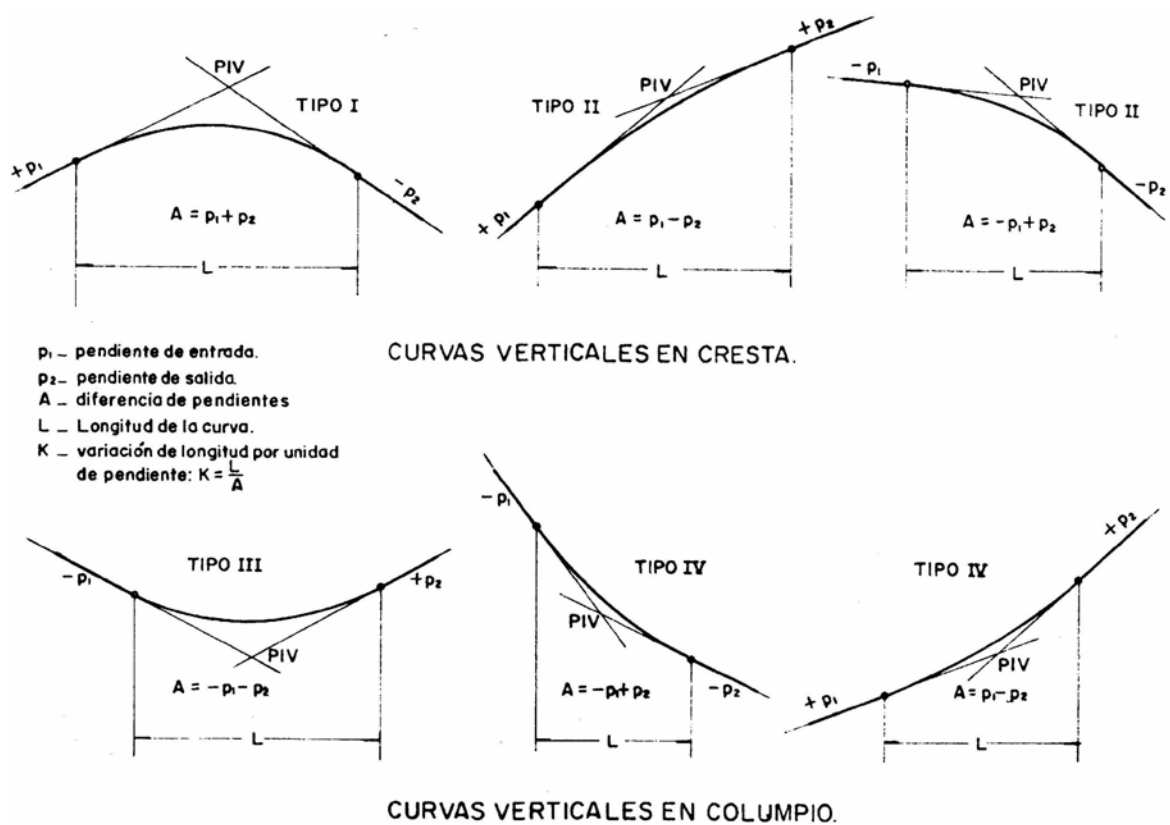


Figura II.9 Tipos de Curvas Verticales

b) Criterio de Apariencia. Se aplica al proyecto de curvas verticales con visibilidad completa, o sea a las curvas en columpio, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

- c) Criterio de Drenaje. Se aplica al proyecto de curvas verticales en cresta o en columpio, cuando están alojadas en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva, debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente.
  - d) Criterio de Seguridad. Se aplica a curvas en cresta y en columpio. La longitud de curva debe ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada. En algunos casos, el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales con la distancia de visibilidad de rebase.
- 
- 2) Pendiente en un punto cualquiera de la curva. Para determinar esta pendiente  $P$ , se parte de la propiedad de la parábola de que la variación de pendiente a lo largo de ella respecto a su longitud, es uniforme.
  - 3) Pendiente de la curva en un punto cualquiera. Para determinar esta pendiente simbolizada como  $P'$  se hace uso de la propiedad de la parábola de que la pendiente de una cuerda es el promedio de las pendientes de las tangentes a la parábola en los puntos extremos de la cuerda.
  - 4) Desviación respecto a la tangente: Es la diferencia de ordenadas entre la prolongación de la tangente y la curva llamada  $t$  (ver Figura II.10)





directamente con la velocidad y tiempo de recorrido de la carretera; así mismo, se ha observado que todos los vehículos con la misma relación peso/potencia tienen características de operación similares, lo cual indica que dos camiones con diferentes pesos y potencias tiene el mismo comportamiento sobre el camino, si la relación peso/potencia se conserva constante. Esta particularidad es de importancia en el proyecto del camino, pues hay evidencia que la industria automotriz tiende a uniformizar la relación peso/potencia de cada uno de los tipos de vehículos, lo cual permite establecer una relación peso/potencia de proyecto.

Normalmente la relación peso potencia está expresada en términos del peso total del vehículo cargado, en kilogramos y la potencia neta del motor expresada en caballos de fuerza (HP).

La relación peso/potencia influye directamente en el proyecto del alineamiento vertical y en el análisis de la capacidad del camino.

#### **2.4.4. Criterios para el Diseño del Alineamiento Vertical**

La AASHTO presenta algunos consejos valiosos en torno al diseño del alineamiento vertical, de donde cabe destacar algunos por su relevancia para la práctica vial centroamericana:

- Las curvas verticales en columpio deben evitarse en secciones en corte, a menos que existan facilidades para las soluciones de drenaje.
- La condición topográfica del terreno influye en diversas formas a definir la subrasante. Así, en terrenos planos, la altura de la subrasante sobre el terreno está regulada, generalmente por el drenaje. En terrenos en lomerío se adoptan subrasantes onduladas, las cuales conviene tanto en razón de la operación de

los vehículos como por la economía del costo. En terrenos montañosos la subrasante es controlada estrechamente por las restricciones y las condiciones de la topografía.

- Una subrasante suave con cambios graduales es consistente con el tipo de camino y el carácter de terreno, a esta clase de proyecto debe dársele preferencia, en lugar de uno con numerosos quiebres y pendientes en longitudes cortas. Los valores de diseño son la pendiente máxima y la longitud crítica, pero la manera en que estos se aplican y adaptan al terreno formando una línea continua, determina la adaptabilidad y la apariencia del producto terminado.
- Debe evitarse vados formados por curvas verticales muy cortas, pues el perfil resultante se presta a que las condiciones de seguridad y estética sean muy pobres.
- Dos curvas verticales sucesivas y en la misma dirección, separadas por una tangente vertical corta, deben ser evitadas, particularmente en columpios donde la vista completa de ambas curvas no es agradable.
- En pendientes largas, puede ser preferible colocar las pendientes mayores al pie de la pendiente y aliviarlas hacia el final o, alternativamente, intercalar pendientes suaves por cortas distancias para facilitar el ascenso.
- Un perfil escalonado es preferible a una sola pendiente sostenida, porque permite aprovechar el aumento de velocidad previo al ascenso y el correspondiente impulso, pero, evidentemente solo puede adaptarse tal sistema para vencer desniveles pequeños o cuando hay limitaciones en el desarrollo horizontal

- En tangente, deberían generalmente evitarse, particularmente en curvas en columpio donde la visión de la carretera puede ser desagradable al usuario.
- Los alineamientos ondulados, que involucran longitudes sustanciales de pendientes que generan momentum, pueden ser indeseables en el caso de vehículos pesados que pueden incrementar excesivamente su velocidad, sobre todo cuando una pendiente positiva adelante no contribuye a la moderación de dicha velocidad.
- Hay que evitar el "efecto de montaña rusa", que ocurre en alineamientos relativamente rectos, donde el perfil longitudinal de la rasante se ajusta a las suaves irregularidades de un terreno ligeramente ondulado

## **2.5. COMBINACION DE LOS ALINEAMIENTOS HORIZONTAL Y VERTICAL.**

Los alineamientos horizontal y vertical no deben ser considerados independientes en el proyecto, puesto que se complementan el uno al otro. Si uno de los dos alineamientos presenta partes pobremente proyectadas, éstas influyen negativamente tanto en el resto de ese alineamiento como en el otro. Por lo anterior, deben estudiarse en forma exhaustiva ambos alineamientos, tomando en cuenta que la bondad en su proyecto incrementará su uso y seguridad.

Es difícil discutir la combinación de los alineamientos horizontal y vertical sin referirse al amplio aspecto de la localización de caminos; ambos temas están relacionados entre sí y cuanto pueda decirse de uno generalmente es aplicable al otro.

Si se supone que la localización general ha sido realizada y que el problema restante es lograr un proyecto armónico entre los alineamientos horizontal y vertical y que obtenido éste, el camino resulta una vía económica, agradable y segura, se tendrá

que la velocidad de proyecto adquiere mayor importancia, puesto que, el cálculo es el parámetro que logra el equilibrio buscado.

Las combinaciones apropiadas de los alineamientos horizontal y vertical se logran por medio de estudios de ingeniería y de las siguientes normas generales:

1. La curvatura y la pendiente deben estar balanceadas. Las tangentes o las curvas horizontales suaves en combinación con pendientes fuertes o largas, o bien una curvatura horizontal excesiva con pendientes suaves, corresponden a diseños pobres. Un diseño apropiado es aquel que combina ambos alineamientos ofreciendo lo máximo en seguridad, capacidad, velocidad, facilidad y uniformidad en la operación, además de una apariencia agradable dentro de los límites prácticos del terreno y del área atravesada.
2. La curvatura vertical sobrepuesta a la curvatura horizontal o viceversa, generalmente da como resultado una vía más agradable a la vista, pero debe ser analizada tomando en cuenta el tránsito. Cambios sucesivos en el perfil que no están en combinación con la curvatura horizontal, pueden tener como consecuencia una serie de jorobas visibles al conductor por alguna distancia. Sin embargo, en algunas ocasiones la combinación de los alineamientos horizontal y vertical pueden también resultar peligrosos bajo ciertas condiciones, tal como se discuten enseguida.
3. No deben proyectarse curvas horizontales forzadas en o cerca de una cima, o de una curva vertical en cresta pronunciada. Esta condición es peligrosa porque el conductor no puede percibir el cambio en el alineamiento horizontal, especialmente en la noche, porque las luces de los coches

alumbran adelante hacia el espacio y en línea recta. El peligro puede anularse si la curvatura horizontal se impone a la vertical, por ejemplo construyendo una curva horizontal más larga que la curva vertical. También puede lograrse usando valores de proyecto mayores que los mínimos.

4. De la misma manera no deben proyectarse curvas horizontales forzadas en o cerca del punto bajo de una curva vertical en columpio, porque el camino da la impresión de estar cortado. Cuando la curva horizontal es muy suave presenta una apariencia de distorsión indeseable. Muchas veces las velocidades de otros vehículos, especialmente las de los camiones, son altas al final de las pendientes y pueden conducir a operaciones erráticas especialmente durante la noche.
5. En caminos de dos carriles, la necesidad de tramos para rebasar con seguridad a intervalos frecuentes y en un porcentaje apreciable de la longitud del camino, influye en la combinación de ambos alineamientos. En estos casos es necesario proporcionar suficientes tangentes largas, para asegurar la distancia de visibilidad de rebase.
6. En las intersecciones donde la distancia de visibilidad a lo largo de ambos caminos sea importante y los vehículos tengan que disminuir su velocidad o parar, la curvatura horizontal y el perfil deben proyectarse lo más suave posible.
7. En caminos divididos se pueden emplear diferentes combinaciones de alineamiento horizontal y vertical para cada sentido de circulación, si la anchura de la faja separadora lo permite. La coordinación entre los alineamientos horizontal y vertical debe iniciarse en la etapa de

anteproyecto, donde pueden realizarse los ajustes correspondientes, mediante estudios exhaustivos. El proyectista deberá utilizar planos de trabajo del tamaño y escala que requiera el estudio; generalmente para la planta se utiliza la escala 1:2000 con curvas de nivel a cada dos metros y para el perfil se usan dos escalas, la horizontal 1:2000 y la vertical 1:200. En este último plano, se acostumbra representar en la parte superior el alineamiento horizontal, con el fin de facilitar el estudio de la coordinación entre ambos alineamientos. En esta etapa el proyectista no debe preocuparse por la precisión en sus cálculos; con algunas excepciones, el estudio debe ser en su mayor parte a base de un análisis gráfico, efectuándolo con el auxilio de cerchas o plantillas, teniendo en mente el criterio y especificaciones fijadas sobre todo en lo referente a la velocidad de proyecto, curvatura y pendiente máxima y, como consecuencia, a la distancia de visibilidad. La velocidad de proyecto puede variar en algunos tramos dependiendo de la configuración del terreno y del tipo y volumen del tránsito previsto. Además, las normas generales de diseño que se han citado anteriormente, deben ser consideradas en todos sus aspectos. La coordinación de los alineamientos horizontal y vertical desde el punto de visto de apariencia, puede llevarse a cabo visualmente en los trabajos preliminares, lográndose magníficos resultados cuando son analizados por un proyectista con experiencia, sin menoscabo de que el análisis sea completado con modelos o perspectivas de aquellos lugares donde se tenga duda del efecto de ciertas combinaciones del trazo y perfil.

## 2.6. SECCIONES TRANSVERSALES

### 2.6.1. Definición

La sección transversal de un camino en un punto cualquiera de éste es un corte vertical normal al alineamiento horizontal. Permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman el camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

### 2.6.2. Elementos que integran las Secciones Transversales

- **Corona**

La corona es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del camino, o sean las aristas superiores de los taludes del terraplén y/o las interiores de las cunetas. En la sección transversal está representada por una línea. Los elementos que definen la corona son la rasante, la pendiente transversal, la calzada y los acotamientos.

A) *Rasante*. La rasante es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino. En la sección transversal está representada por un punto.

B) *Pendiente transversal*. Es la pendiente que se da a la corona normal a su eje. Según su relación con los elementos del alineamiento horizontal se presentan tres casos:

1. Bombeo.
2. Sobreelevación.



### 3. Transición del bombeo a la sobreelevación.

1. *Bombeo*. El bombeo es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre el camino. Un bombeo apropiado será aquel que permita un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente, a fin de que el conductor no tenga sensaciones de incomodidad o inseguridad.
2. *Sobreelevación*. La sobreelevación es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal.
3. *Transición del bombeo a la sobreelevación*. En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la corona, desde el bombeo hasta la sobreelevación correspondiente a la curva: este cambio se hace gradualmente en toda la longitud de la espiral de transición. La longitud de la espiral debe ser tal, que permita hacer adecuadamente el camino de pendientes transversales. Cuando la curva circular no tiene espirales de transición, la transición de la sobreelevación puede efectuarse sobre las tangentes contiguas a la curva; sin embargo, esta solución tiene el defecto de que al dar la sobreelevación en las tangentes, se obliga al conductor a mover el volante de su vehículo en sentido contrario al de la curva para no salirse del camino: esta maniobra puede ser molesta y peligrosa, por lo cual se recomienda para este caso, dar parte de la transición en las tangentes y parte sobre la curva circular. Se ha determinado empíricamente que las transiciones pueden introducirse dentro de la curva circular hasta en un cincuenta

por ciento, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede con sobreelevación completa.

C) *Calzada*. La calzada es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos. El ancho de la calzada es variable a lo largo del camino y depende de la focalización de la sección en el alineamiento horizontal y excepcionalmente en el vertical. Normalmente el ancho de calzada se refiere al ancho en tangente del alineamiento horizontal.

D) *Acotamientos*. Los acotamientos son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino.

- **Subcorona**

La subcorona es la superficie que limita a las tercerías y sobre la que se apoyan las capas del pavimento. En sección transversal es una línea.

Los elementos que definen la subcorona y que son básicos para el proyecto de las secciones de construcción del camino, son la subrasante, la pendiente transversal y el ancho.

A) *Subrasante*. La subrasante es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. En la sección transversal es un punto cuya diferencia de elevación con la rasante, está determinada por el espesor del pavimento y cuyo desnivel con respecto al terreno natural, sirve para determinar el espesor de corte o terraplén.

B) *Pendiente Transversal*. La pendiente transversal de la subcorona es la misma que la de la corona, logrando mantener uniforme el espesor del pavimento. Puede ser

bombeo o sobreelevación, según que la sección esté en tangente, en curva o en transición.

- C) *Ancho*. El ancho de subcorona es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte. Este ancho está en función del ancho de corona y del ensanche, siendo el ensanche el sobreaño que se da a cada lado de la subcorona para cada lado de la subcorona para que, con los taludes del proyecto, pueda obtenerse el ancho de corona después de construir las capas de base y sub-base; es función del espesor de base y sub-base, de la pendiente transversal y de los taludes.

- **Cunetas y Contracunetas**

Las cunetas y contracunetas son obras de drenaje que por su naturaleza quedan incluidas en la sección transversal.

- A) *Cunetas*. Las cunetas son zanjas que se construyen en los tramos en corte a uno o a ambos lados de la corona, contiguas a los hombros, con el objeto de recibir en ellas el agua que escurre por la corona y los taludes del corte.

Normalmente, la cuneta tiene sección triangular con un ancho de 1.00 m, medido horizontalmente del hombro de la corona al fondo de la cuneta: su talud es generalmente de 3:1; del fondo de la cuneta parte el talud del corte. La capacidad hidráulica de esta sección puede calcularse con los métodos establecidos y debe estar de acuerdo con la precipitación pluvial de la zona y el área drenada.

Cuando los caminos no se pavimentan inmediatamente después de construidas las terracerías, es necesario proyectar una cuneta provisional para drenar la subcorona.

B) Contracunetas. Generalmente son zanjas de sección trapezoidal, que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural. Se construyen perpendiculares a la pendiente máxima del terreno con el fin de lograr una interceptación eficiente del escurrimiento laminar. Su proyecto en dimensiones y localización está determinado por el escurrimiento posible, por la configuración del terreno y por las características geotécnicas de los materiales que lo forman, pues a veces las contracunetas son perjudiciales si en su longitud ocurren filtraciones que redunden en la inestabilidad de los taludes del corte; en estos casos debe estudiarse la conveniencia de impermeabilizarlas, sustituirlas por bordos o buscar otra solución.

- **Taludes**

El talud es la inclinación del paramento de los cortes o de los terraplenes, expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente. Por extensión, en caminos, se le llama también talud a la superficie que en cortes queda comprendida entre la línea de ceros y el fondo de la cuneta; y en terraplenes, la que queda comprendida entre la línea de ceros y el hombro correspondiente.

Los taludes de los cortes y terraplenes se fijan de acuerdo con su altura y la naturaleza del material que los forman.

En terraplenes, dado el control que se tiene en la extracción y colocación del material que forma el talud, el valor comúnmente empleado para este es de 1.5. en los cortes, debido a la gran variedad en el tipo y disposición de los materiales, es indispensable un estudio, por somero que sea, para definir los taludes en cada caso.

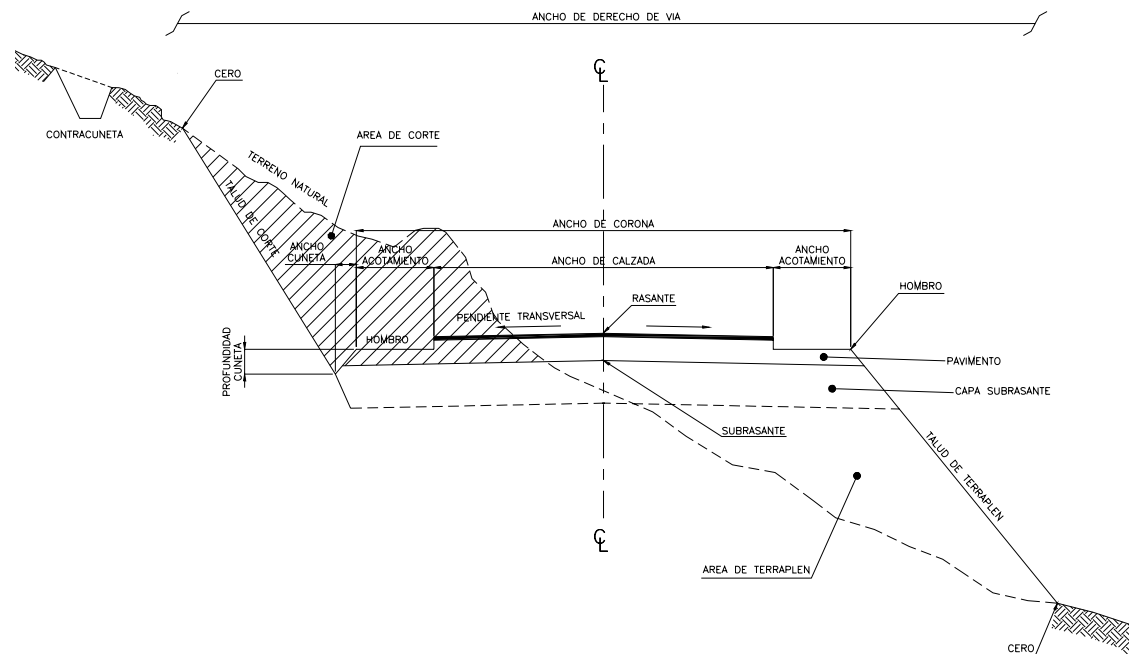


Figura II.11 Sección Transversal Típica en una Tangente del Alineamiento Horizontal

- **Partes complementarias**

Bajo esta denominación se incluyen aquellos elementos de la sección transversal que concurren ocasionalmente y con los cuales se trata de mejorar la operación y conservación del camino. Tales elementos son las guarniciones, bordillos, banquetas o aceras y fajas separadoras. Las defensas y los dispositivos para el control del tránsito también pueden considerarse como parte de la sección transversal.

A) *Guarniciones y bordillos*. Las guarniciones son elementos parcialmente enterrados, comúnmente de concreto hidráulico que se emplean principalmente para limitar las banquetas, camellones, isletas y delinear la orilla del pavimento. El tipo y ubicación de las guarniciones influye en las reacciones del conductor y, por tanto, en la seguridad y utilidad del camino. Los bordillos se usan extensamente en las

carreteras urbanas y suburbanas, siendo su uso muy limitado, más bien nulo, en las carreteras rurales. En la Figura II-12 se puede apreciar una ilustración de un bordillo.

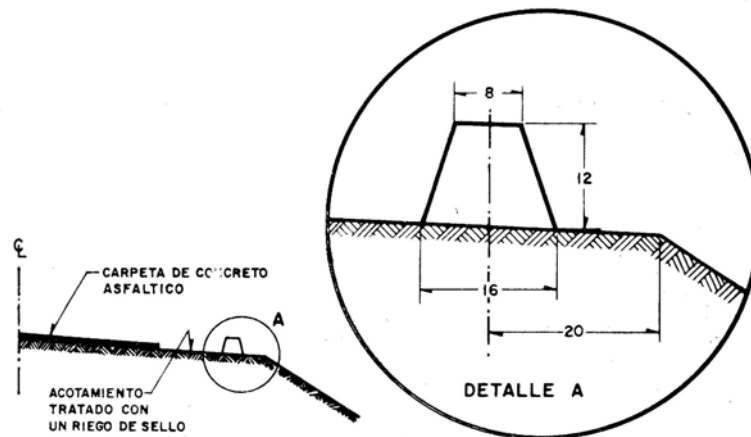


Figura II.12 Bordillo

B) *Banquetas*. Las banquetas son fajas destinadas a la circulación de peatones, ubicadas a un nivel superior al de la corona y a uno o a ambos lados de ella. En zonas urbanas y suburbanas, la banqueta es parte integrante de la calle; en caminos rara vez son necesarias. La justificación del proyecto de banquetas depende del peligro a que estén sujetos los peatones en caso de no haberlas, lo que a su vez esta gobernado por la circulación horaria de peatones y el volumen y la velocidad de transito. Cuando la circularon de peatones es eventual no es necesario construir banquetas.

C) *Fajas separadoras y camellones*. Se llaman fajas separadoras a las zonas que se disponen para dividir unos carriles de transito de otros de sentido opuesto, o bien para dividir carriles del mismo sentido pero de diferente naturaleza. Cuando a estas fajas se les construyen guarniciones laterales y entre ellas se coloca material para obtener un nivel superior al de la calzada, toman el nombre de camellones, que

igualmente pueden ser centrales o laterales; su anchura es variable dependiendo del costo del derecho de vía y de las necesidades del tránsito.

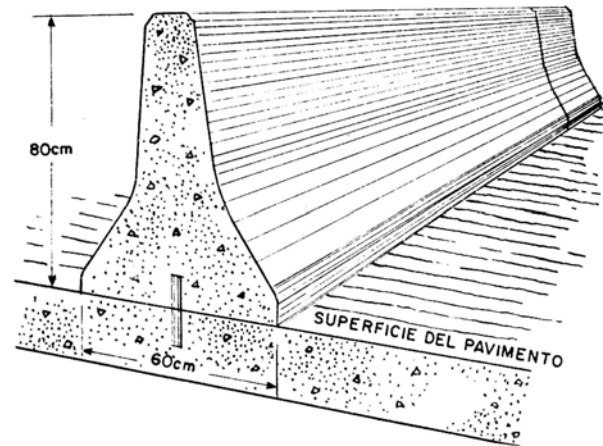


Figura II.13 Faja Separadora.

Las medidas indicadas en la Ilustración pueden variar, dependiendo del tipo e importancia de la vía

- **Derecho de vía**

El derecho de vía de una carretera es la faja que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección y en general, para el uso adecuado de esa vía y de sus servicios auxiliares. Su ancho será el requerido para satisfacer esas necesidades.

En general, conviene que el ancho de derecho de vía sea uniforme, pero habrá casos en que para alojar intersecciones, bancos de materiales, taludes de corte o terraplén y servicios auxiliares, se requiera disponer de un mayor ancho.

## 2.7. ESTABILIZACION DE TALUDES

El objetivo principal de un estudio de estabilidad de taludes es establecer medidas de prevención y control para reducir los niveles de amenaza y riesgo. La eliminación total de los problemas no es posible mediante métodos preventivos en todos los casos, por esto se requiere establecer medidas de control para la estabilización de taludes susceptibles de sufrir deslizamientos.

### 2.7.1. Métodos para disminuir o eliminar el riesgo

Después de estudiar el talud, definir los niveles de amenaza y riesgo, el mecanismo de falla y analizar los factores de equilibrio, se procede a diseñar el sistema de prevención, control, o, estabilización.

- **Métodos de Prevención de la Amenaza o el Riesgo:**

- **Políticas de disuasión:** programas de información pública, negación de los servicios públicos, Impuestos, entre otros.
- **Regulación del uso de la tierra:** el Estado puede prohibir usos específicos u operaciones que puedan causar falla de taludes, tales como la construcción e carreteras, edificios, etc.
- **Códigos técnicos:** elaboración de códigos específicos para el manejo de taludes, en los que se especifican los parámetros técnicos para el diseño y construcción de obras de estabilización.
- **Medidas físicas:** pueden ser drenajes, modificación de la geometría, etc.
- **Aviso y alarma:** las áreas propensas a deslizamientos pueden instrumentarse para prevenir o avisar sobre la ocurrencia de un fenómeno y pueden establecer



programas de información a la comunidad que consisten en sistemas de monitoreo y alarma.

- **Métodos de Elusión de Amenazas de Deslizamientos**

- **Variantes o re-localización del proyecto:** en muchas ocasiones puede resultar mas ventajoso modificar el proyecto para evitar la zona problema.
- **Remoción total de deslizamientos:** es conveniente cuando se trata de volúmenes pequeños de excavación. La remoción de los deslizamientos puede producir nuevos movimientos.
- **Remoción parcial de materiales inestables:** recomendable cuando los suelos subsuperficiales tienen espesores no muy grandes. Cuando el nivel freático se encuentra subsuperficial se dificulta la excavación.
- **Modificación del nivel de la subrasante:** es mas efectivo y económico modificar las características del diseño, que construir obras de estabilización.
- **Puentes o viaductos sobre los materiales inestables:** recomendable en terrenos montañosos de alta pendiente donde las excavaciones generarían taludes demasiado altos.
- Previamente a la aplicación de un método de elusión debe estudiarse la posibilidad de aplicación de sistemas de estabilización en los aspectos técnicos y económicos. La presencia de deslizamientos de gran magnitud difíciles de estabilizar es un argumento de gran peso para sustentar un proceso de elusión.

### 2.7.2. Estructuras de control de masas en movimiento

Los factores mas importantes a tener en cuenta en el diseño de estas estructuras son los siguientes:

- Trayectoria de los deslizamientos
- Velocidad
- Energía de impacto
- Volumen total de acumulación

De acuerdo a estas características, se pueden diseñar varios tipos de obras, así:

- **Bermas en el talud:** el diseño de bermas anchas puede ser muy útil para ciertos casos de caídas, especialmente en residuos de roca.
- **Trincheras:** estas obras en el pie del talud pueden impedir que la roca afecte la calzada de una vía y representa una solución muy efectiva cuando existe espacio adecuado para su construcción. El ancho y la profundidad de las trincheras está relacionado con la altura y pendiente del talud.
- **Barreras de retención:** Producen un espacio o trinchera en el pie del talud que impide el paso del caído. Pueden ser de roca, suelo, tierra armada, muros de concreto, pilotes, gaviones, bloques de concreto o cercas. Las características y dimensiones de las barreras dependen de la energía de los caídos.
- **Cubiertas de protección:** consisten en estructuras de concreto armado, inclinadas a una determinada pendiente para permitir el paso de los caídos, flujos o avalanchas sobre ellas. Recomendables cuando existe la amenaza de caídos de roca en taludes de alta pendiente.

### 2.7.3. Estabilización del talud

La estabilización del talud comprende los siguientes factores:

1. Determinar el sistema o combinación de sistemas de estabilización mas apropiados, según las características del talud.
2. Diseñar en detalle el sistema a emplear, incluyendo planos y especificaciones de diseño.
3. Instrumentación y control durante y después de la estabilización.

Los sistemas de estabilización se pueden clasificar en 5 categorías:

#### 1. Conformación del Talud o Ladera

Sistemas que tienden a lograr un equilibrio de masas, reduciendo las fuerzas que producen movimiento, mediante conformación topográfica.

Estos métodos son:

- **Remoción de materiales de la cabeza del talud:** la cantidad de material que se requiere remover depende del tamaño y características del movimiento y de la geotecnia del sitio. Muy efectivo en la estabilización de deslizamientos rotacionales.
- **Abatimiento de la pendiente:** al disminuir la pendiente del talud, el círculo de falla se hace mas largo y mas profundo, aumentando así el factor de seguridad. No es viable en taludes de gran altura.
- **Terraceo de la superficie:** la construcción de terrazas en la parte alta de un deslizamiento de rotación tiende a reducir el momento actuante y controlar el movimiento. Si el proceso se hace en la parte inferior se puede lograr el proceso

inverso de disminuir el factor de seguridad. El efecto es el de disminuir las fuerzas actuantes, en la zona mas critica para la generación de momentos desestabilizantes. En esta forma el círculo critico de falla se hace mas profundo y más largo aumentándose el factor de seguridad.

## **2. Recubrimiento de la Superficie.**

Métodos que tratan de impedir la infiltración debido a la lluvia y mantener el suelo parcialmente seco. El recubrimiento puede ser con impermeabilizantes como el concreto o elementos que refuercen la estructura superficial del suelo como la cobertura vegetal.

Estos métodos son:

- **Recubrimiento de la superficie del talud:** puede ser con concreto lanzado, suelo cemento, mampostería, Rip-Rap. El concreto lanzado es una mezcla de cemento y agregados, los cuales se pueden colocar en seco o por vía húmeda. El recubrimiento en suelo cemento puede mejorar las condiciones de permeabilidad del talud, disminuyendo así la infiltración. La mampostería consiste en bloques de concreto o en piedra pegada con concreto o mortero. El Rip-Rap consiste en colocar sobre la superficie del talud piedra suelta una sobre otra con el fin de proteger contra la erosión.
- **Conformación de la superficie:** Puede mejorar las condiciones del drenaje superficial y facilitar el control de erosión.
- **Sellado de grietas superficiales:** Disminuye la infiltración de agua. Las grietas pueden abrirse nuevamente, se requiere mantenimiento.

- **Sellado de juntas y discontinuidades:** disminuye la infiltración de agua y presiones de poro en las discontinuidades.
- **Cobertura vegetal:** representa una alternativa ambientalmente excelente.

### 3. Control de Agua Superficial y Subterránea.

Sistemas que controlan al agua y sus efectos, disminuyendo fuerzas que producen movimiento y/o aumentando las fuerzas resistentes.

Estos métodos son:

- **Canales superficiales para control de escorrentía:** se recomienda construirlos como obra complementaria.
- **Subdrenes de zanja:** muy efectivos para estabilizar deslizamientos poco profundos en suelos saturados subsuperficialmente. Poco efectivos para deslizamientos profundos o con nivel freático profundo.
- **Subdrenes horizontales de penetración:** efectivos para controlar aguas subterráneas. Se requieren equipos especiales de perforación y su costo puede ser alto.
- **Galerías o túneles de subdrenaje:** recomendables para estabilizar deslizamientos profundos en formaciones con permeabilidad significativa y aguas subterráneas. Muy costoso.
- **Pozos profundos de subdrenaje:** útiles en deslizamientos profundos con aguas subterráneas. Efectivos para excavaciones no permanentes.

#### 4. Estructuras de Contención.

Métodos en que se colocan fuerzas externas al movimiento aumentando las fuerzas resistentes, sin disminuir las actuantes.

Estos son:

- **Relleno o berma de roca o suelo en la base del deslizamiento:** efectivos en deslizamientos no muy grandes.
- **Muros de contención:** útiles para estabilizar masas pequeñas. Requieren buena cimentación y son poco efectivos en taludes de gran altura.
- **Pilotes:** efectivos en movimientos poco profundos. El suelo debajo de la superficie de falla debe ser competente para permitir el hincado y soporte de los pilotes.
- **Anclajes o pernos:** efectivos en roca, especialmente cuando es estratificada. Los equipos necesarios, son costosos.
- **Pantallas ancladas:** útiles como estructuras de contención de masas de tamaño pequeño a mediano.

#### 5. Mejoramiento del Suelo

Métodos que aumentan la resistencia del suelo. Incluyen procesos físicos y químicos que aumentan la cohesión y/o la fricción de la mezcla suelo-producto estabilizante o del suelo modificado.

Estos son:

- **Inyecciones o uso de químicos:** método utilizado para mejorar la resistencia o reducir la permeabilidad de macizos rocosos y en ocasiones de suelos permeables. Los mas usados son el cemento y la cal, ya sea en forma de inyección o colocándolo en perforaciones sobre la superficie de falla. Generalmente, las inyecciones de cemento o de cal se utilizan en suelos gruesos o en fisuras abiertas y los productos químicos en materiales menos permeables.
- **Magmaficación:** consiste en fundir el suelo a temperaturas de cristalización de mas de 5.000°C, produciéndose un magma artificial, el cual se enfría y cristaliza posteriormente para convertirse en roca.
- **Congelación:** consiste en disminuir la temperatura del terreno en tal forma que el agua se convierte en hielo, lo cual equivale a que se aumenta la resistencia del material. El suelo congelado conforma una especie de pared provisional que permite la excavación.
- **Calcinación o Tratamiento Térmico:** tratamiento con altas temperaturas, que calcinan el suelo. El suelo se endurece a altas temperaturas debido a que a temperaturas superiores a los 400°C ocurren cambios en la estructura cristalina de los minerales de arcilla. Estos cambios son irreversibles y producen modificaciones sustanciales en las propiedades físicas de los suelos. Una de las propiedades que más se afecta es el índice plástico, el cual disminuye drásticamente. De igual forma la capacidad de absorción de agua, la expansividad y la compresibilidad disminuyen.
- **Explosivos:** consiste en producir la licuación de los suelos en un volumen semiesférico de suelo alrededor de cada punto de explosión y así generar

compactación. En taludes con factores de seguridad muy bajos, la compactación con explosivos puede producir la falla del talud. Se utilizan cargas de explosivos relativamente pequeñas a espaciamientos entre 3 y 7.5 metros, con explosiones repetitivas

- **Compactación Profunda o incremento de la densidad del suelo:** se puede lograr utilizando alguno de los siguientes procedimientos:

- Pilotes de compactación: la compactación se logra por desplazamiento del suelo al hincar el pilote, retirarlo y al mismo tiempo rellenar el espacio desplazado con material de suelo.

- Vibrocompactación profunda: el vibroflotador penetra el suelo por su propio peso. Al penetrar el equipo vibra con amplitudes grandes produciendo un desplazamiento horizontal de los materiales.

El espacio vacío generado por la vibración se va rellenando con arena o grava. Este método es muy efectivo, es uno de los mejores sistemas de compactación a grandes profundidades y su principal problema es la poca disponibilidad que se tiene de estos equipos en América Latina.

- Columnas de piedra o grava: se hacen penetrar en el suelo cantos o partículas gruesas de grava. Las columnas de piedra pueden utilizarse para estabilizar o prevenir deslizamientos, debido a que éstas aumentan la resistencia del suelo y mejoran el drenaje de aguas subterráneas.

Generalmente en la estabilización de deslizamientos se emplean sistemas combinados que incluyen dos o más tipos de control.



## ESCOGENCIA DEL FACTOR DE SEGURIDAD

Para diseñar el talud puede considerarse como una guía, el seleccionar el factor de seguridad según los siguientes criterios<sup>5</sup>:

Caso	Factor de Seguridad
Posibilidad de pérdida de vidas humanas al fallar el talud	1.7
La falla puede producir la pérdida de mas del 30% de la inversión	1.5
Se pueden producir pérdidas económicas no muy importantes	1.3
La falla del talud no causa daños	1.2

## 2.8. VOLUMEN DE TERRACERIA

### 2.8.1. Definición

Se entiende por volumen de terracería, al volumen de material que hay que cortar o terraplenar para formar el camino hasta la subcorona. La diferencia de cotas entre el terreno natural y la subcorona, define los espesores de corte o terraplén en cada punto de la sección. A los puntos intermedios en donde esa diferencia es nula, se les llama puntos de paso y a los puntos en un tramo del camino, línea de paso. A los puntos extremos de la sección donde los taludes cortan al terreno natural, se les llama ceros y a las líneas que los unen a lo largo del camino, líneas de ceros.

<sup>5</sup>PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA Mecánica de Suelos Aplicada, Mayo de 2002

### **2.8.2. Volúmenes y Movimiento de Terracerías**

Para lograr la aproximación debida en el cálculo de los volúmenes de tierra, es necesario obtener la elevación de la subrasante tanto en las estaciones cerradas como en las intermedias en que se acusan cambios en la pendiente del terreno. Asimismo, es conveniente calcular la elevación de los puntos principales de las curvas horizontales, en los que la sección transversal sufre un cambio motivado por la sobreelevación y la ampliación.

Obtenida la elevación de la subrasante para cada una de las estaciones consideradas en el proyecto, se determina el espesor correspondiente dado por la diferencia que existe entre las elevaciones del terreno y de la subrasante. Este espesor se considera en la sección transversal del terreno previamente dibujada, precediéndose al proyecto de la sección de construcción.

El cálculo de los volúmenes se hace con base en las áreas medidas en las secciones de construcción y los movimientos de los materiales se analizan mediante un diagrama llamado de curva masa.

### **2.8.3. Secciones de construcción**

Se llama así a la representación gráfica de las secciones transversales, que contienen tanto los datos propios del diseño geométrico, como los correspondientes al empleo y tratamiento de los materiales que formarán las terracerías, véase Figuras II.14 y II.15.

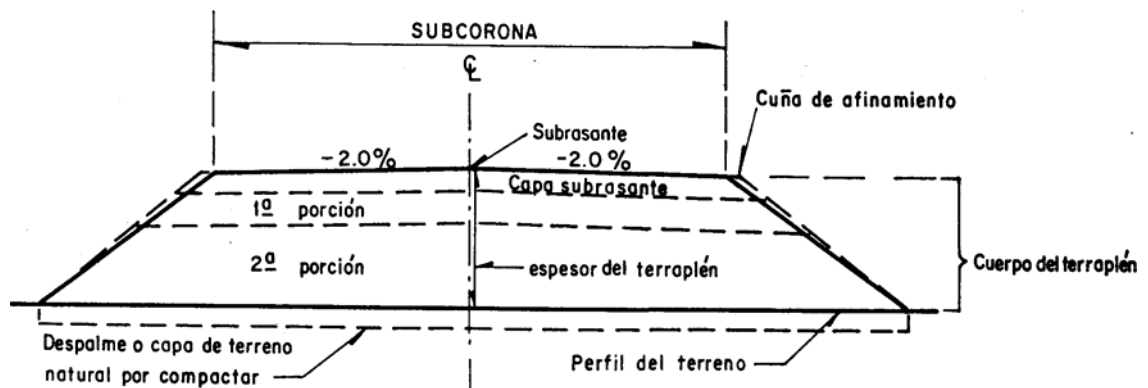


Figura II.14 Sección de Construcción de un Terraplén en Tangente

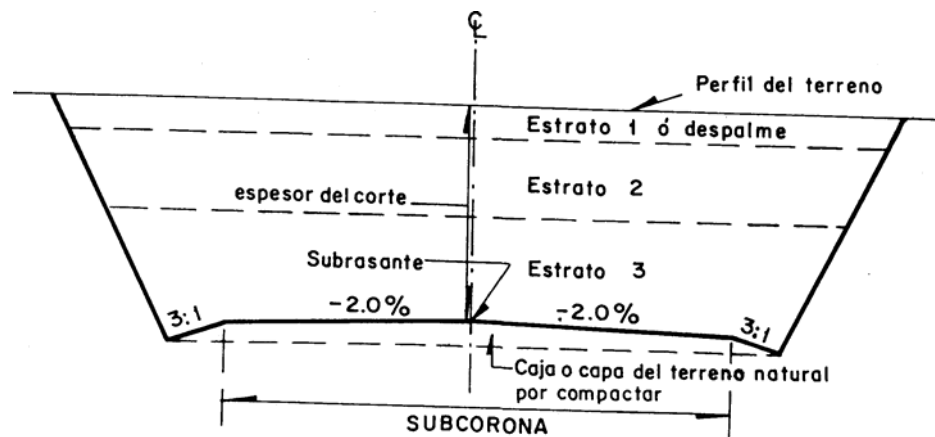


Figura II.15 Sección de Construcción de un Corte en Tangente

Los elementos y conceptos que determinan el proyecto de una sección de construcción, pueden separarse en dos grupos claramente definidos:

A) Los propios del diseño geométrico.

- ❖ Espesor de corte o de terraplén
- ❖ Ancho de corona
- ❖ Ancho de calzada
- ❖ Ancho de acotamiento
- ❖ Pendiente transversal

- ❖ Ampliación en curvas
- ❖ Longitud de transición
- ❖ Espesor de pavimento
- ❖ Ancho de subcorona
- ❖ Talud de corte o de terraplén
- ❖ Dimensiones de las cunetas

B) Los impuestos por el procedimiento a que debe sujetarse la construcción de las terracerías.

- Despalme. Es la remoción de la capa superficial del terreno natural que, por sus características no es adecuada para la construcción; ya sea que se trate de zonas de cortes, de áreas destinadas para el desplante de terraplenes o de zonas de préstamo. Ver figuras II.14 y II.15
- Compactación del terreno natural. Es la que se da al material del terreno sobre el que se desplantará un terraplén o al que quede debajo de la subcorona o de la capa subrasante en un corte, para proporcionarle a ese material el peso volumétrico requerido. Ver figuras II.14 y II.15
- Escalón de liga. Es el que se forma en el área de desplante de un terraplén, cuando la pendiente transversal del terreno es poco menor que la inclinación del talud. Ver figura II.16
- Cuerpo del terraplén. Se llama así a la parte del terraplén que queda debajo de la subcorona. Está formado por una o más porciones según sea la elevación del terraplén, las características de los materiales y el tratamiento que se les dé.

Figura II.14

- Capa subrasante. Es la porción subyacente a la subcorona, tanto en corte como en terraplén. Su espesor es comúnmente de 30 cm y esta formada por suelos seleccionados para soportar las cargas que le trasmite el pavimento. Figura II.14
- Cuña de afinamiento. Es el aumento lateral que se le da a un talud de terraplén, para lograr la compactación debida en las partes contiguas a él. Es de forma triangular, comúnmente de 20 cm. de ancho en su parte superior a l nivel del hombro de la subcorona, y termina en la línea de ceros del talud o en el lecho superior de la porción inferir, si ésta es de material no compactable. Esta cuña debe recortarse en el afinamiento final. Figura II.14
- Muro de retención. Cuando la línea de ceros del terraplén no llega al terreno natural es necesario construir muros de retención, cuya ubicación y altura estarán dadas como resultado de un estudio económico. Ver figura II.17
- Berma. En un terraplén está formada por el material que se colocó adosado a su talud, a fin de darle mayor estabilidad al terraplén. En corte, es un escalón que se hace recortando el talud, con el objeto de darle mayor estabilidad y de detener en él al material que se pueda desprender, evitando así que llegue hasta la corona del camino. Figura II.17
- Estratos en cortes. Así se designan a las diferentes capas que aparecen en un corte, cuando cada una de ellas está formada por material de distintas características de las demás. Figura II.17
- Caja en corte. Es la excavación del material subyacente a la subcorona, inadecuado para formar la capa subrasante. Este material debe ser substituido por otro de características apropiadas. Figura II.15

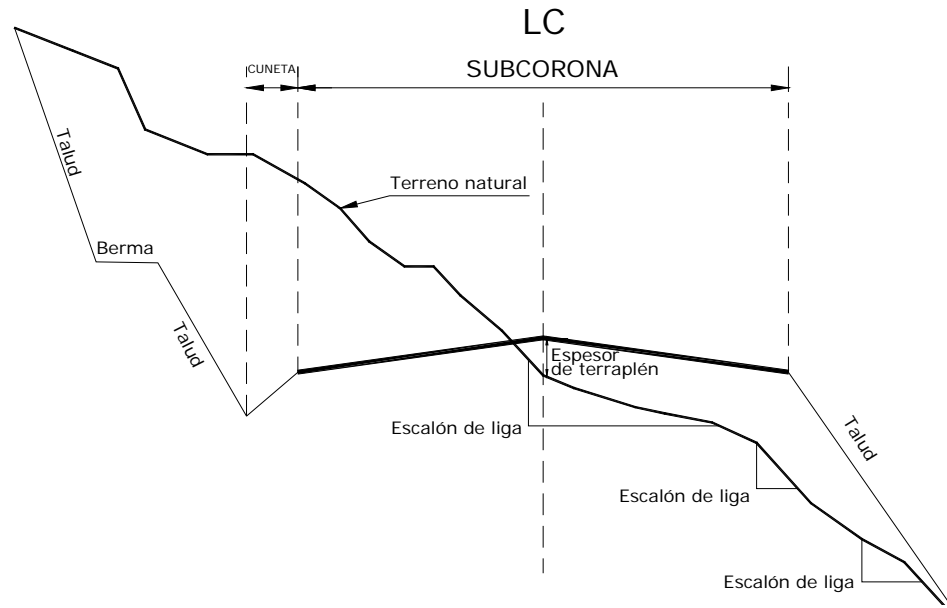


Figura II.16 Escalón de Liga

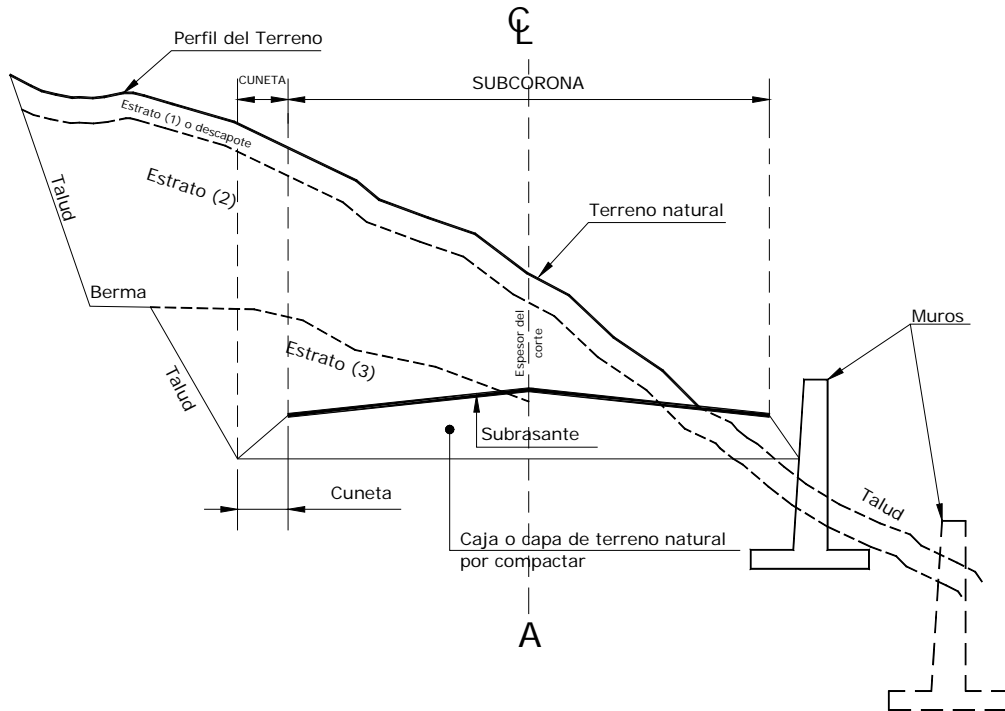


Figura II.17 Muros y Bermas

#### **2.8.4. Movimiento de Terracerías.**

Los volúmenes, ya sean de corte o de relleno, deben ser transportados para formar los terraplenes; sin embargo, en algunos casos, parte de los volúmenes de corte deben desperdiciarse, para lo cual se transportan a lugares convenientes fuera del camino.

Para determinar todos estos movimientos de terracerías y obtener su costo mínimo, el diagrama de masas es el instrumento con que cuenta el proyectista. El diagrama de masas es la curva resultante de unir todo los puntos dados por las ordenadas de curva masa, correspondiendo las abscisas al cadenamiento del camino. Ver figura II.18

#### **PROPIEDADES DEL DIAGRAMA DE MASAS.**

En la figura II.18, se representa el diagrama de masas ABCDEFG correspondiente a los volúmenes de terracería a mover, al ubicar la subrasante aceg en el perfil abcdefg del terreno.

- ✓ El diagrama es ascendente cuando predominan los volúmenes de corte sobre los de terraplén y descendente en caso contrario. Figura II.18
- ✓ Cuando después de un tramo ascendente en el que predominan los volúmenes de corte, se llega a un punto del diagrama en el cual empiezan a preponderar los volúmenes de terraplén, se dice que se forma un máximo; inversamente, cuando después de un tramo descendente en el cual han sido mayores los volúmenes de terraplén se llega a un punto en que comienzan a prevalecer los volúmenes de corte, se dice que se forma un mínimo. Figura II.18

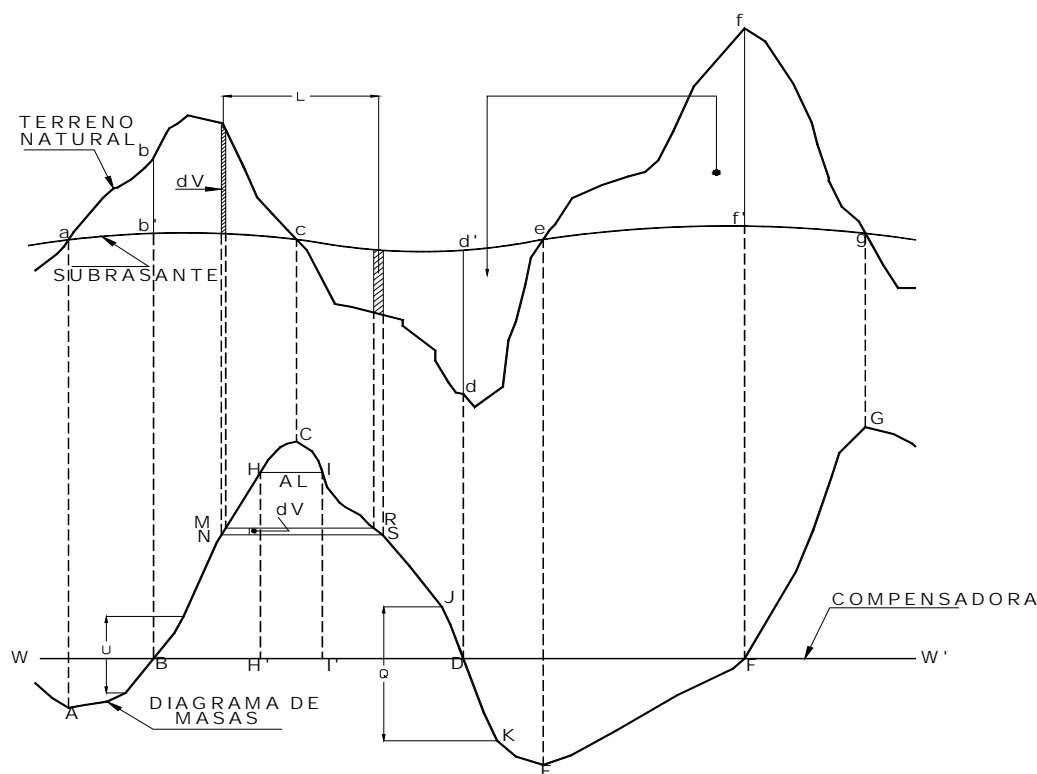
- ✓ La diferencia entre las ordenadas de la curva masa, en dos puntos cualesquiera, expresa un volumen que es igual a la suma algebraica de todos los volúmenes de corte, positivos, con todos los volúmenes de terraplén, negativos, comprendidos en el tramo limitado por esos dos puntos. Figura II.18
- ✓ Si en un diagrama de masas se dibuja una línea horizontal en tal forma que lo corte en dos puntos consecutivos, estos tendrán la misma ordenada y por consecuencia, en el tramo comprendido entre ellos serán iguales los volúmenes de corte y los volúmenes de terraplén, o sea que estos dos puntos son los extremos de un tramo compensado. Esta línea horizontal se llama compensadora. La distancia entre los dos puntos se llama abertura del diagrama y es la distancia máxima de acarreo al llevar el material del corte al terraplén.

En la figura II.18 la horizontal BD es una compensadora, pues la línea BC representa los volúmenes del corte  $bcb'$  que son iguales a los volúmenes del terraplén  $cdd'$  representados por la línea CD del diagrama. La abertura BD es la distancia máxima de acarreo al transportar el volumen del corte  $b'bc$  al terraplén  $cdd'$ .

- ✓ Cuando en un tramo compensado el contorno cerrado que origina el diagrama de masas y la compensadora  $WW'$  queda arriba de ésta, el sentido del acarreo es hacia adelante; contrariamente, cuando el contorno cerrado queda debajo de la compensadora, el sentido del movimiento es hacia atrás. Así, en el diagrama,



el contorno cerrado BCDB indica un movimiento hacia adelante por estar encima de la compensadora  $WW'$ , pues el volumen BC del corte  $bc$  será llevado al terraplén  $cd$  que está adelante. En cambio el contorno cerrado DEFD que está debajo de la compensadora  $WW'$  indica que el volumen EF del corte  $ef$  será llevado al terraplén  $ed$  mediante un acarreo cuyo sentido es hacia atrás.



**Figura II.18 Propiedades de Curva Masa**

- ✓ Las áreas de los contornos cerrados comprendidos entre el diagrama y la compensadora, representan los acarrees. Si en el corte  $bc$  se toma un volumen elemental  $dV$ , que está representado en el diagrama de masas por el segmento  $MN$ , que será transportado a una distancia  $L$ , para ser colocado en el segmento

RS del terraplén, el acarreo elemental será  $dV \times L$  que es precisamente el área del trapecio elemental MNSR; por lo tanto, la suma de todas las áreas de los trapecios elementales, representativos de acarreos elementales, será el área de contorno cerrado BCDB, que representará el monto del acarreo total. Así pues, si se tiene un contorno cerrado formado por el diagrama de masas y por una compensadora, bastará con determinar el área de él, para que, considerando las escalas respectivas, se encuentre el valor del acarreo total.

#### **DETERMINACION DE LA RASANTE ECONOMICA.**

En el caso de la determinación de la subrasante económica, es preciso conocer el precio unitario de cada uno de los conceptos que comprenden los movimientos de terracerías, para que al multiplicarlo por el volumen de obra respectivo, se obtenga la erogación correspondiente a cada uno de esos conceptos y se concluya si la subrasante así obtenida es realmente la más económica.

Como no es posible precisar los precios unitarios hasta que no se ha concluido la obra, se recurre para los proyectos, al empleo de precios unitarios determinados para casos semejantes.

Las bases de contratación para cada obra indican los conceptos que integran cada uno de los precios unitarios a determinar. La evolución de las técnicas y equipos de construcción origina cambios continuos en la integración de precios unitarios, por lo que no es posible describir una forma estricta a seguir para la determinación de la rasante económica. Puede decirse que la subrasante que se

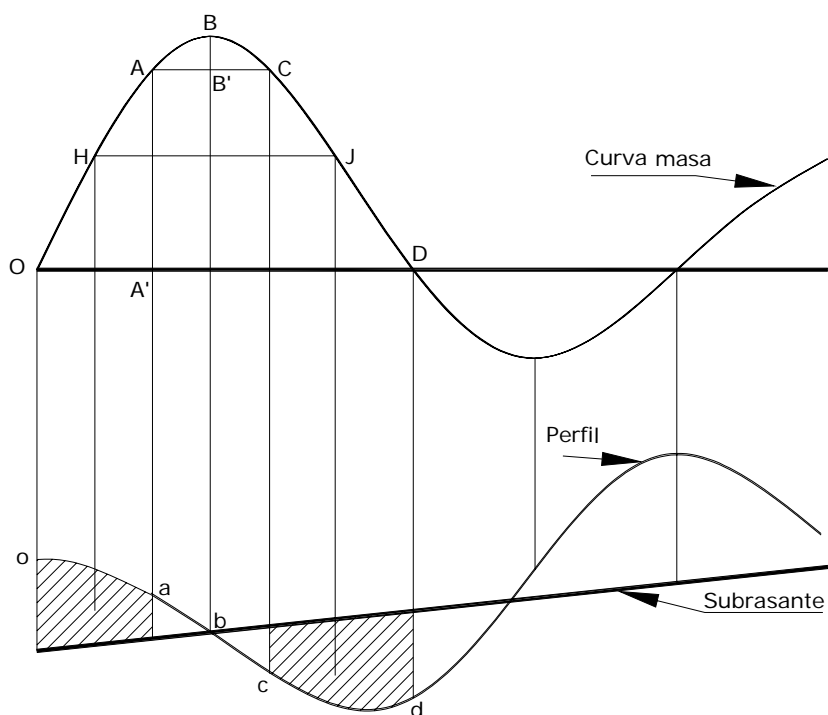
determine, se acercará a la económica, en la misma forma que los precios unitarios supuestos para el proyecto, se acerquen a los precios unitarios de la obra.

### **DETERMINACION DE LOS ACARREOS.**

La determinación de los acarreos se hace realizando un estudio de los acarreos con base en el diagrama de masas.

- Acarreo libre. Es la distancia máxima a la que puede ser transportado un material, estando el precio de esta operación incluido en el de la excavación. En consecuencia, para no encarecer el precio de la excavación, el acarreo libre debe ser a la mínima distancia requerida por el equipo que lleva a cabo la extracción, carga y descarga del material.
- Distancia media de sobreacarreo. Para poder cuantificar los movimientos de terracerías, es necesario establecer la distancia de sobreacarreo y la porción del volumen que hay que transportar más allá del límite establecido por el acarreo libre. Como puede verse en la figura II.19, la distancia de acarreo libre es la horizontal que corta a la curva en los puntos A y C. el volumen de este material viene dado por la diferencia de ordenadas entre la recta AC y el punto B, es una medida del volumen de corte entre  $a$  y  $b$ , que forma el terraplén entre  $a$  y  $c$ . Considerando ahora el volumen sobre la línea de compensación OD. El estudio de la curva masa y del perfil correspondiente, muestra que el corte de  $o$  a  $b$  formará el terraplén de  $b$  a  $d$ . como el material que queda por encima de la compensadora AC está incluido en el límite de acarreo libre, la otra parte entre las líneas OD y AC que se mide por la ordenada A'A está sujeta a un transporte adicional o sobreacarreo. Esto es, el volumen comprendido entre  $o$  y  $a$  debe ser sobreacarreado para formar el terraplén entre  $c$  y  $d$ .

- La distancia media de sobreacarreo se obtiene con base en la propiedad de la curva masa que dice que las áreas de los contornos cerrados comprendidos entre el diagrama y la compensadora, representan el monto de los acarrees, es decir, un volumen por una distancia. Si el área de estas figuras se divide entre la ordenada de las mismas, que representa un volumen, se obtendrá como resultado una distancia, que restándole el acarreo libre, dará la distancia media de sobreacarreo. Así por ejemplo, el área de contorno cerrado OACDO dividida entre la ordenada A'A daría como resultado la distancia HJ, a la cual habrá que restarle la distancia de acarreo libre AC para obtener la distancia media de sobreacarreo.



**Figura II.19 Distancia Media de Sobreacarreo**

## **POSICION ECONOMICA DE LA COMPENSADORA**

En un tramo, la compensadora que corta el mayor número de veces al diagrama de masas y que produce los movimientos de terracerías más económicos, recibe el nombre de compensadora general.

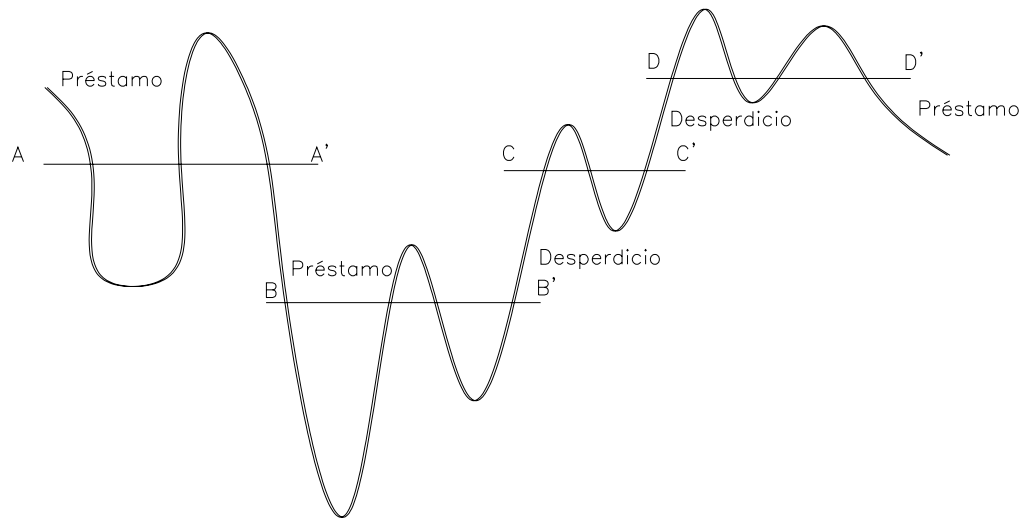
Es conveniente obtener una sola compensadora general para un tramo de gran longitud; sin embargo, la economía buscada obliga la mayor parte de las veces, a que la compensadora no sea una línea continua, sino que debe interrumpirse en ciertos puntos para reiniciarla en otros situados arriba o debajo de la anterior, lo que origina tramos que no están compensados longitudinalmente y cuyos volúmenes son la diferencia de las ordenadas de las compensadoras.

En la figura II.20 se tienen las compensadoras generales AA', BB', CC' y DD', que no forman una sola línea continua. La compensadora BB' origina un préstamo entre ella y la AA' por estar localizada debajo de ésta. La compensadora CC' ocasiona un desperdicio entre ella y la BB' por estar arriba de ésta, así como la compensadora DD' origina otro desperdicio por estar arriba de la CC'.

Generalmente, los préstamos se originan por exceso de volumen de terraplén y los desperdicios por exceso de volumen de corte, pero pueden coexistir préstamos y desperdicios, cuando la suma de los costos del acarreo del material excavado al llevarlo al terraplén y de la compactación requerida, sea mayor que la suma de los costos de excavación, de acarreo y de compactación del material producto de préstamo y del acarreo del desperdicio, o bien, cuando el material de corte no deba emplearse en la construcción del camino..

En el estudio de la compensación longitudinal se presentan cuatro casos, dependiendo de la ubicación de la compensadora general. Como se aprecia en la figura

II.20 la compensadora puede quedar ubicada entre préstamos como la AA'; entre préstamo y desperdicio como la BB'; entre desperdicios como la CC' y entre desperdicio y préstamo como da DD'.



**Figura II.20 Préstamos y Desperdicios**

Cuando dentro de un movimiento ocasionado por la compensadora general, existen otros máximos y mínimos que dan lugar a otra serie de movimientos adicionales, es necesario utilizar una compensadora auxiliar que haga mínimo el costo de los sobrecarros en esos movimientos.

## **2.9. DRENAJE SUPERFICIAL**

El drenaje es el conjunto de obras civiles destinadas a proteger al pavimento de la acción destructiva del agua. La presencia de agua dentro del pavimento y de la zona adyacente, se debe principalmente a la precipitación en el área de influencia de la vía,

al derretimiento del hielo, en zonas de nevada, y a la absorción de humedad desde el nivel freático por vasos capilares.

### **2.9.1. Efectos del agua sobre la calzada**

El agua sin control afecta adversamente el comportamiento y funcionamiento de los pavimentos, erosionándolos superficialmente, si la escorrentía es fuerte, ó disminuyéndoles su capacidad de soporte y con ello su capacidad estructural si llega a las capas inferiores.

El agua superficial tiene tres efectos sobre los pavimentos. Un efecto se relaciona con la seguridad en la circulación de los vehículos, ya que se pierde el contacto entre llantas y la superficie, haciendo peligrosa la conducción; este fenómeno se le conoce como hidropneumático, otro efecto está relacionado con la erosión que genera el flujo de agua en la carpeta del pavimento y en los taludes de la sección vial. Otra acción que provoca el agua, es que puede atacar químicamente los materiales constitutivos de la capa de rodadura, como en el caso de los pavimentos de concreto asfáltico que pueden sufrir oxidación.

El agua interior ó que penetra al interior de un pavimento, afecta directamente su capacidad estructural, por que puede reducir tanto la cohesión aparente en los materiales fino granulares, lo que está relacionado con menores fuerzas capilares, como la fuerza de fricción en los materiales grueso granulares, al lubricar las superficies de contacto de los materiales. Cuando el agua está presente en la base ó en la sub-base del pavimento, impide que estas absorban la totalidad de los esfuerzos que les

corresponden, transmitiéndose a la subrasante solicitaciones mayores de las esperadas.

## **2.9.2. Hidrología**

### **Conceptos generales**

Erosión:

Desmoronamiento producido en los terraplenes por la acción de los agentes externos, especialmente el agua. La interrupción del flujo de agua con la obra vial, provoca la erosión en la misma si no se prevén obras adecuadas para conducirla y evacuarla. Las obras que cumplen esta función son:

- a - Alcantarillas: Conductos que llevan agua a través de un terraplén, son un paso a nivel para el agua y el tráfico que pasa sobre ella, permitiendo el movimiento transversal del flujo de agua que desciende desde las laderas contiguas al camino. A diferencia de los puentes la plataforma superior de las alcantarillas no forma parte de la estructura del pavimento.
  
- b - Zanjas: Colocadas a los lados de una carretera o en la faja intermedia de una vía dividida, se definen como canales abiertos que sirven para interceptar el agua superficial que proviene de la calzada y de los taludes, cuando existe desmonte.



- c - Cunetas : Son las encargadas de recoger el agua que se acumula sobre la calzada por las lluvias y por el deshielo. Cuando las cuencas que drenan hacia el camino no son importantes, no se justifica construir una alcantarilla, sino recoger el agua por medio de la cuneta y transportarla hasta la alcantarilla más cercana.

### **2.9.3. Cálculo del Caudal**

Para el diseño hidráulico de las alcantarillas y cunetas, se tiene que obtener un caudal de diseño, llamado por la literatura Caudal Máximo de Derrame, que es el mayor caudal que evacua una cuenca dentro de un determinado período de años.

El periodo de años para el cual se diseñan las obras hidráulicas, estará en función de la importancia de la obra a la que sirve y del efecto que puede provocar sobre ésta el colapso de la obra hidráulica. Este periodo de tiempo en años recibe el nombre de tiempo de recurrencia y es el lapso de tiempo en el cual es probable que un evento de igual o mayor magnitud que la condición de diseño ocurra.

La determinación del caudal de diseño se puede realizar de dos maneras: Por medio de mediciones directas y por correlación entre registros pluviométricos y caudales de derrame. La primera forma se utiliza para flujos de agua importantes, por no ser este el caso del proyecto, se utilizará la segunda forma, y dentro de ésta el método racional. Del método racional existen variaciones, principalmente relacionadas con el tamaño de las cuencas y el tiempo de concentración en los cuales los valores obtenidos se consideran de aceptable calidad.

#### 2.9.4. Método racional clásico:

Se usa principalmente para áreas menores de 500 hectáreas, en cuencas impermeables y tiempos de concentración inferiores a una hora, pero se acepta su uso para cuencas hasta de 1.000 hectáreas y toda clase de cuencas. El método supone que si un aguacero de intensidad y distribución uniforme cae sobre la totalidad de una cuenca, el caudal de derrame será máximo cuando la duración de dicho aguacero sea igual al tiempo de concentración de la cuenca.

La expresión propuesta por este método para el cálculo del caudal es :

$$Q_{\max} = \frac{CIA}{360}$$

donde:

- $Q_{\max}$  Caudal de diseño en m<sup>3</sup>/s
- $C$  Coeficiente de Escorrentía
- $I$  Intensidad de diseño en mm/h
- $A$  Área de la cuenca en hectáreas

#### 2.9.5. Método Racional Generalizado:

Es una adaptación del método racional. Goza de todas las ventajas del método racional clásico y elimina una serie de restricciones su uso. Puede aplicarse a cuencas pequeñas y grandes, en estas últimas hasta las de superficie de 2000 Km<sup>2</sup>, longitudes de cauce principal de hasta de 100 Km y tiempos de concentración de hasta 9 horas.

Este método parte de los siguientes datos: Área de la cuenca (Ha), Longitud real del cauce principal(Km), desnivel real del cauce principal (m), Intensidad horaria de diseño para un aguacero de una hora de duración y una recurrencia de 25 años, en mm/h, resumiéndose en la siguiente expresión:

$$Q_{\max} = \frac{\alpha\beta CIA}{360}$$

donde:

$Q_{\max}$  Caudal de diseño ( $m^3/s$ )

$\alpha$  Coeficiente que tiene en cuenta la menor intensidad de precipitación en grandes áreas con relación a la intensidad puntual del registro. Este coeficiente disminuye en la medida que aumenta el área y la intensidad

$\beta$  Coeficiente que tiene en cuenta la reducción del derrame por la retención del cauce.

$C$  Coeficiente de Escorrentía

$I$  Intensidad de diseño (mm/h)

$A$  Área de la cuenca (hectáreas)

### 2.9.6. Coeficiente de Escorrentía

El coeficiente de escorrentía es una relación entre el caudal derramado y el caudal precipitado y es determinado mediante las siguientes características de las cuencas:

- a. Permeabilidad del suelo
- b. Pendiente del terreno
- c. Resistencia que encuentra el agua
- d. Capa vegetal

### 2.9.7. Tiempo de Concentración

Es el tiempo que tarda la primera gota de agua en llegar desde el punto mas alejado del cauce hasta el punto de análisis y se vuelve importante ya que el método racional supone que la duración del aguacero será igual al tiempo de concentración. Para el método racional puede utilizarse la formula del California. Club. Practice<sup>6</sup> , que dice:

$$t_c = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

donde :

$t_c$  Tiempo de Concentración en minutos

$L$  Longitud máxima del cauce (m)

$H$  Diferencia de elevación (m)

El método Racional Generalizado utiliza la siguiente expresión:

$$t_c = C \left( \frac{L^m}{H^{1.3}} \right)$$

$t_c$  Tiempo de Concentración en minutos

$C$  y  $m$  Constantes genéricas

$H'$  Desnivel virtual que depende de la forma del cauce principal (m)

---

<sup>6</sup> Carciente Jacob,1980. Carreteras Estudio y Proyecto, Pág. 348.

$L'$  Longitud virtual; función de la longitud del cauce principal y de la resistencia que encuentra el agua para escurrir por el mismo cauce (rugosidad relativa).

### 2.9.8. Intensidad de la lluvia

Se denomina intensidad de una precipitación pluvial a la cantidad de precipitación caída en la unidad de tiempo. Los métodos difieren en cuanto al cálculo de la intensidad de diseño, mientras el método racional clásico calcula la intensidad de lluvia de diseño por medio de las curvas conocidas como IDF o Intensidad – Duración - Frecuencia, el racional generalizado lo hace a partir de una intensidad horaria para un aguacero de una hora de duración y una recurrencia de 25 años.

Las curvas IDF consisten en generar una familia de curvas para diversos periodos de retorno, que relacionen la intensidad con la duración de los aguaceros, en las cuales conociendo el tiempo de concentración e interceptando la curva correspondiente al periodo de retorno de diseño, permiten obtener la intensidad horaria de diseño.

El Método Racional Generalizado determina la intensidad de diseño por medio de la siguiente ecuación:

$$I = R_{25} \left( 1 + 0.44 \frac{50}{50 + \sqrt{R_{25}}} \log \frac{T_r}{25} \right)$$

donde:

$I$  Intensidad de la lluvia en mm/h para un determinado tiempo de recurrencia.

$T_r$  Tiempo de retorno

$R_{25}$  Intensidad de lluvia para un tiempo de recurrencia de 25 años, y una duración y una duración igual al tiempo de concentración, en mm/h

**CAPITULO III**

**MODELADO DIGITAL DE**

**TERRENO Y DESCRIPCION**

**DEL PROGRAMA AUTODESK**

**LAND DESKTOP 2004**

### **3. MODELADO DIGITAL DE TERRENO (MDT) Y DESCRIPCIÓN DE PROGRAMA AUTODESK LAND DESKTOP 2004**

#### **3.1. INTRODUCCION**

Los sistemas de información geográfica manejan información territorial de diversos tipos, en función de los modelos de datos y de la naturaleza de las variables. Es una constante, sin embargo, que los textos sobre Sistemas de Información Geográfica (SIG) mantienen siempre en un primer plano la información y el tratamiento de variables nominales, olvidando o mencionando sólo de forma anecdótica todo un conjunto de información territorial de naturaleza intrínsecamente cuantitativa.

El motivo de ello es, probablemente, que los SIG comenzaron traduciendo la información preexistente, reflejada en su mayor parte en forma de mapas temáticos de naturaleza intrínsecamente nominal. La traducción de este tipo de información se realizó en su momento de una forma bastante directa y, por tanto, poco traumática a pesar del cambio de métodos de trabajo. Sin embargo, este enfoque inicial se reveló pronto insuficiente, por lo que comenzaron las adaptaciones y la introducción de conceptos nuevos, inexistentes en la cartografía convencional como, por ejemplo, los relativos a vinculación con bases de datos o a la consideración de las propiedades topológicas de los elementos gráficos. Actualmente el cambio sigue y las tendencias van aparentemente a remolque de las tecnologías orientadas a objetos y de los sistemas distribuidos, conceptos ambos nacidos en ámbito de la informática, con lo que la separación entre el mapa convencional y el mapa virtual de los SIG se hace más profunda.

La captura de la información se ha hecho tradicionalmente de forma vectorial —categorías delimitadas mediante líneas con un trazado, en principio, exacto—. El manejo de información cuantitativa y con valores no limitados *a priori* a un cierto número de categorías sólo se ha hecho posible con la generalización de los medios informáticos. Éstos permiten manejar estructuras de datos bien adaptadas a la representación de este tipo de información aunque pagando el precio de un mayor grado de abstracción.

Hay que tener en cuenta que las técnicas aplicables al trabajo con los MDT están en continuo —aunque no necesariamente rápido— desarrollo. En los temas siguientes se ofrecerá una panorámica del manejo de los Modelos Digitales del Terreno (MDT), desde los principios conceptuales hasta abordar un conjunto de métodos que, importados a veces desde otras áreas de conocimiento, se están mostrando como herramientas idóneas para el análisis y extracción de información territorial.

Al final se habrá mostrado que el manejo de los MDT en los sistemas de información geográfica abre las puertas a un conjunto de métodos de representación de la realidad y de simulación de procesos que complementan de forma importante la capacidad clásica de los SIG para el manejo de la información temática.

## **3.2. MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT)**

### **3.2.1. Concepto de Modelo Digital del Terreno**

Los Modelos Digitales del Terreno son una parte importante de la información integrante de los Sistemas de Información Geográfica. En la revisión de la literatura sobre ellos destaca, sin embargo, la escasa atención que se ha dedicado a los aspectos formales y conceptuales. Esta circunstancia ha conducido a que los libros



clásicos sobre SIG tratan muy superficialmente el tema de los MDT que, frecuentemente, se muestra llamativamente ausentes. Asimismo, pueden encontrarse ocasionalmente definiciones confusas, cuando no claramente erróneas. Este apartado tiene por objeto fijar la base conceptual de los MDT con el fin de abordar posteriormente los aspectos relativos a su construcción y manejo con mayor claridad.

- **¿Qué es un modelo?**

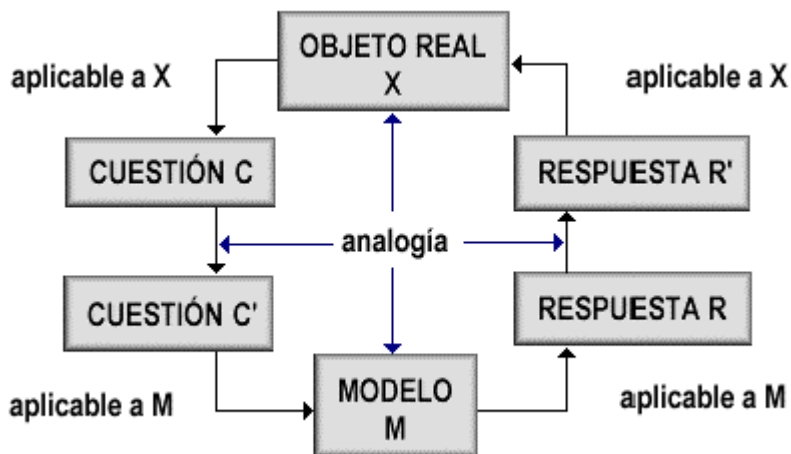
Una definición bastante generalizada de modelo, originada en ámbitos geográficos, es "una representación simplificada de la realidad en la que aparecen algunas de sus propiedades" (Joly, 1988:111).

De la definición se deduce que la versión de la realidad que se realiza a través de un modelo pretende reproducir solamente algunas propiedades del objeto o sistema original que queda representado por otro objeto o sistema de menor complejidad.

Los modelos se construyen para conocer o predecir propiedades del objeto real. Algunos autores llegan a incluir esta expresión de finalidad en la propia definición de modelo: un objeto es un modelo de X para un observador O, si O puede utilizar M para responder a cuestiones que le interesan acerca de X (Aracil, 1986:123); o bien, según Ríos (1995:23): "un modelo es un objeto, concepto o conjunto de relaciones que se utiliza para representar y estudiar de forma simple y comprensible una porción de la realidad empírica"

Para que los modelos puedan decirnos algo sobre el objeto que representan, es necesario que se construyan estableciendo una relación con la realidad que debe ser simétrica, es decir, la relación de correspondencia entre el objeto real y el modelo

debe ser al menos parcialmente reversible y debe permitir la traducción de algunas propiedades del modelo a la realidad. La existencia de la relación simétrica permite que un resultado  $C'$  relativo al modelo pueda traducirse en otro  $C$  relativo al objeto real y, de esta forma, que las respuestas derivadas del modelo sean aplicables a la realidad sin perder sentido. Denominaremos a estas propiedades que se deducen del modelo *propiedades emergentes*.



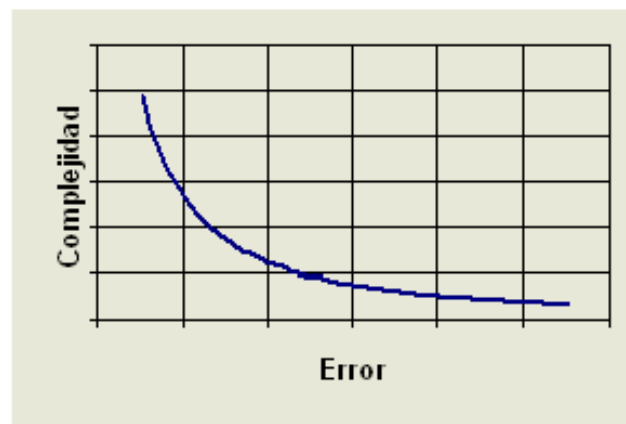
**Figura III.1 Cronograma de un modelo**  
**Los modelos sirven para responder a cuestiones sobre la realidad que no serían accesibles mediante la experimentación directa.**

La utilidad de los modelos para conocer o predecir está condicionada principalmente por una buena selección de los factores relevantes para el problema y una adecuada descripción de sus relaciones funcionales.

Así, cuando se construye un modelo, estamos construyendo un sistema cuyos componentes —partes e interrelaciones— se han reducido a una cantidad manejable para simplificar el sistema real. Para que los resultados sean aceptables es necesaria una precisa selección de los componentes importantes, cada uno de los cuales debe, a su vez, ser un modelo adecuado del componente real. La calidad de las propiedades emergentes de un modelo puede valorarse sometiendo una parte de los

resultados a una verificación experimental que, aunque sólo puede ser parcial, servirá de orientación sobre la magnitud de los errores derivados del modelo y puede permitir la introducción de correcciones. El contraste experimental puede servir, por tanto, no sólo como método de control de calidad sino también como mecanismo de realimentación para realizar ajustes, tanto en los elementos que componen el modelo como en las relaciones que se establecen entre ellos. Dado que el modelo representa la realidad con una cantidad menor de información, existe un error inherente al proceso de modelización que puede ser reducido pero no eliminado. La reducción del error puede hacerse por dos caminos complementarios:

- Mayor precisión en la medida y mejor selección de los componentes: no implica mayor complejidad del modelo.
- Mayor cantidad de componentes —partes e interrelaciones funcionales—: implica una mayor complejidad del modelo.



**Figura III.2 Relación genérica entre error y complejidad.  
La modelización pretende reducir el error manteniendo una complejidad reducida.**

La eliminación del error implicaría la identificación del modelo con el objeto real, por lo que no resulta posible. En este sentido, debe buscarse un compromiso entre la complejidad del modelo y el error aceptable en los resultados.

- **Tipos de modelos**

Existen numerosas clasificaciones de los modelos, ninguna de las cuales permite establecer realmente unas categorías estrictamente excluyentes. A continuación se comentan dos clasificaciones relevantes para el tema de los MDT ya que contribuyen a aclarar el concepto básico.

A. *Modelos icónicos, análogos y simbólicos.* Existen varias clasificaciones de modelos basadas en diferentes criterios. En Turner (1970:364) se distinguen tres tipos básicos: modelos *icónicos, análogos y simbólicos*, en función de las reglas de construcción del modelo, es decir, de la forma de establecer la relación de correspondencia.

En los *modelos icónicos*, la relación de correspondencia se establece a través de las propiedades morfológicas, habitualmente un cambio de escala con conservación del resto de las propiedades topológicas. Un ejemplo de modelo icónico es una maqueta, donde se ha establecido una reducción de tamaño conservando las relaciones dimensionales básicas. Sin embargo, este proceso de modelización tiene implicaciones menos obvias que, según los casos, pueden tener importancia. Por ejemplo, en el caso de una maqueta del terreno, la rugosidad de la superficie es una propiedad que no se conservará ya que

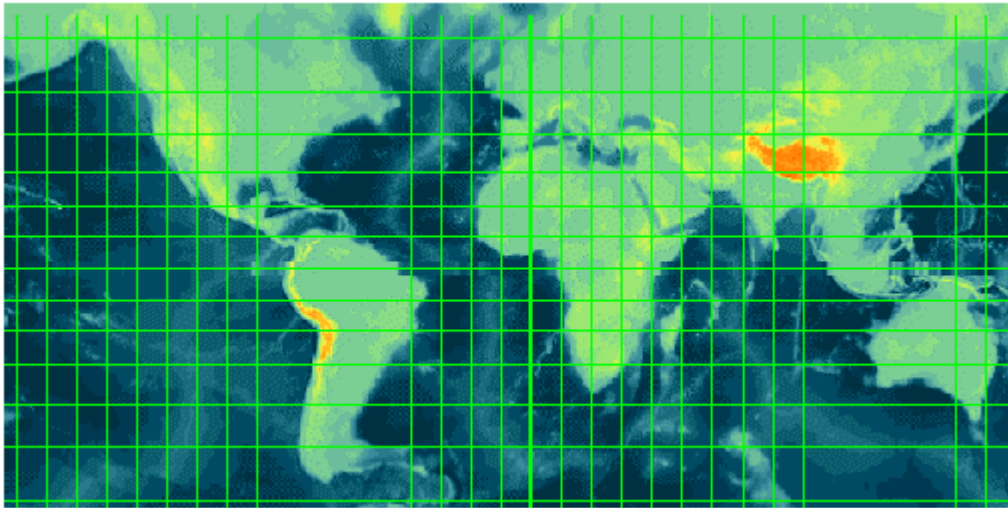
depende de la escala; por añadidura, su relación con la rugosidad real puede ser difícil de definir.



**Figura III.3 Modelo Icónico**  
En un modelo icónico se conservan las proporciones del objeto real mediante una reducción de escala y una selección de las propiedades representadas.

Los *modelos análogos* poseen algunas propiedades similares a los objetos representados pero sin ser una réplica morfológica de los mismos. Normalmente, para su construcción se utiliza un conjunto de convenciones que sintetizan y codifican propiedades del objeto real para facilitar la "lectura" o interpretación de las mismas.

Un ejemplo de modelo análogo es un mapa impreso, como en la Figura III.4, que se construye mediante un conjunto de convenciones cartográficas relativamente complejas, que conducen a un resultado final claramente distinto del objeto representado. Mediante esta transformación se persigue hacer legibles propiedades tales como las altitudes, distancias, localización física de objetos geográficos, sus relaciones e importancia, etc.



**Figura III.4 Modelo análogo**  
En un modelo análogo la realidad se representa aplicando convenciones que, sin replicar morfológicamente los objetos, permiten interpretar algunas de sus propiedades. En la figura se muestra la representación de la Tierra en una proyección cilíndrica conforme de Mercator.

Los *modelos simbólicos* se construyen mediante reglas notablemente más abstractas ya que esta denominación suele aplicarse a los casos en los que el objeto real se representa mediante una codificación matemática (geométrica, estadística, etc.).

Un ejemplo de modelo simbólico puede apreciarse en la Figura III.5 en la que se representa un edificio mediante la identificación y codificación en una estructura geométrica de sus elementos básicos. El modelo así construido permite la aplicación de algoritmos para, por ejemplo, la estimación de esfuerzos a los que está sometido.



**Figura III.5 Reconstrucción de un edificio prerrománico.**  
 Un ejemplo de modelo simbólico Parte del edificio ha sido representado a partir de un levantamiento simulado basado en restos de cimientos y muros.

B. *Modelos analógicos y modelos digitales.* Otra clasificación de los modelos que nos interesa para nuestro tema los divide en Modelos Digitales y Modelos Analógicos. La diferencia básica entre los modelos digitales y los modelos analógicos reside en que los primeros están codificados en cifras —lo que, entre otras cosas, permite su tratamiento informático—. Los modelos digitales son, por tanto, modelos simbólicos y para construirlos es necesario un proceso de codificación de la información, que permite una representación virtual manejable por medios informáticos.

Los modelos analógicos son modelos físicos, como los ya mencionados de una maqueta como modelo icónico, o un mapa convencional como modelo análogo. Cabe hacer la salvedad de que no deben confundirse los conceptos de modelo análogo, mencionado unos párrafos atrás, y modelo analógico, que se opone al de modelo digital.

Los modelos digitales presentan unas propiedades inherentes a su naturaleza numérica que son especialmente interesantes:

- **No Ambigüedad:** cada elemento del modelo tiene unas propiedades y valores específicos y explícitos
- **Verificabilidad:** los resultados se construyen mediante pasos explícitos y concretos que pueden ser analizados uno a uno y comprobados en todas las fases del proceso
- **Repetibilidad:** los resultados no están sometidos, a menos que de diseño expresamente, a factores aleatorios o incontrolados y pueden ser comprobados y replicados las veces que se desee.

Sin embargo, aunque la codificación en cifras permite una representación con una elevada precisión teórica, esto no garantiza la exactitud de los resultados. Es necesario no perder de vista que un modelo no es más que una descripción aproximada que, en último término, se construye mediante la aplicación de unos supuestos más o menos adaptados a la realidad pero que nunca pueden ser exactos.

### 3.2.2. Modelos digitales del terreno

La definición formal es la siguiente: ***un modelo digital del terreno es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua.***

Los modelos digitales del terreno o MDT son, por tanto, modelos simbólicos ya que las relaciones de correspondencia que se establecen con el objeto real tienen la forma de algoritmos o formalismos matemáticos.

A partir de la definición anterior se pueden comentar las propiedades básicas de los MDT:



- Los MDT toman la forma de *estructuras de datos*, lo que significa que no son sólo una acumulación o listado de cifras sino que su construcción debe realizarse de acuerdo con una estructura interna. Esta estructura se refleja en la forma lógica —en el sentido informático— de almacenar y vincular las unidades de información datos entre sí, que debe representar de alguna forma las relaciones espaciales entre los datos.

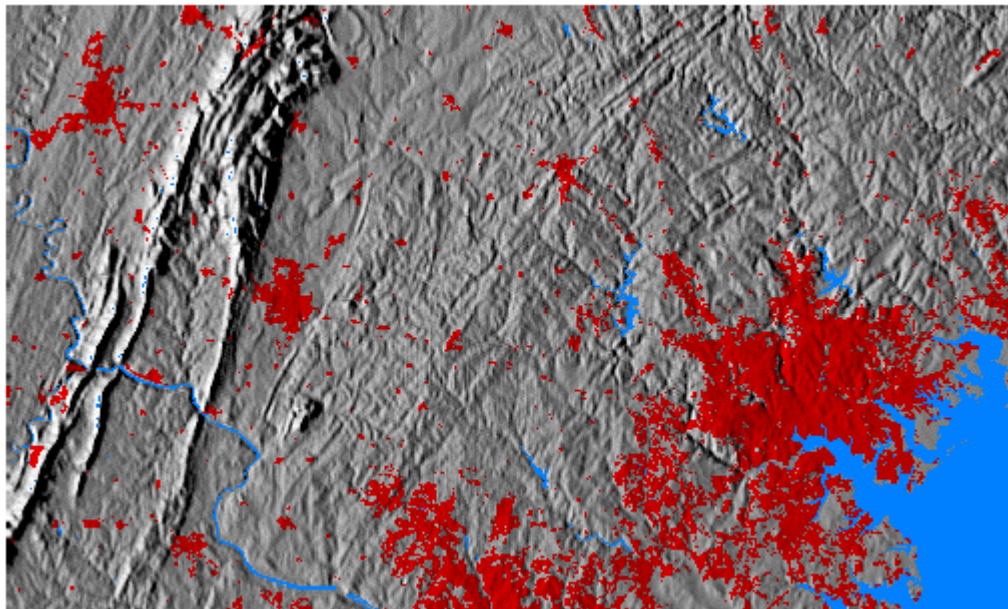
Esta condición implica, por ejemplo, que un simple listado de coordenadas acompañadas por su altitud no puede considerarse propiamente un MDT, aunque contenga toda la información necesaria para construirlo ya que no existe una estructura interna y se hace necesario un proceso de los datos para hacerla utilizable en la modelización.

- En segundo lugar, los MDT representan la distribución espacial de una variable; lo que acota claramente su ámbito de actuación en la modelización de fenómenos geográficos.
- Finalmente, la definición indica que la variable representada en el MDT debe ser *cuantitativa y de distribución continua*.

Este punto separa conceptualmente los mapas temáticos de los MDT, ya que se excluyen las variables nominales, representadas habitualmente mediante recintos con un identificador o código interno y, de forma general, las variables representadas por entidades lineales o puntuales —como, por ejemplo, una red hidrológica—.

La definición general de MDT no hace referencia explícita a la variable representada que, por tanto, puede ser cualquiera que cumpla con los requisitos de la misma. Este aspecto, aunque en principio pueda parecer evidente, debe ser destacado

ya que es habitual identificar los MDT con los MDE o *Modelos Digitales de Elevaciones* cuando, en realidad, pueden ser representadas muchas otras propiedades del terreno. Para diferenciar claramente qué variable se está representando en el modelo denominaremos los modelos digitales de forma explícita, de acuerdo con la propiedad representada —modelo digital de pendientes, por ejemplo— y reservaremos el término MDT para la denominación genérica.



**Figura III.6 Modelo de reflectancia**

Los MDT pueden servir de base para la presentación de información temática pero ésta, por su carácter nominal, no constituye por sí un MDT. En la figura se muestra un modelo de reflectancia al cual se le ha superpuesto información sobre la edificación —en rojo—, y las superficies de agua —en azul—. Estas dos últimas categorías no pueden considerarse parte del modelo de reflectancia.

### 3.2.3. Mapas y modelos digitales del terreno

Los modelos digitales del terreno tienen una versión analógica en mapas que pueden representar las mismas variables, pero codificándolas sobre un soporte físico mediante convenciones gráficas. Estos mapas constituyen, por extensión del concepto de MDT, un tipo de *Modelos Analógicos del Terreno*, MAT.

Actualmente, ambos tipos de modelos se complementan en muchos aspectos y la total sustitución de unos por los otros no parece previsible. Las ventajas que ofrece la codificación numérica son claras en algunos aspectos, pero los mapas impresos son imprescindibles actualmente para el manejo práctico de la información.

A efectos prácticos, la mayor ventaja de los MDT sobre los MAT es la posibilidad de tratamiento numérico de los datos, mediante las herramientas matemáticas que nos permiten los programas informáticos. Entre estas posibilidades, inaccesibles a través de los mapas convencionales, está la capacidad de obtener estadísticos descriptivos de una variable y la de crear nueva información mediante el análisis de un MDT o la combinación de dos o más mediante procedimientos estadísticos o lógicos (álgebra de mapas).

Un ejemplo de la primera posibilidad es la obtención de la altitud media de una superficie determinada, proceso sencillo que se deriva directamente de los datos del Modelo Digital de Elevaciones o MDE. Un ejemplo del segundo grupo de procesos es la obtención de la distribución de pendientes en función de la altitud como tabla de doble entrada; en este caso se combinan dos MDT (el Modelo Digital de Elevaciones y el Modelo Digital de Pendientes) para obtener un resultado estadístico. La obtención de ambos resultados a partir de un mapa convencional exige un laborioso tratamiento manual sujeto a un alto riesgo de error y con baja repetibilidad. Otra posibilidad que nos crea la naturaleza digital de los MDT es la de realizar procesos de simulación del funcionamiento de un sistema dinámico real. Manipulando los datos del MDT o complementándolos con otras descripciones de fenómenos físicos se accede a un medio de investigación de gran potencialidad.

Finalmente, conviene destacar que los MDT tienen también aspectos negativos, especialmente a la hora de realizar una investigación real. Al ser los MDT una parte integrante de los *Sistemas de Información Geográfica*, se ven afectados por idénticos problemas que éstos. Los problemas más importantes se derivan de la *complejidad global* del sistema informático necesario para hacer un uso eficaz de los MDT y, en general, de los SIG.

El acceso a la información impresa en un mapa es sencillo ya que se realiza directamente mediante examen visual, aunque se precisan unos conocimientos cartográficos más o menos profundos. El acceso a los MDT es mucho más complejo pues se realiza a través de equipos informáticos cuyo manejo, mediante una serie de instrucciones específicas, obliga a un entrenamiento especializado. Por otra parte, la interpretación de la información es indirecta debido a la existencia del equipo informático que actúa de nexo, y la elaboración de modelos derivados requiere el dominio de lenguajes de programación o la intervención de especialistas. Idealmente, los conocimientos cartográficos necesarios para la interpretación de los mapas convencionales deben complementarse con otros relativos a proceso de imágenes, bases de datos y programación de ordenadores, lo que implica un considerable esfuerzo de educación suplementario.

Asimismo, un uso eficaz de los MDT no se concibe fácilmente sin un equipo de trabajo relativamente amplio, un equipo informático sofisticado y un conjunto de circunstancias que permita unas condiciones de trabajo con una estabilidad razonable. En la práctica, las posibilidades de trabajo e investigación que los SIG/MDT permiten se ven limitadas por las también grandes exigencias económicas y estratégicas que plantean.

### 3.2.4. Simulación de procesos con los MDT

Los MDT descritos hasta el momento son esencialmente *modelos estáticos*, en los que las propiedades representadas permanecen con valores inmutables. Sin embargo, su naturaleza digital permite utilizar los MDT para realizar procesos de *simulación dinámica*, con lo que a través de la modelización de objetos, se crean modelos de procesos.

La *modelización de procesos* es posible mediante el diseño y empleo de algoritmos numéricos, es decir, construyendo secuencias explícitas de operaciones que conducen a la solución de problemas concretos. Generalmente, el empleo de algoritmos conduce a la creación de nuevos MDT, que denominaremos *Modelos Digitales Derivados*.



**Figura III.7 Simulación mediante algoritmos**  
La simulación de procesos se realiza mediante algoritmos que utilizan la información de los MDT para generar otros modelos derivados.

La Figura III.7 muestra el resultado de la simulación de una erupción volcánica, donde las zonas en color muestran la probabilidad de que el flujo de lava pase por cada lugar. El trabajo original es de Wadge y McKendrick (1993) y fue realizado con una aplicación desarrollada específicamente para este tipo de simulaciones denominada FLOWFRONT. De manera similar programas especializados como el Autodesk Land Desktop 2004 son capaces de simular, a partir del modelo del terreno generado los flujos de aguas pluviales a los que será sometida una cuenca o sus respectivas sub-cuencas, lo que facilita y agiliza el análisis hidrológico.

El correcto funcionamiento de los algoritmos es susceptible de revisión mediante el contraste o verificación del modelo derivado con el objeto real. Este contraste se realiza mediante métodos de análisis del error que, habitualmente, se basan en la comparación de una muestra extraída del modelo derivado con medidas empíricas realizadas sobre el terreno. Los resultados del análisis del error permiten efectuar ajustes en el algoritmo, aumentando su fiabilidad y, por tanto, su capacidad de predicción. Esto significa que un algoritmo sólidamente construido, aplicado sobre un MDT fiable, permite estimar propiedades que pueden ser aplicadas al objeto real con márgenes moderados de error.

Como en el caso general ya mencionado, la modelización de procesos exige una selección de los parámetros y de las relaciones relevantes para el problema a solucionar. Frecuentemente es necesario representar procesos complejos mediante aproximaciones semiempíricas o, en el mejor de los casos, justificadas por una base teórica más o menos sólida. Este proceso de selección de variables y de procesos y de su representación se denomina *parametrización*.

En la Figura III.8 se muestra un ejemplo de proceso genérico realizado a partir del modelo digital básico hasta su aplicación sobre el objeto real —terreno— a través de un ciclo de corrección del algoritmo que genera el modelo derivado.

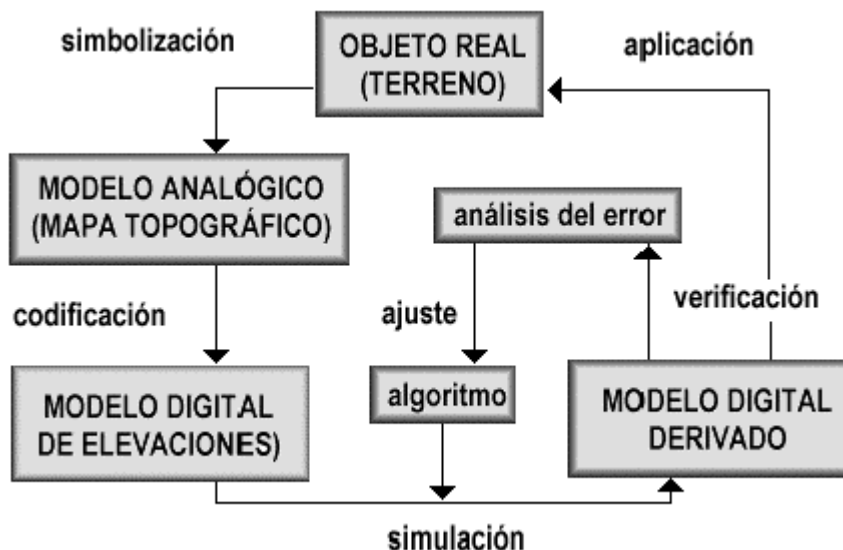
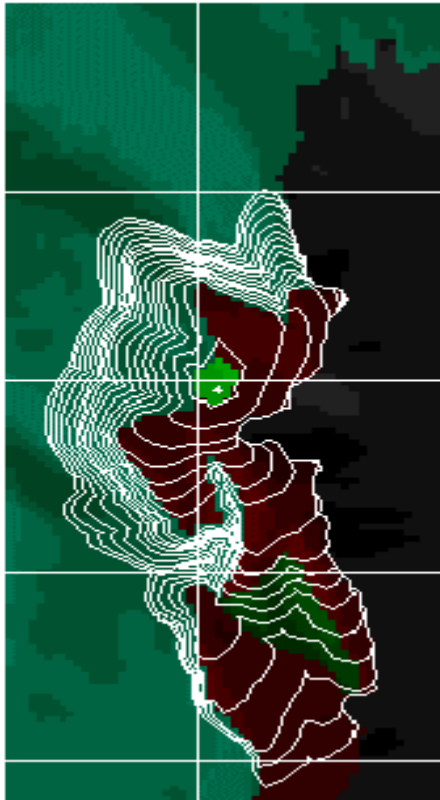


Figura III.8 Etapas Genéricas en el Proceso de Simulación en Modelos Digitales del Terreno

Partiendo de la superficie real del terreno, la construcción del mapa topográfico se realiza un proceso mediante el cual las propiedades del terreno se representan sobre un plano usando relaciones de analogía previamente establecidas. La codificación numérica del modelo analógico conduce al modelo digital, susceptible de tratamiento matemático. Ello permite construir modelos digitales derivados y realizar la modelización de procesos con simulaciones numéricas expresadas mediante algoritmos. Los resultados obtenidos son contrastables con la realidad, induciendo correcciones o ajustes que permiten una mejor correspondencia con el fenómeno real.



Simulación de un incendio realizada con el programa Farsite (Fire Area Simulator).

Este tipo de aplicaciones permite simular la evolución del incendio en función de variables como la pendiente, combustibilidad, vegetación, etc.

Figura III.9 Simulación de un Incendio



### **3.3. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA AUTODESK LAND DESKTOP 2004.**

#### **3.3.1. Introduccion**

Autodesk Land Desktop 2004 ésta basado bajo plataforma AutoCAD 2004 y Autodesk Map 2004. Por medio del mencionado programa, se pueden crear, mantener, dar salida y analizar todos los datos en los proyectos de desarrollo de terreno. Esta versión del Autodesk Land Desktop incluye un nuevo comando: Exportar a AutoCAD. Esto permite utilizar dibujos de esta versión del programa en versiones anteriores del Autodesk Land Desktop, del Autodesk Map y de AutoCAD.

El Autodesk Land Desktop 2004 es un programa con características muy similares a las presentadas por programas como el AutoCAD y puede llegar a ser una herramienta de gran potencial para profesionales en el área de desarrollo de terrenos. Este provee un nivel base de funcionalidad para desarrolladores y planificadores de terrenos, topógrafos, ingenieros civiles, dibujantes y cualquier profesional ó técnico involucrado en la creación de documentos de soporte, como planos de terreno, obras viales, parcelaciones, análisis hidrológicos, etc.

Autodesk Land Desktop provee una Aplicación de Interfase de Programación (API, por sus siglas en Ingles: Application Programming Interface), esto permite anexar al programa aplicaciones que pueden ser diseñadas para trabajar en conjunto con el Land Desktop 2004, ya sea para simplificar algunas de las tareas, o bien, para introducir nuevas funciones y utilidades al programa. Este tipo de aplicaciones a pesar de ser generalmente realizadas usuarios avanzados del programa, pueden encontrarse generalmente en Internet, algunas incluso de forma gratuita, con instrucciones de uso e instalación.

### **3.3.2. Autodesk Land Desktop 2004.**

Autodesk Land Desktop 2004 es una aplicación de Autodesk desarrollada para profesionales del área de la ingeniería civil y de la Cartografía. Su plataforma de trabajo, como ya se mencionó con anterioridad, es el AutoCAD 2004.

Los trabajos, en los cuales la aplicación de este programa hace más eficiente su desarrollo, son, entre otros, los siguientes:

- Planimetría (producción de planos topográficos en planta)
- Parcelaciones y Fraccionado de terrenos(Lotes)
- Modelos tridimensionales de terreno (DTM, Digital Terrain Model, por sus siglas en inglés.
- Curvas de nivel.
- Obtención de cortes del terreno.
- Cálculo de volúmenes producidos por proyectos, tales como excavaciones, plataformas, terrazas, etc.
- Informes de cubicación de los proyectos antes expuestos.
- Diseño en planta de caminos, canales, presas o de cualquier otro proyecto que se desarrolle a lo largo de un eje.

Los archivos gráficos que se obtienen como resultado son de extensión \*.dwg.

Para acceder al programa puede realizarse de dos formas, la primera es establecer el icono de Autodesk Land Desktop 2004 como un elemento del Escritorio en la computadora; para lo cual es necesario hacer doble clic con el botón izquierdo del Mouse en dicho icono. El icono que aparecerá en el Escritorio será similar al que se muestra a continuación



La otra forma de hacerlo es pulsar el botón de Inicio de la barra de tareas; cuando se abre el menú se señala con el puntero en Programas y luego se pulsa en la carpeta de Autodesk → Autodesk Land Desktop → Autodesk Land Desktop 2004.

Cuando se inicie Autodesk Land Desktop, aparecerá el cuadro de dialogo Start Up como se muestra en la Figura III.10 en la cual se presenta un cuadro donde aparecen los proyectos o gráficos usados mas recientemente, así como diversos botones con los cuales pueden abrirse y crearse tanto un nuevo grafico como un nuevo proyecto.

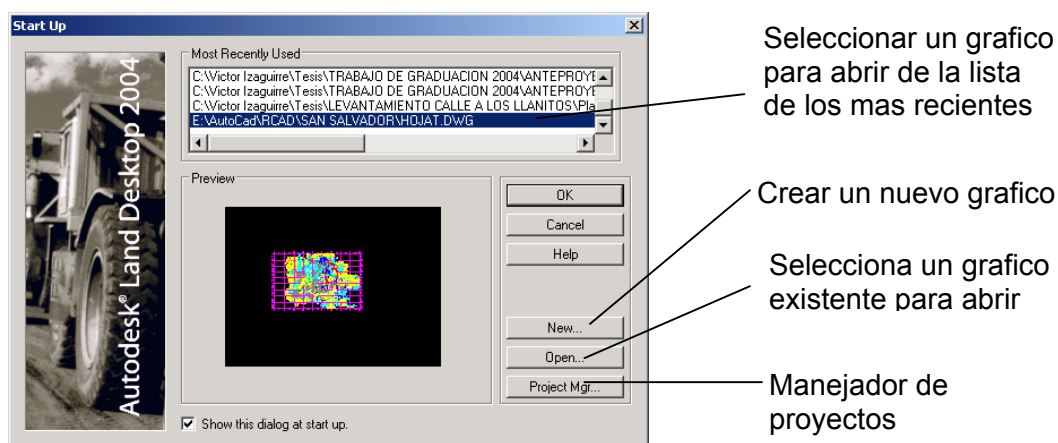


Figura III.10 Principales partes que conforman la ventana de Inicio "Start Up".

- **Ambiente Gráfico del Programa**

El ambiente gráfico del Autodesk Land Desktop 2004 se muestra en la Figura III.11, donde a la izquierda aparecerá un espacio de trabajo, denominado "Map Project Workspace", que podría traducirse como "Espacio de Trabajo de Mapeo"; este espacio

resulta muy útil, cuando se está trabajando en AutoCAD Map; pero si este no es el caso, es recomendable apagarlo, para recuperar una pantalla más amplia.

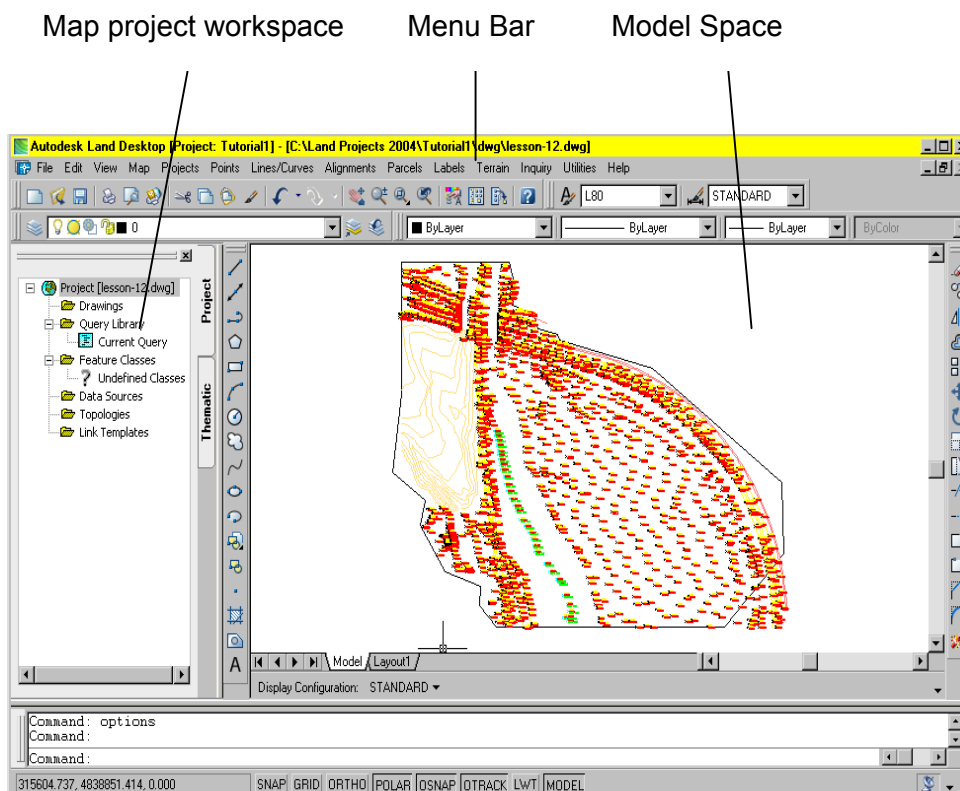


Figura III.11 Ambiente Gráfico del Autodesk Land Desktop 2004.

- **Coordenadas Geométricas (COGO)**

Los puntos con coordenadas geométricas son la base fundamental para cualquier ingeniero civil en el desarrollo de proyectos de investigación de terreno. Autodesk Land Desktop guarda puntos con coordenadas geométricas COGO (Coordinate Geometry) en una base de datos externa al dibujo en sí, los cuales pueden ser utilizados por muchas personas que puedan acceder a la base de datos por medio de una red. Las entidades asociadas a estos puntos denominados COGO incluyen tanto

la numeración de cada punto, etiqueta, elevación y coordenadas Norte y Este.

La versatilidad de los puntos COGO se ve reflejada en las múltiples cosas que se pueden hacer con ellos, si estos están correctamente introducidos. Todos los puntos de que se dispone, comúnmente llamados “nube de puntos”, pueden por medio del “Point Manager” o “Manejador de Puntos”, agruparse por múltiples facetas que pueden ser: elevaciones, descripciones o etiquetas, rangos de número de puntos, etc. La correcta agrupación de la denominada “nube de puntos” facilita de gran manera el manejo de los puntos para la creación de superficies, modelos tridimensionales del terreno, modelos de escurrimiento, etc., lo que conlleva a una mayor eficiencia en el desarrollo de las actividades realizadas con los puntos COGO.

Las bases de datos COGO se crean a medida que se va introduciendo la información de cada uno de los puntos que fueron tomados en campo o que han sido digitalizados por medio de los procedimientos que se mostrarán con mayor detalle en el desarrollo del proyecto que implica la realización de este trabajo de graduación.

Cuando se crean puntos, se tiene la opción de desplegar el punto por medio de un símbolo identificativo según su tipo o categoría; a este pueden anexársele o visualizar una etiqueta representativa que generalmente es una ayuda memoria o nombre dado al punto según se identifique en el campo o en el proceso de digitalización, estas etiquetas reciben nombres representativos como “cordón”, “eje calle”, “pavimento”, “cerco”, entre otros.

- **Manejo de puntos COGO**

Antes de crear o importar cualquier punto con coordenadas geométricas (COGO) es necesario establecer algunos ajustes en la configuración de dichos puntos

en el menú "Points", en el cual se encuentran todas las funciones de administración y manejo de puntos COGO, algunas de las funciones de las que se puede disponer en este menú son: eliminación de puntos de la base de datos o del dibujo, corrección de sus coordenadas y cota, recuperación de ellos al dibujo, generación de informes, etc.

Lo anteriormente mencionado brindan funciones que facilitan y agilizan el manejo de los puntos COGO de un proyecto determinado, el programa facilita la introducción y edición de las propiedades de los puntos de forma individual ó colectiva (como ya se explicó en agrupación ó grupos de puntos). La introducción y caracterización de los puntos puede hacerse manualmente ó de forma automática, llámese caracterización a las propiedades básicas y necesarias para que un punto pueda ser de utilidad en la generación de modelos digitales de terrenos, por mencionar un ejemplo), como número de punto, elevación, coordenadas "Northing" e "Easting", etiquetas identificativas, etc., por mencionar un ejemplo básico y sencillo, es posible introducir puntos y que estos sean numerados correlativa y ascendentemente de forma automática a medida que estos se introduzcan al programa o bien pueden numerarse de forma manual, asignado orden y numeración según la conveniencia o necesidad del usuario.

- **Creación de puntos COGO**

La creación de puntos COGO en el Autodesk Land Desktop puede hacerse de diversas maneras, entre las que podemos mencionar:

- Introducción de coordenadas Norte / Este.
- Por ángulos y distancias, los ángulos en cuestión pueden ser internos o bien deflexiones.

- Por Intersecciones, cuando por las condiciones propias del lugar existen puntos a los que no es posible acceder directamente, se ve en la necesidad de aplicar métodos de medición indirectos, en donde la intersección de dos líneas correctamente direccionadas y referenciadas a puntos fijos resultan en la ubicación de un punto inaccesible, este método es útil siempre y cuando la inaccesibilidad del punto en cuestión sea por las condiciones topográficas y no por falta de visibilidad al mismo.
- Por Pendientes,
- Por medio de Alineamientos creados a lo largo de un eje definido como alineamiento horizontal.
- Creación de puntos sobre el modelo digital de un terreno ya creado, con fines de replanteo de puntos en campo o bien de extracción de información para trabajos en gabinete.
- Por interpolación, usada generalmente para la determinación de coordenadas y/o elevaciones desconocidas de puntos entre dos de coordenadas y elevaciones conocidas

- **Importar Puntos**

Una forma rápida y efectiva de colocar puntos en un proyecto es importándolos desde archivos de texto o bases de datos externas o ajenas al programa.

El Autodesk Land Desktop permite importar datos de los siguientes formatos:

- Archivos ASCII
- Base de datos de Microsoft Access
- Puntos de la base de datos de cualquier otro proyecto.

Cuando se importan archivos conteniendo información de una nube de puntos, se hace básicamente con información de número de punto, coordenadas norte y este, elevación y en algunos casos etiqueta identificativa. El orden que los datos tengan en el archivo de texto o base de datos deberá coincidir con el formato de importación que se establece en el programa, para que la información reflejada sea la esperada por el usuario, por ejemplo, uno de los formatos de importación del programa es PNEZ (space delimited), lo que significa que el archivo de texto que se importe deberá tener el siguiente orden de información:

( P ) Punto (Numero correspondiente al punto)

( N ) Norte (Coordenada Norte del punto)

( E ) Este (Coordenada Este del punto)

( Z ) Altura (Altura a la que se encuentra el punto)

(space delimited) significa que cada uno de los datos arriba listados estará escrito en una sola línea y separados únicamente por un espacio entre ellos.

El número correspondiente al punto ( P ), no necesariamente debe coincidir con el orden correlativo con que han sido escritos los datos en el archivo de texto o en la base de datos. El programa procesará los datos en el orden en que los encuentre en el archivo de texto y los ubicará en el dibujo según las coordenadas y elevaciones que en el archivo le corresponda a cada uno de los puntos.

- **Filtrar puntos**

Cuando se utiliza un comando de Autodesk Land Desktop esto hace pensar que se seleccionará un punto en el gráfico el cual puede seleccionarse utilizando ya sea por sus coordenadas o directamente con el mouse o utilizar un filtro de puntos.



Los filtros de puntos hacen fácil y con precisión la recuperación de coordenadas de los puntos deseados desde una base de datos o recuperar la información directamente desde el gráfico, su selección puede ser realizada bajo características especificadas por el usuario y éstas pueden ser ya sea de acuerdo al tipo de etiqueta que contengan dichos puntos, el tipo de color asignado, el tamaño de letra de cada punto, un rango de valores, es decir por las propiedades que contenga cada punto de interés al cual sea necesario recuperar para obtener información de ellos o simplemente editar borrando o añadiendo sus valores de elevación y coordenadas.

- **Edición de puntos.**

El método recomendable para la edición de puntos COGO es utilizar el comando Edit Points donde se encuentran todas las herramientas que permiten modificar las propiedades de los puntos como lo puede ser el número del punto, la descripción, el código de descripción, la cota, las coordenadas Norte y Este, etc., ya que al utilizar este comando actualiza el archivo del proyecto y el gráfico en el cual se está trabajando. De esta manera al utilizar este comando se actualiza automáticamente la base de datos y conjuntamente se están realizando los cambios al dibujo en pantalla. a diferencia de que si se usaran los comandos como move y erase de AutoCad, estos únicamente modifican los puntos dentro del dibujo y cualquier modificación que se realice no actualiza la base de datos del proyecto.

**CAPITULO IV**

**APLICACIÓN DEL**

**PROGRAMA AUTODESK**

**LAND DESKTOP 2004 AL**

**PROYECTO EN ESTUDIO**

#### **4. APLICACIÓN DEL PROGRAMA AUTODESK LAND DESKTOP 2004 AL PROYECTO EN ESTUDIO**

En este capítulo se desarrollará el proyecto objeto de este estudio por medio del programa Autodesk Land Desktop. En este capítulo se comenzará por desarrollar el proyecto por medio del programa Autodesk Land Desktop 2004, se hará un recorrido explicativo y gráfico de las principales aplicaciones del programa, comenzando por la configuración de los parámetros iniciales, luego la creación de un proyecto nuevo, carga de puntos COGO a partir de un archivo ASCII, generación de una superficie a partir de los puntos COGO, creación de curvas de nivel del terreno según la información generada por la superficie

##### **4.1. CREAR UN NUEVO PROYECTO**

Uno de los primeros requerimientos para iniciar el programa Autodesk Land Desktop es que se requiere nombrar el gráfico y el proyecto en desarrollo. Un proyecto es simplemente un área de almacenamientos para los datos asociados al dibujo, el cual puede incluir puntos, superficies, alineamientos, tuberías, parcelaciones, y datos de campo de levantamientos topográficos.

Los datos del proyecto no están guardados en el gráfico, pero sí en un folder por separado dentro del sistema, del cual se detallará más adelante.

Para iniciar un proyecto en el Autodesk Land Desktop es necesario realizar una serie de pasos, mismos que enunciarán y describirán a continuación:

- Cargar el programa Autodesk Land Desktop 2004.
- En el *menu project* de la barra de menus se debe seleccionar dentro de los submenus, *menu palettes*, el cual despliega el cuadro de dialogo *Menu Palette Manager*, donde aparecerán cuatro tipos de paletas de menu en lista. El contenido de cada una de las paletas de menus de las diferentes aplicaciones del programa se resumen a continuación en la Tabla IV.1, en la que los encabezados de cada una de las columnas, nombrarán o identificaran a las diferentes aplicaciones contenidas en el programa Autodesk Land Desktop. En general, se puede decir que los menús: File, Edit, View y Map, se encuentran contenidos en cada uno de las aplicaciones cargadas en el programa por lo que podemos identificar a estos menús como de uso general:

<b>Autodesk Map 2004</b>	<b>Civil Design 2004</b>	<b>Land Desktop 2004</b>	<b>Land Desktop 2004 Complete</b>
File	File	File	File
Edit	Edit	Edit	Edit
View	View	View	View
Insert	Map	Project	Insert
Format	Project	Points	Format
Tools	Points	Lines/Curves	Tools
Draw	Terrain	Alignment	Draw
Dimension	Grading	Parcels	Dimension
Modify	Layout	Labels	Modify
Map	Alignment	Terrain	Map
Project	Profiles	Inquiry	Project
Help	Cross Sections	Utilities	Points
	Hidrology	Help	Lines/Curves
	Pipes		Alignment
	Sheet Manager		Parcels
	Inquiry		Labels
	Utilities		Terrain
	Help		Inquiry
			Utilities
			Help

Tabla IV.1 Contenido de las barras de menús de las Aplicaciones del Autodesk Land Desktop 2004

- Posteriormente debe hacerse click con el puntero del mouse en el botón *load*, con lo que se cargarán los menús correspondientes a la aplicación seleccionada.

Con lo anteriormente descrito, el programa queda listo para iniciar el proceso de configuración de proyecto y dibujo, que es lo que se describirá a continuación:

- Seleccionar *New*, en el menú *File*, para desplegar el cuadro de dialogo *New Drawing: Project Based*, en él se despliegan recuadros en los que se requiere información de proyecto y dibujo, sea este existente o nuevo a crear. Puede verse una ilustración de lo anteriormente descrito en la Figura IV.1.

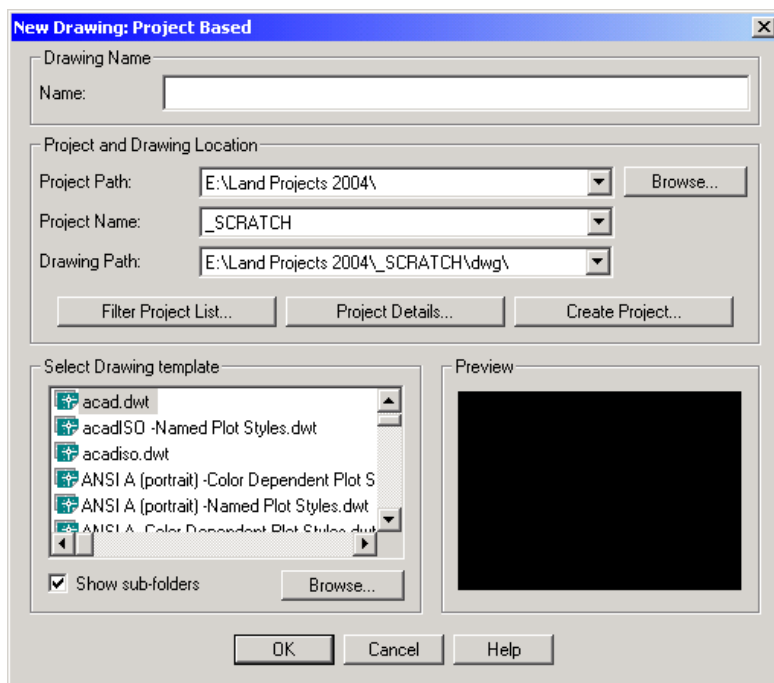
Se introducirán a continuación en el cuadro de dialogo *New Drawing: Project Based*: el nombre y ubicación del dibujo a crear, el nombre y ubicación del proyecto a crear o a utilizar, entre otros datos que se detallarán a continuación:

- En “*Name*” del recuadro “*Drawing Name*” se colocará el nombre que se le asignará al dibujo correspondiente a este proyecto, para el caso será: “Camino Rosat-Llanitos.dwg”.
- En el siguiente recuadro “*Project and Drawing Location*”, es decir, “Ubicación del dibujo y proyecto”, se asignan la ruta respectiva al proyecto y su correspondiente nombre, de igual manera, se asigna la ruta correspondiente al dibujo del proyecto. Cabe aclarar que para que el programa funcione como Autodesk Land Desktop y no simplemente como AutoCAD 2004 deberá asociarse el dibujo a un proyecto. En este mismo recuadro se presentan tres botones con las opciones de filtro de lista de proyectos, revisión de los detalles del proyecto actual y creación de un proyecto nuevo.

- En el caso de no tener un proyecto previo que se pueda utilizar en el proceso de diseño, deberá generarse un proyecto nuevo, por medio del botón “*Create Project...*” en el cual se asignará un sistema de unidades de medida por omisión (pies o metros), y se asignará información del proyecto como el nombre del mismo, una breve descripción y una palabra clave para facilitar las futuras opciones de búsqueda. Para el caso de nuestro trabajo y de acuerdo al sistema de medidas utilizado en nuestro medio se escogerá el sistema métrico como sistema básico de unidades de medida. Para hacer esto posible se selecciona la opción *Default (meters)*, desplegando la flecha abajo que aparece al final del recuadro *Prototype*. En el recuadro *Project Information* se solicita el nombre que le será asignado al proyecto, una descripción que será redactada según conveniencia del usuario o diseñador y una palabra clave que identifique el proyecto, se hace además por medio de la primera casilla del recuadro la respectiva verificación de la ubicación en que la computadora almacenará la información correspondiente al proyecto, misma que se asignó en el cuadro de diálogo previo: “*New Drawing: Project Based*”. Finalmente se pide en el cuadro “*Drawing Path for this Project*” que se verifique cual será la ubicación de los dibujos relacionados con este proyecto, para lo que se plantean dos opciones: la primera es chequear en la casilla “*DWG*”, lo que indica que el dibujo será almacenado en la carpeta *dwg* generada por el proyecto dentro del folder “*Land Projects 2004*” del directorio raíz; mientras que en la segunda opción se escogerá una dirección personalizada por el usuario fuera o dentro del folder “*Land Projects 2004*” de la opción anterior.

- Como último paso se hace clic en el botón “OK” para crear el nuevo dibujo y proyecto.

En la Figura IV.1 se muestra el cuadro que por omisión presenta el Land Desktop para la creación y asignación de nombres y rutas del proyecto y dibujo. Los nombres de recuadros, casillas de verificación y opciones que se mencionaron en el desarrollo de la descripción anterior pueden verificarse en la Figura IV.1. La información que se proporcione a los cuadros en las figuras posteriores será respectiva al proyecto a desarrollar



**Figura IV.1 Cuadro por omisión para la Creación de un nuevo dibujo y su correspondiente asignación a un proyecto**

Por otra parte las ilustraciones de los cuadros de diálogo “*New Drawing: Project Based*” y “*Project Details*” se muestran en las Figuras IV.2 y IV.3 respectivamente.

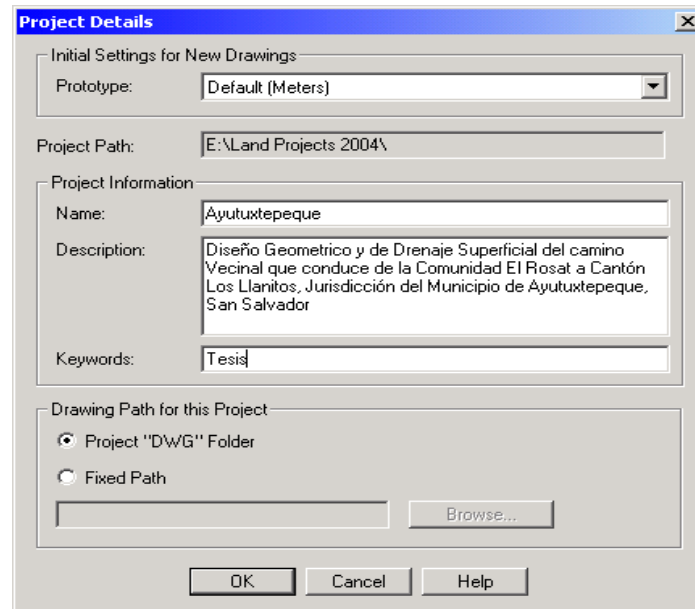


Figura IV.2 Cuadro de Detalles del Proyecto

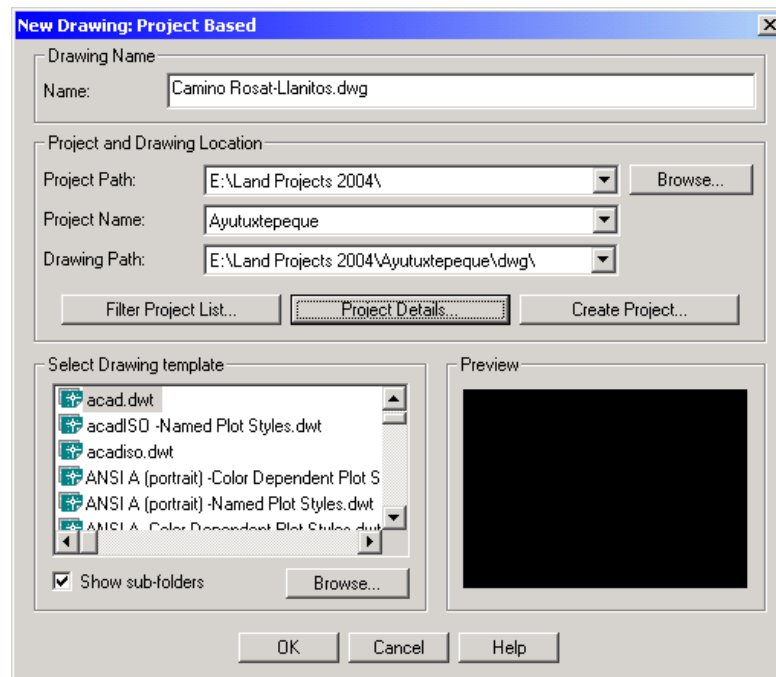


Figura IV.3 Nuevo Proyecto Creado



En la sección *Drawing Template* seleccionar el tipo de plantilla que se ocupará para el proyecto, para el caso se seleccionara la plantilla correspondiente a *acad.dwt*, clic en *OK*

Lo próximo a realizar es establecer la configuración de la base de datos de los puntos COGO.

#### **4.2. CONFIGURACIÓN DE LA BASE DE DATOS DE PUNTOS COGO.**

Inmediatamente después de hacer clic en el botón “OK” del cuadro de dialogo “*New Drawing: Project Based*” para la creación del dibujo y proyecto aparece el cuadro de dialogo “*Create Point Database*”, que genera y configura la base de datos de puntos COGO que el Land Desktop utilizará para la creación del Modelo Digital del Terreno (MDT). El cuadro de diálogo antes mencionado se muestra en la Figura IV.4. en el que se detalla el nombre del proyecto y la ubicación del archivo de puntos (sin ser dicha ubicación editable). En el recuadro inferior se solicita el número máximo de caracteres al utilizar para las descripciones de los puntos y el tamaño máximo del campo de número de puntos, es decir el número máximo de caracteres que el programa aceptará en la base de datos para identificar con un nombre a un punto o un grupo de puntos. Una vez editadas las casillas antes mencionadas se hace clic en el botón “OK”, con lo que la base de datos de puntos del proyecto queda creada.

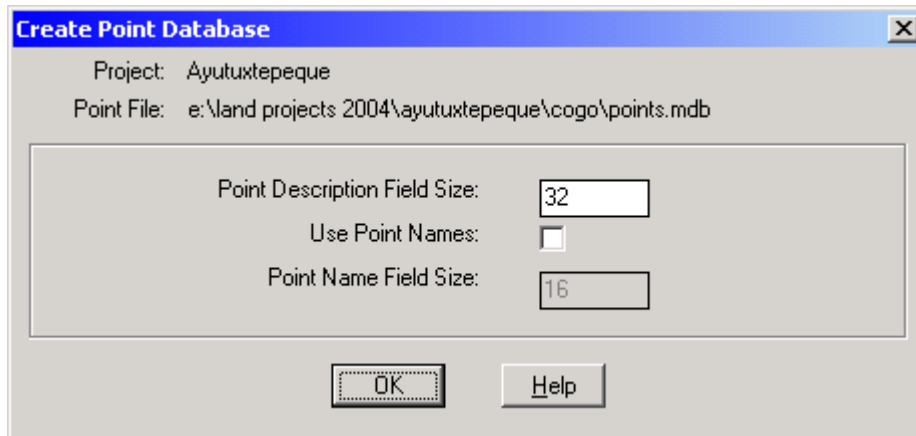


Figura IV.4 Cuadro de diálogo “Creación de Base de datos de puntos del Proyecto”

#### 4.3. CONFIGURACIÓN DEL DIBUJO

El programa solicita, como siguiente paso, configurar los parámetros del dibujo (unidades lineales y angulares, tamaño de letra y de hoja, etc.). Para ello presenta el siguiente cuadro de diálogo (Figura IV.5) :

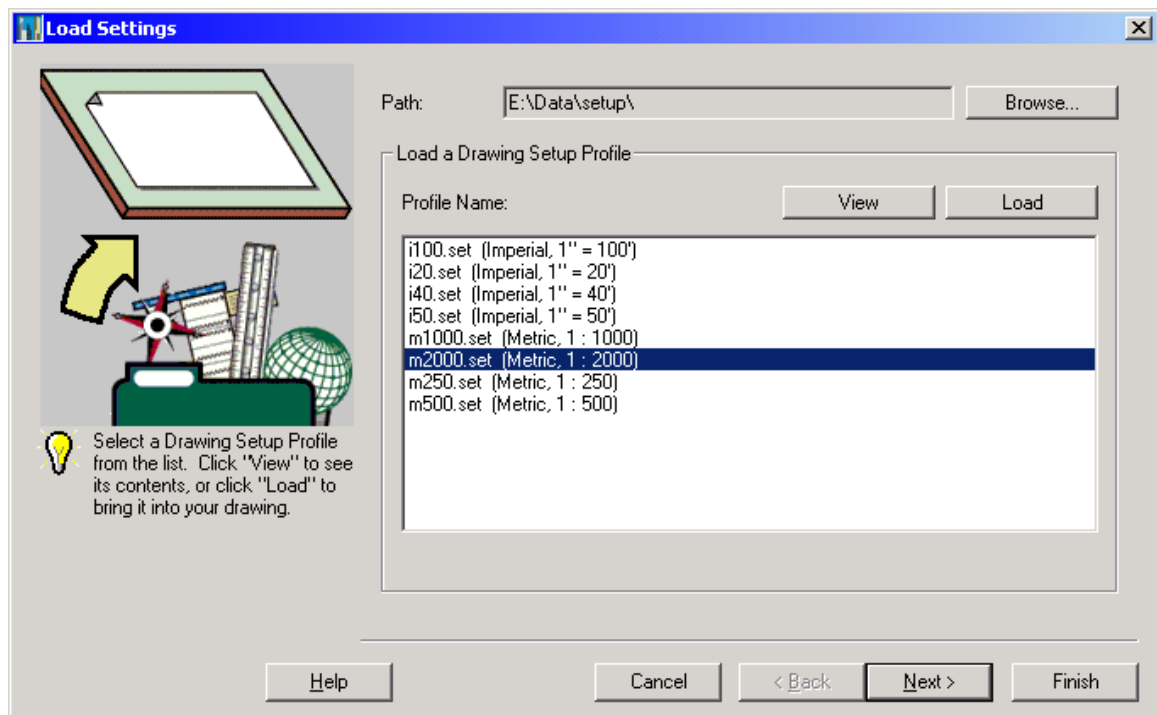


Figura IV.5 Cuadro de diálogo “Load Settings” (Cargar configuraciones)

Existen dos alternativas para seleccionar estos parámetros :

- Cargar una Configuración Existente.
- Crear una Configuración Nueva.

#### **4.3.1. Cargar una Configuración Existente.**

Al instalar el programa, se graban ocho configuraciones hechas por el fabricante. Éstas se pueden ver en la lista que muestra el cuadro: i100.set, i20.set, i40.set, i50.set, m1000.set, m2000.set, m250.set y m500.set. Todas las que empiezan con "i", se refieren a configuraciones que utilizan las unidades inglesas de medición. Las que empiezan con "m", se refieren a las que incluyen unidades métricas. Para conocer el detalle de cualquiera de ellas, es necesario seleccionarla con el cursor y luego apretar la tecla " View". La Figura IV.5 muestra la configuración " m2000". Si se está conforme con esta configuración y se desea elegir para el presente dibujo, se puede cargar, apretando la tecla " Load". Luego, para continuar con el proceso del programa, se debe apretar la tecla " Finish". Se pueden generar nuevas configuraciones, más apropiadas para cada trabajo en particular, que es lo que se hará para el proyecto del camino vecinal a desarrollar. La forma de hacerlo será explicado en el siguiente punto. Cuando se crean las nuevas combinaciones, es posible grabarlas con un nombre. De esta forma, éstas aparecerán en el futuro en la lista de configuraciones, disponibles para ser cargadas.

### 4.3.2. Crear una Configuración Nueva.

Cuando la configuración que se desea usar no está disponible en la lista que se muestra, se debe generar una nueva. Para definir los nuevos parámetros hay que apretar la tecla " Next". Aparecerá una pantalla, que solicita definir las unidades lineales y angulares, esta pantalla puede visualizarse por medio de la Figura: IV.6, en al que se han escogido ya los parámetros de unidades a utilizar para cada uno de los grupos de unidades y precisiones mostradas

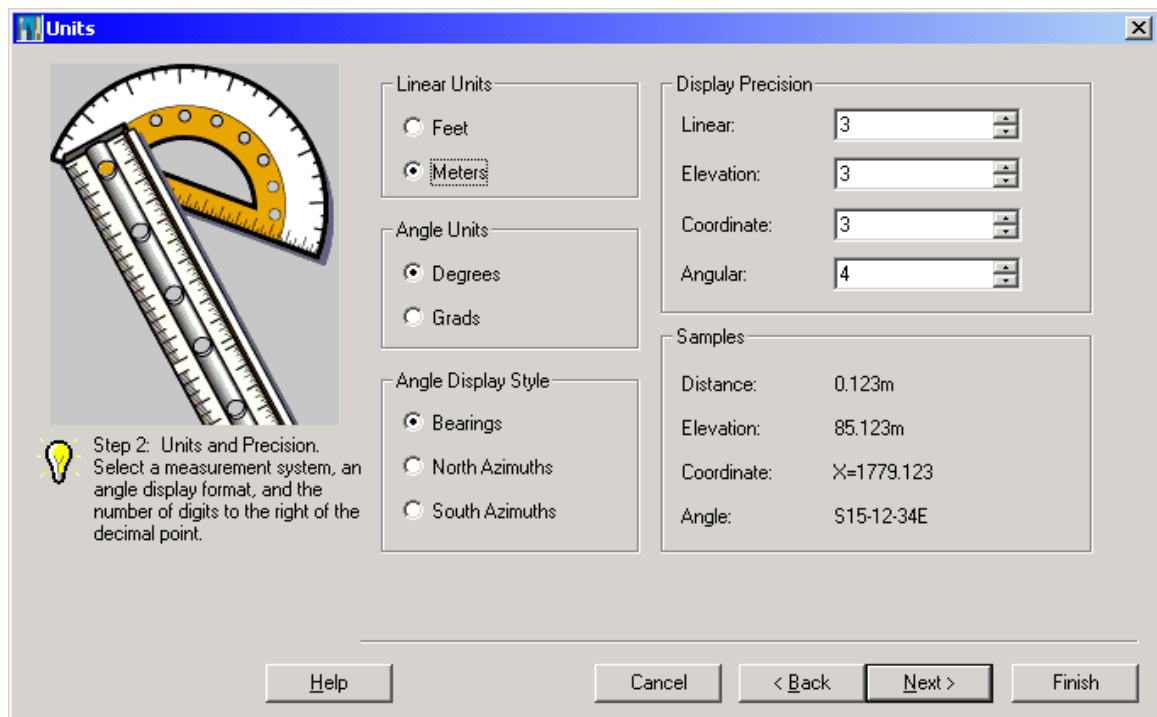


Figura IV.6 Cuadro de dialogo "Units" (Unidades a utilizar en el dibujo y proyecto)

Detalle del cuadro " Units" :

*Linear Units* : Se debe definir, si la unidad lineal, que se desea usar, será métrica ("Meters") o inglesa ("Feet"), para el caso "Meters" (Sistema métrico, es el que se utilizará para el proyecto)

*Angle Units* : Se debe definir, si la unidad angular, que se desea usar, será sexagesimal ("Degrees") o centesimal ("Grads"); se elegirá "Degrees"

*Angle Display Style* : Se debe definir, si los ángulos serán representados como rumbo ("Bearings"), azimut desde el norte ("North Azimuths") o desde el sur ("South Azimuths"); se elegirá "Bearings", es decir, "Rumbos".

*Display Precision* : Se debe definir la cantidad de decimales que usarán las unidades lineales y angulares.

Linear : Se refiere a las distancias lineales. Se elegirá ( 3 )

Elevation : Se refiere a las cotas. Se elegirá ( 3 )

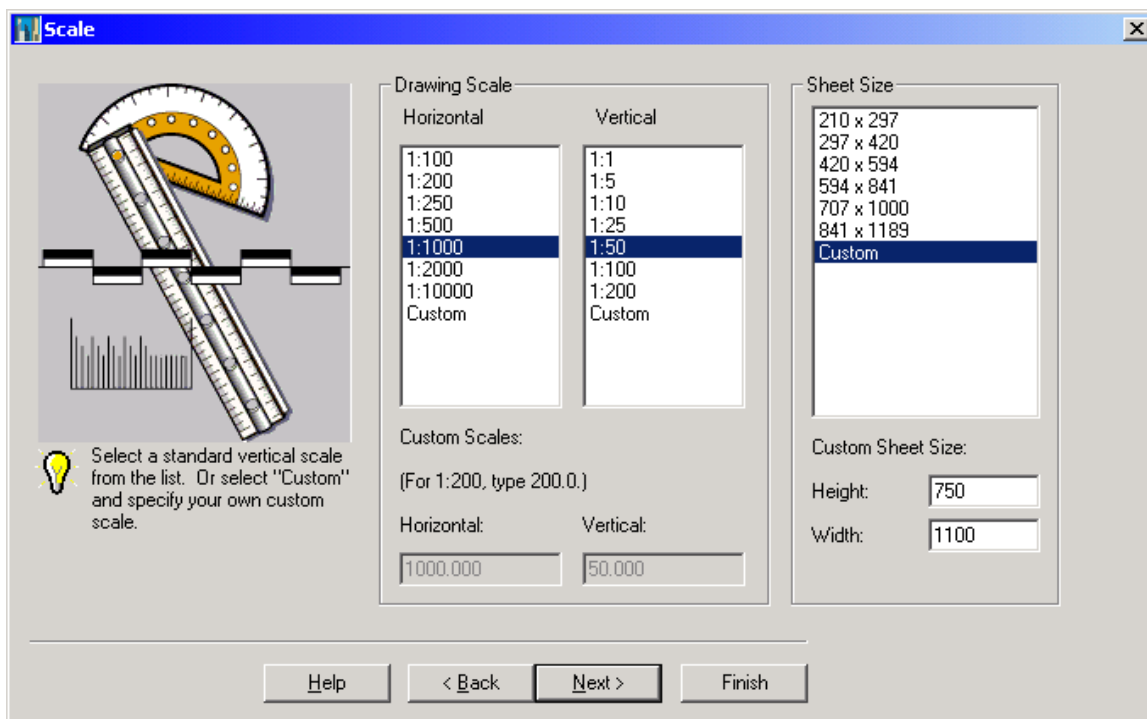
Coordinate : Se refiere a las coordenadas "norte" y "este" ó "x" e "y". Se elegirá ( 3 )

Angular : Se refiere a los ángulos. Se elegirá ( 4 )

Samples : Muestra ejemplos de las precisiones que fueron definidas en el paso anterior, para cada una de las unidades lineales y angulares. En nuestro ejemplo, la cantidad de decimales que se eligió para las tres unidades lineales fue "3" y para la angular "4". Por lo tanto, la distancia, la cota y las coordenadas se usarán al milímetro y los ángulos al segundo.

Después de definir todos los parámetros de este cuadro, se pasa a la siguiente pantalla, apretando el botón " Next".

Esta pantalla se llama " Scale", y se usa para definir las escalas de dibujo y el tamaño de hoja que se va a utilizar.



**Figura IV.7 Cuadro de dialogo "Scale" (Escala Horizontal y Vertical a utilizar en el dibujo, así como tamaño de la hoja.**

Drawing Scale : Se definen las escalas de dibujo.

Horizontal : Escala horizontal. Se puede seleccionar una de las escalas propuesta en la lista o "Custom". En este último caso, cuando se elige esta opción se enciende una ventana debajo de "Custom Scales"/"Horizontal", donde se ingresa una escala distinta a las disponibles en la lista. En nuestro ejemplo, elegimos la escala 1:1000.

Vertical : Escala vertical. Se puede seleccionar una de las escalas propuestas en la Lista o "Custom". En este último caso,

cuando se elige esta opción se enciende una ventana debajo de "Custom Scales" / "Vertical", donde se ingresa una escala distinta a las disponibles en la lista. En nuestro ejemplo, elegimos la escala 1:50.

Sheet Size : Se selecciona el tamaño de hoja, que se va a utilizar.

Se puede elegir cualquiera de los tamaños disponibles en la lista:

210 x 297 (en mm) : Tamaño DIN A4.

297 x 420 (en mm) : Tamaño DIN A3.

420 x 594 (en mm) : Tamaño DIN A2.

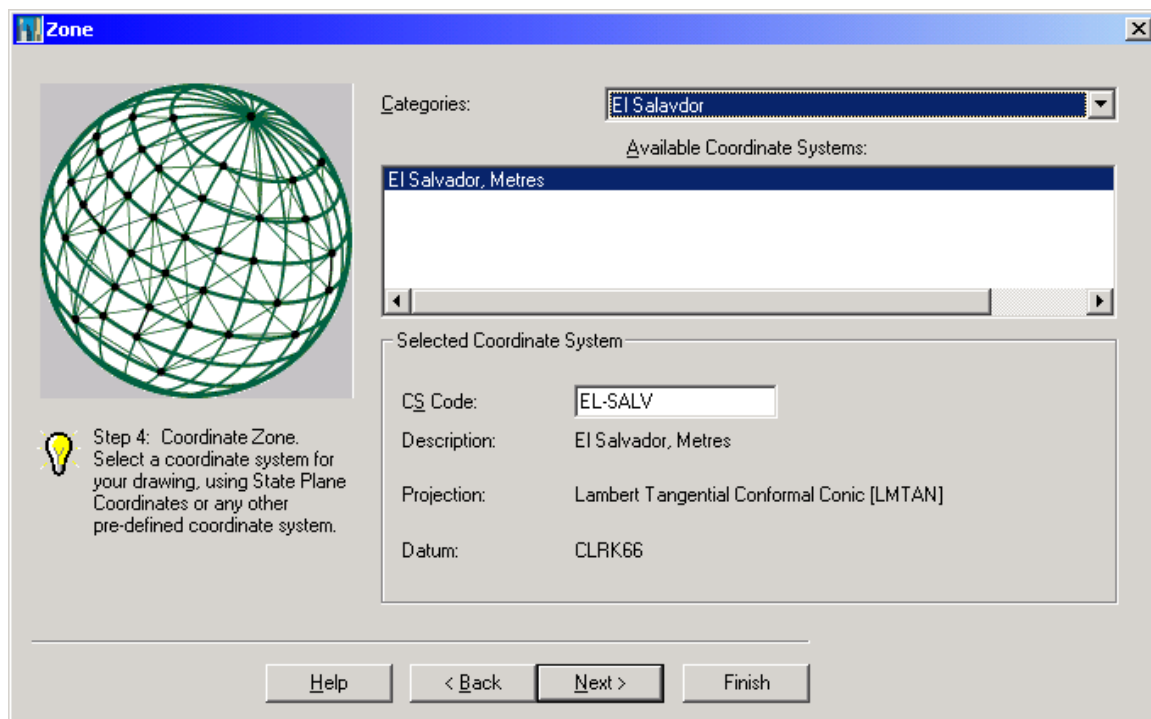
594 x 841 (en mm) : Tamaño DIN A1.

707 x 1000 (en mm) : Tamaño no estándar, inventado por el fabricante.

841 x 1189 (en mm) : Tamaño DIN A0.

Si ninguno de los formatos disponibles es satisfactorio para un trabajo en particular, se puede elegir la alternativa "Custom". En ese caso, se encienden dos ventanas debajo de "Custom Sheet Size", donde habrá que ingresar los valores particulares para la altura ("Height") y el ancho ("Width") de la hoja. Estos deberán ser ingresados en milímetros. En nuestro ejemplo se eligió la opción de tamaño personalizado de la hoja por lo que se configuró una hoja de 750 mm de alto por 1100 mm de largo.

La siguiente pantalla que aparece, después de apretar la tecla "Next", tiene como nombre "Zone".



**Figura IV.8. Cuadro de dialogo "Zona" (Características Geográficas que rigen el plano)**

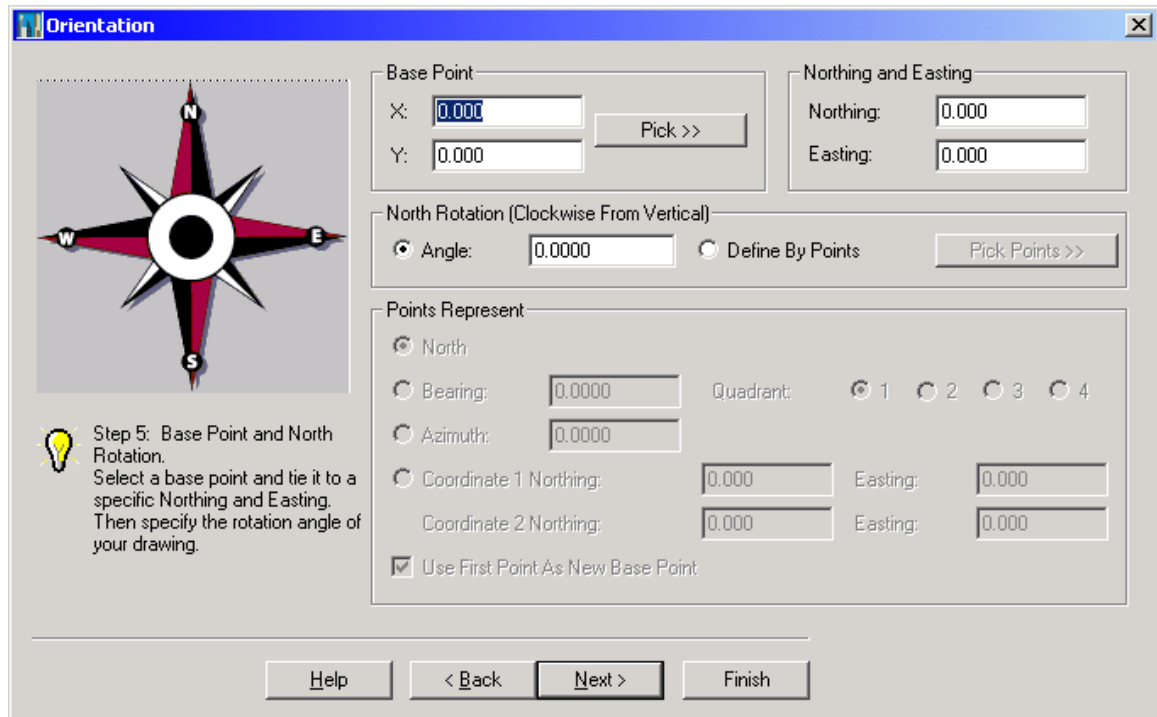
En este cuadro se definen las características geográficas que regirán el plano. Estos parámetros solamente se deben tomar en cuenta, si se fuera a trabajar con coordenadas geográficas. Si este no fuera el caso, sólo se selecciona la tecla "Next" para pasar a la siguiente pantalla, sin importar lo que quedó definido en ésta.

Categories : Se selecciona el Datum, en el cual se desea trabajar. Existen muchas alternativas para elegir, pero para el caso solamente una de utilidad: "El Salvador". El Datum que se elija, dependerá de la cartografía que se esté usando como información.



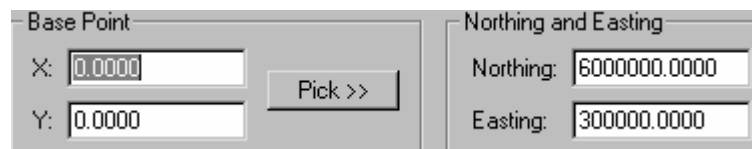
Available Coordinate Systems : Se elige el Huso que corresponda a la cartografía que se está usando como fuente de información. Es de gran utilidad en países cuyas extensiones territoriales son tan grandes que es necesario subdividirlos para poder ubicar con mayor precisión y claridad los puntos de interés. En nuestro ejemplo, se selecciona de forma automática "El Salvador, Metres", dado que es la única opción disponible.

Después de apretar la tecla "Next", la siguiente pantalla que se despliega, se llama "Orientation". En ella se puede establecer si el plano o dibujo va a estar rotado, respecto al norte, y/o trasladado, respecto a sus coordenadas base ("x=este=0" e "y=norte=0").



**Figura IV.9 Cuadro de dialogo "Orientation" (Rotación y/o traslado del dibujo con respecto a sus coordenadas base)**

Traslado de coordenadas : Es posible trasladar el sistema de coordenadas, norte y este, a un punto base distinto que el 0,0 (x,y). Es decir, normalmente, el punto  $x=0$  corresponde al Este=0 y el  $y=0$  al Norte=0, pero se puede crear una relación distinta.



**Figura IV.10 Punto base y coordenadas a referir a dicho punto**

En el ejemplo, se muestra que, para el  $x=0$ , el este=300000 y para el  $y=0$ , el norte=6000000. Por lo tanto, un punto que esté en

las coordenadas  $x=20400$  e  $y=327500$ , tendrá las coordenadas norte=6327500 y este=320400. En este ejemplo, el punto base que se usó corresponde al 0,0 (x,y), pero también se pueden crear otras relaciones, como se muestra a continuación :

The dialog box is titled 'Base Point' and 'Northing and Easting'. It contains two input fields for X and Y coordinates, both set to 1000.0000. A 'Pick >>' button is located between the X and Y fields. To the right, there are two input fields for Northing and Easting, both set to 500.0000.

**Figura IV.11 Punto base diferente de 0,0 y coordenadas a referir a dicho punto**

En este segundo ejemplo, la coordenada  $x=1000$ , corresponde al este=500 y la coordenada  $y=1000$  al norte=500. Por lo tanto, un punto que esté en las coordenadas  $x=980$  e  $y=560$ , tendrá las coordenadas norte=60 y este=480.

También es posible definir el punto base (x,y) seleccionándolo directamente en el dibujo. Para ello se utiliza la opción " Pick>>".

Rotación del norte : Generalmente, el norte se representa en un plano, mirando hacia arriba. Para cambiarlo, existen dos alternativas :

The dialog box is titled 'North Rotation (Clockwise From Vertical)'. It contains two radio buttons: 'Angle' (selected) and 'Define By Points'. The 'Angle' radio button is followed by an input field containing 0.0000. The 'Define By Points' radio button is followed by a 'Pick Points >>' button.

**Figura IV.12 Alternativas de giro del Norte**

Angle : Se puede ingresar el ángulo de rotación.

Define By Points : Se pueden seleccionar dos puntos, gráficamente, en el dibujo ("Pick Points"). La dirección que definen estos puntos, será el nuevo norte.

La siguiente pantalla se llama "Text Style". En ella se selecciona el tamaño de letra que se desea usar.

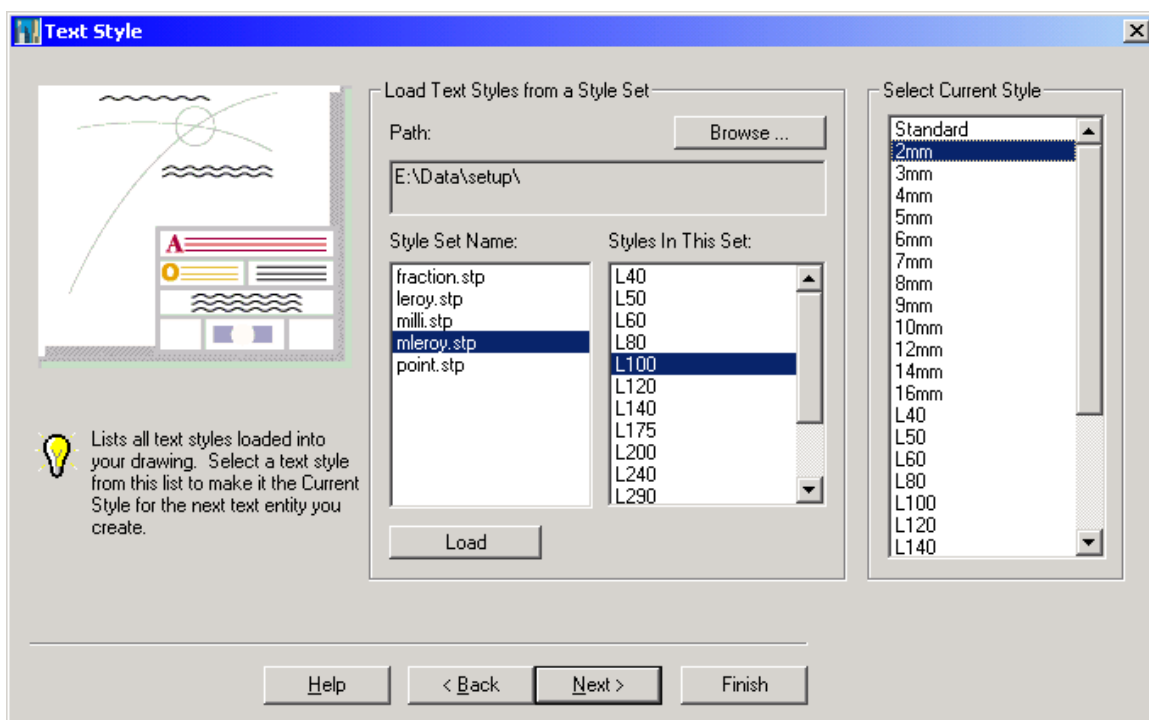


Figura IV.13 Cuadro de Diálogo "Text Style"

Style Set Name : En este bloque existen 5 alternativas para seleccionar grupos de tamaños de letras. Los grupos "fraction", "leroy" y "point" son utilizados por los usuarios de unidades inglesas (pies y pulgadas). En el caso nuestro, las dos alternativas válidas son "Mili " y "Mleroy".

Mili.stp : Carga un grupo amplio de normógrafos (0.2, 0.3, etc.).

Mleroy.stp : Carga un grupo amplio de planchas Leroy (L80, L100, L120, etc.).

Styles In This Set : Al elegir un grupo en el bloque anterior, se cargan en éste todos los tamaños disponibles de letras. Al seleccionar cualquiera de ellos, todos los pertenecientes al grupo se cargan en el siguiente bloque. Si esto se repite con otro grupo, en " Select Current Style", aparecerán disponibles los tamaños de ambos grupos. De esa forma, durante el desarrollo del dibujo, se tendrá más alternativas de selección, cuando se requiera cambiar los tamaños de las letras.

Select Current Style : Finalmente, en este bloque se elige el tamaño de letra, con el cual se iniciará el dibujo.

La próxima pantalla, "Border", es la última que se debe definir.

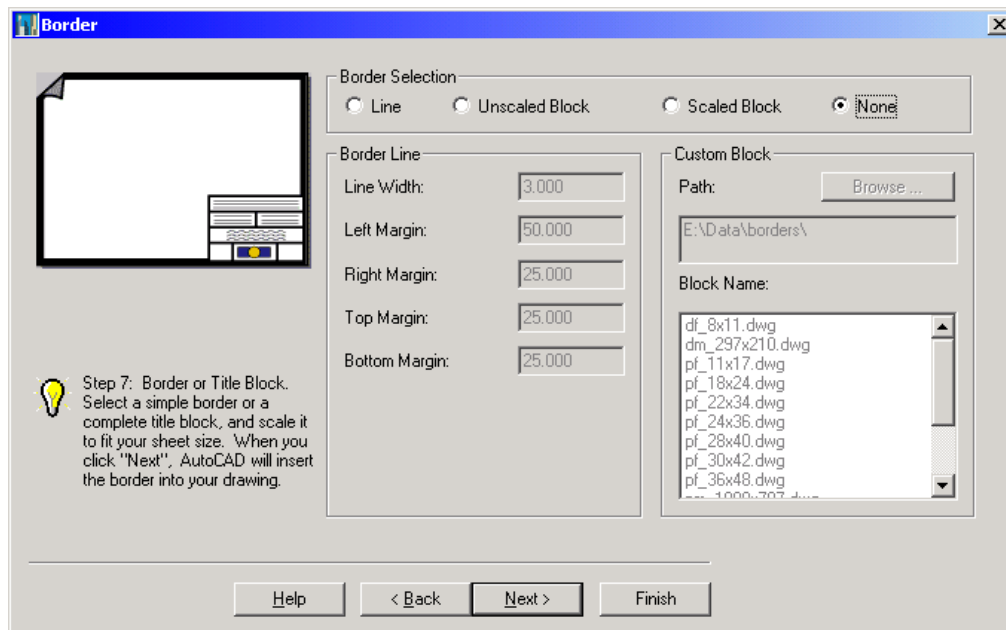


Figura IV.14 Cuadro de Diálogo "Border"

Existen cuatro alternativas de selección de bordes :

Line : Al seleccionar esta alternativa, se enciende el bloque " Border Line". En él

hay que ingresar, en milímetros, los siguientes parámetros :

Line Width : Ancho de la línea de borde.

Left Margin : Margen izquierdo del borde.

Right Margin : Margen derecho del borde.

Top Margin : Margen superior del borde.

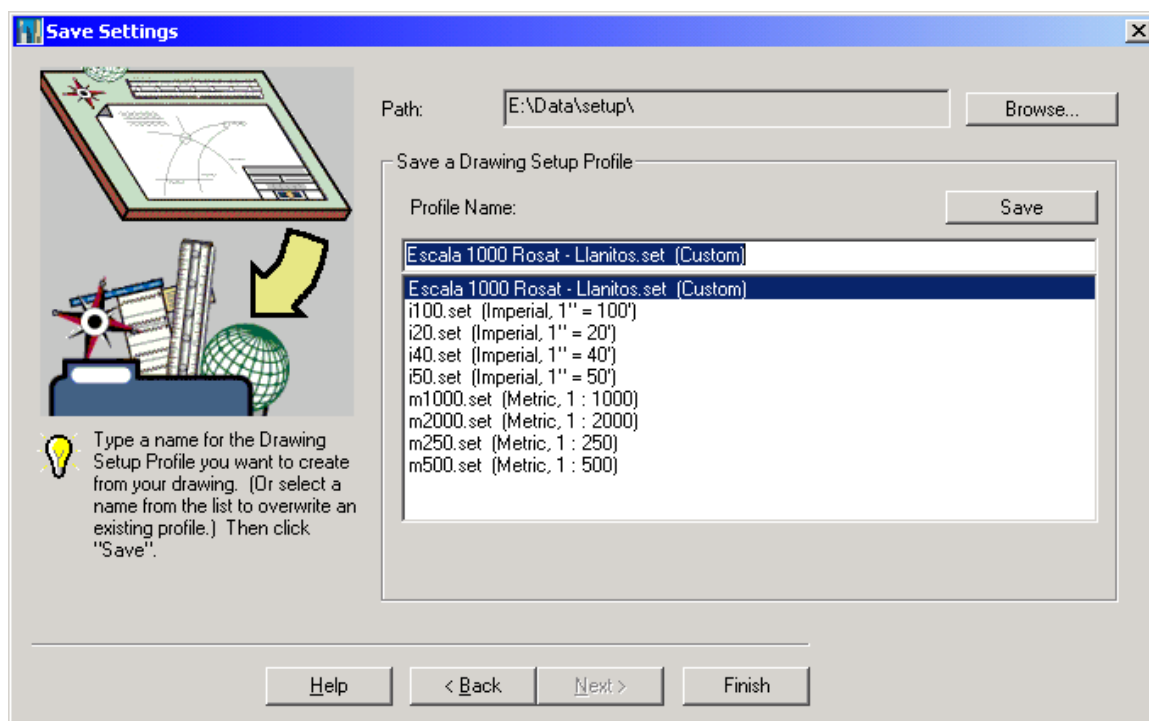
Bottom Margin: Margen inferior del borde.

Unscaled Block y Scaled Block : Al seleccionar una de estas alternativas, se enciende el bloque " Block Name". En él, se pueden encontrar un número amplio de bordes prehechos, guardados como dibujos "DWG" en la dirección que aparece debajo de " Path Name". Para conocerlos, hay que decidirse a abrir uno por uno en AutoCAD o insertarlos al dibujo como borde. La diferencia entre "

Unscaled Block" y " Scaled Block", es que al insertar un borde con la primera alternativa, éste es dibujado a escala 1:1; con la segunda, éste es insertado tomando en cuenta la escala horizontal que se eligió en la pantalla " Scale".

None : No se considera ningún borde para el dibujo.

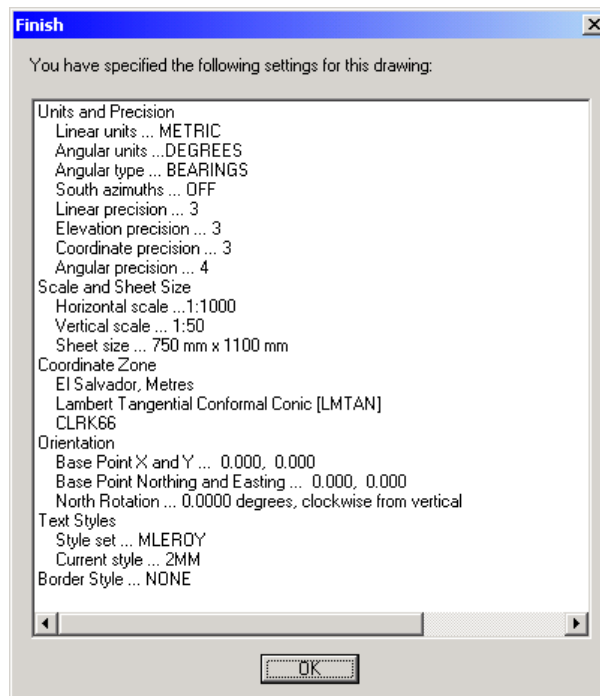
Con esta última definición, se ingresa a una pantalla muy parecida a la inicial.



**Figura IV.15 Cuadro de Diálogo "Save Settings"**

La diferencia entre ésta y la de inicio, es que permite guardar, con un nombre, todos los parámetros que fueron definidos. El nombre que se le dio a nuestro ejemplo es "Escala1000". Después de seleccionar la tecla " Save", esta combinación de definiciones queda disponible en la lista de configuraciones, de tal forma, que se podrá usar en trabajos futuros. Para terminar con la configuración del dibujo, se debe apretar la tecla " Finish".

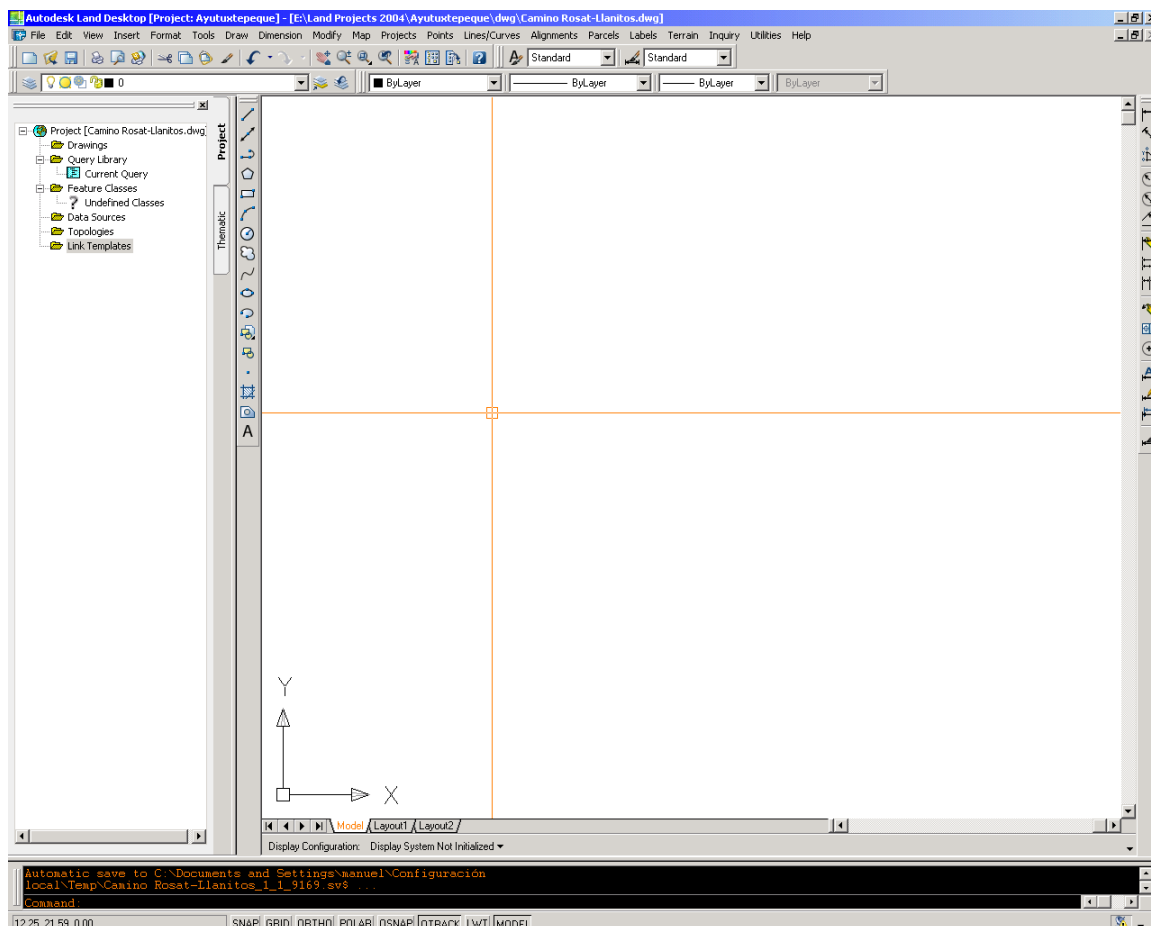
El programa muestra un resumen de todos los parámetros que han sido definidos y que registrarán el presente dibujo.



**Figura IV.16 Resumen de los parámetros definidos por el usuario**

Una vez finalizada la configuración del dibujo, se ingresa a la pantalla de dibujo del Land Desktop, como se muestra en la Figura IV.17. A la izquierda aparecerá un espacio de trabajo, denominado " Project Workspace". Éste espacio resulta muy útil, cuando se está trabajando en AutoCAD Map; pero si éste no es el caso, es recomendable apagarlo, para recuperar una pantalla más amplia.





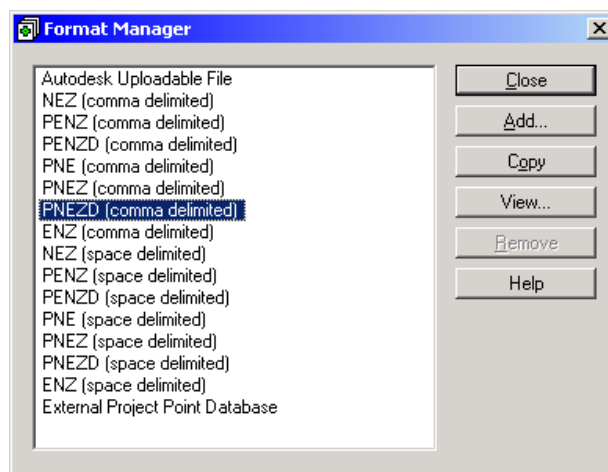
**Figura IV.17** Pantalla de dibujo de Land Desktop 2004, posterior a la configuración del dibujo y proyecto

#### 4.4. LECTURA DE UN ARCHIVO DE PUNTOS EN FORMATO ASCII

Es posible ingresar puntos a la base de datos, haciendo una lectura a un archivo ASCII de coordenadas. Esa es la forma de crear muchos puntos de manera muy rápida. El orden de los datos dentro del archivo no influye, porque se puede preparar un formato de lectura adecuado para cualquier archivo. Además, existen distintas opciones de importación, de tal forma, que el usuario pueda controlar mejor el ingreso de los puntos a la base de datos. Para el caso particular del ejemplo a

desarrollar en este trabajo de graduación los puntos se cargarán desde un archivo de coordenadas ASCII, puesto que el levantamiento topográfico del tramo de camino fue realizado con una estación total marca SOKKIA modelo SET-500 y cuyo programa de descarga de información cruda de campo, ejecuta una transformación de formato a un archivo de texto, que puede ser cargado en el Land Desktop y a la vez puede ser visualizado en un procesador de texto.

#### 4.4.1. Determinación del formato de lectura del archivo de puntos.



**Figura IV.18 Comando "Format Manager"** permite seleccionar un formato de importación de puntos existente o crear uno nuevo.

El comando "Format Manager" permite crear formatos de lectura de archivos de puntos. Para llegar a él se puede hacer por medio del menú Points→Import/Export Points→Format Manager. Al seleccionarlo, se ingresa al cuadro de diálogo mostrado en la Figura IV.18. En este cuadro se pueden seleccionar algunos formatos de lectura existentes. Estos se crean con la instalación del programa. Pero además, se pueden crear nuevos, modificar los existentes o borrar alguno que ya no se

deseo. Para realizar estas operaciones se deben usar los botones a la derecha de la Figura IV.18.

Close : Esta opción cierra el cuadro de diálogo.

Add : Esta opción permite crear un nuevo formato de lectura.

Copy : Esta opción permite salvar un formato existente con un nombre distinto.

Modify : Esta opción permite modificar un formato existente en todas sus características. Incluso el nombre. Al seleccionarlo se ingresa a la misma caja de diálogo que al elegir la instrucción " Add".

Remove : Esta opción permite borrar formatos existentes.

Help : Esta opción permite desplegar el archivo de ayuda de Autodesk Land Desktop con el objeto de hacer consultas referidas al tema. Al seleccionar la tecla "Add", antes de desplegarse el cuadro que nos permitirá crear un nuevo formato de lectura, aparecerá otro de nombre "Format Manager-Select Format Type". En este cuadro se deberá seleccionar si el formato de lectura que se creará, será para leer un archivo de coordenadas o una base de datos (solamente permite leer bases de datos creadas en ACCESS, con extensión \*.mdb).

User Point File : Esta opción se selecciona si se desea leer un archivo de puntos compuesto por coordenadas.

User Point Database : Esta opción se selecciona si se desea leer una base de datos.

En esta oportunidad, solamente se estudiará la primera alternativa, por ser la más comúnmente usada. Esta se refiere a la importación de archivos de coordenadas.

Para ver más detalles acerca de la segunda opción, se deberá usar el Manual de Referencia del Autodesk Land Desktop 2004.

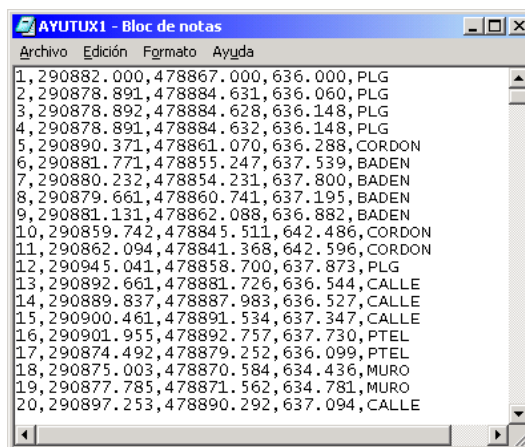
Para el caso de este trabajo de graduación, utilizaremos la opción PNEZD (comma delimited) marcada en la Figura IV.18, es decir, los datos en el archivo de texto contendrán la información separada por comas y en el siguiente orden, de izquierda a derecha:

- Punto Número (**P**)
- Latitud (**N**)
- Longitud (**E**)
- Elevación correspondiente al punto (**Z**)
- Descripción del punto (**D**)

Cabe destacar que en este punto no es posible seleccionar cual de los formatos de importación es el que se utilizará para la carga de los puntos al programa, puesto que si bien son mostrados, no son seleccionables, a menos que sea para tomarlo como punto de partida en la creación de algún formato especial y/o personalizado, de otra manera se tendrá que seleccionar el formato de importación de puntos desde el cuadro de dialogo Format Manager-Import Points, desde donde sí es posible elegir el formato de importación que se desee o se necesite utilizar.

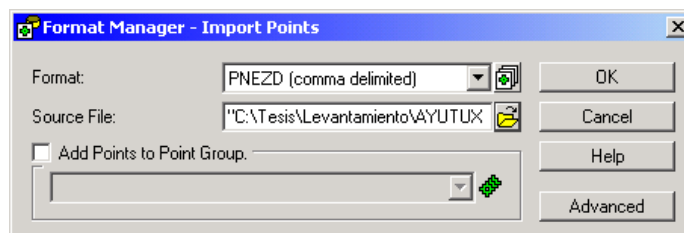
Un ejemplo de la configuración de puntos del archivo de texto antes mencionada puede ser observada en la Figura IV.19 en donde en la primera línea y a manera de ejemplo se describirá el contenido del mismo. De izquierda a derecha en la primera línea del archivo se tiene ( 1 ) que corresponde al número de punto, luego separado por una coma se encuentra ( 290882.000 ) que corresponde a la Latitud del punto 1, de igual forma se encuentra ( 478867.000 ) correspondiente a la Longitud,

separados por una nueva coma ( 636.000 ) que es la elevación del punto; se tiene por último ( PLG ) que es la descripción que le fue asignada al punto en la estación total, durante el levantamiento topográfico.



**Figura IV.19 Ejemplo de Archivo ASCII para importación de puntos Presenta formato de importación PNEZD.**

Finalmente, después de haber definido el formato de lectura y las opciones de importación, se pueden importar los puntos a la base de datos del Land Desktop. Para ello, se utiliza el comando "Import Points", al cual es posible acceder por medio de la secuencia Points → Import/Export Points→Import Points... . Al seleccionarlo, se despliega el cuadro de diálogo mostrado en la Figura IV.20:



**Figura IV.20 Cuadro de dialogo Format Manager – Import Points.**

**Format :** En este espacio se selecciona el formato de lectura que se usará, de la lista disponible al apretar la flecha que indica hacia abajo.

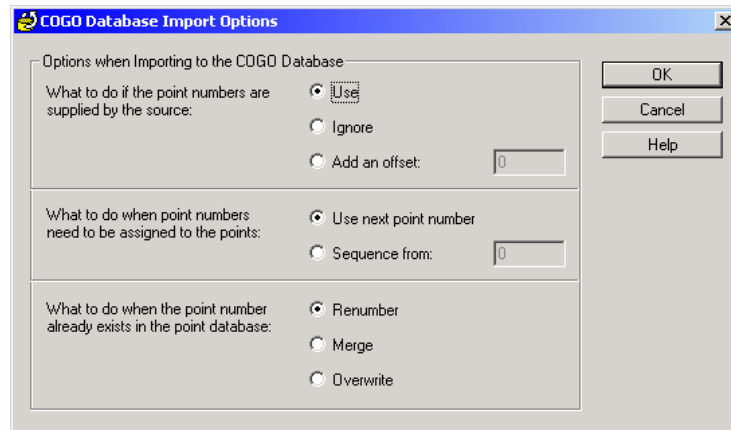
**Source File :** En este espacio se selecciona el archivo que se leerá. Para realizar esta operación, se debe escribir el nombre del archivo, indicando los directorios dónde se ubica, o utilizando el símbolo de la carpeta para buscarla entre los directorios.

**Add Points to Point Group :** Esta opción se enciende si se desea que los puntos importados formen parte de un "Grupo de Puntos= Point Group".. Se puede seleccionar un grupo existente, de la lista disponible al apretar la flecha que indica hacia abajo, o crear uno nuevo, específicamente para los puntos que serán importados.

Como ya se mencionó anteriormente se utilizará para el caso de este trajo de graduación el formato de importación de puntos PNEZD (comma delimited), que es el formato que se ha seleccionado en el cuadro de diálogo de la Figura IV.20. Para poder acceder al archivo ASCII donde se encuentra toda la información de los puntos a utilizar para la generación del modelo digital del terreno se ha dispuesto en la casilla Source File la ruta del archivo "Ayutuxte.txt", cuyo contenido puede ser apreciado de forma parcial pero ilustrativa en la Figura IV.19.

El comando " Import Options" permite controlar la importación de puntos en casos críticos. Por ejemplo, si se desea importar puntos a una base de datos, que ya contiene información previamente.

Al seleccionarlo, se despliega el siguiente cuadro de diálogo :



**Figura IV.21 Cuadro de diálogo COGO Database Import Options.**

What to do if the point numbers are supplied by the source = ¿ Qué hacer si la numeración de los puntos es provista por el archivo que se leerá?:

**Use :** Se debe seleccionar esta opción, si se desea utilizar la numeración de los puntos que viene dada en el archivo ASCII que se leerá.

**Ignore :** Esta opción se selecciona, si no se desea utilizar la numeración de los puntos que viene dada en el archivo que se leerá. Si este es el caso, el programa creará una numeración propia, regida por las condiciones que se definan en " What to do when point numbers need to be assigned to the points".

**Add an offset:** Esta opción debe ser seleccionada, si se desea usar la numeración provista por el archivo de puntos, pero agregándole a cada número de punto una cifra fija. Ésta debe ser ingresada en el espacio disponible para ello a la derecha de la opción. Por ejemplo, si la cifra que se desea agregar es 100, entonces los puntos # 1, #2 y #3 del archivo, serán importados como #101, #102 y #103.

What to do when point numbers need to be assigned to the points = ¿Qué hacer, si se le debe asignar una numeración a los puntos? :

Use next point number : Esta opción se debe seleccionar si se desea, que el primer punto del archivo asuma el número siguiente disponible en la base de datos. Por ejemplo, si ya existen puntos en la base de datos y el último es el #193, el primer punto que será importado desde el archivo, tomará el número #194. No importa si este número correspondía al #1 en el archivo ASCII.

Sequence from : Esta opción se debe seleccionar si se desea, que los puntos que serán importados a la base de datos empiecen a ser numerados secuencialmente, a partir de un número determinado. El número de partida se debe ingresar en el espacio disponible a la derecha de la opción. Por ejemplo, si se ingresa como número inicial el #1000, el primer punto que será importado del archivo asumirá ese número, el siguiente será el #1001 y así continuará secuencialmente, hasta terminar la lectura del archivo.

What to do when the point number already exists in the point database = ¿Qué hacer si un número de punto, que será importado, ya existe en la base de datos? :

Renumber : Esta opción se debe seleccionar si se desea que un punto que será importado, cuyo número ya existe en la base de datos, asuma un número distinto al original. Si este es el caso, el programa le asignará una numeración distinta, rigiéndose por las condiciones impuestas en " What to do when point numbers need to be assigned to the points".



Merge : Esta opción se selecciona si se desea que el nuevo punto, cuyo número ya existe en la base de datos, sobrescriba al existente en todos los datos comunes que tengan, pero que deje los que no tienen en común. Es una mezcla entre el punto existente y el nuevo, siendo el segundo el que siempre tendrá mayor peso.

Ejemplo :

El punto existente en la base de datos tiene la siguiente información :

#=50  
norte=500  
este=500  
cota=80  
descripción=estación

El nuevo punto que será importado tiene la siguiente información :

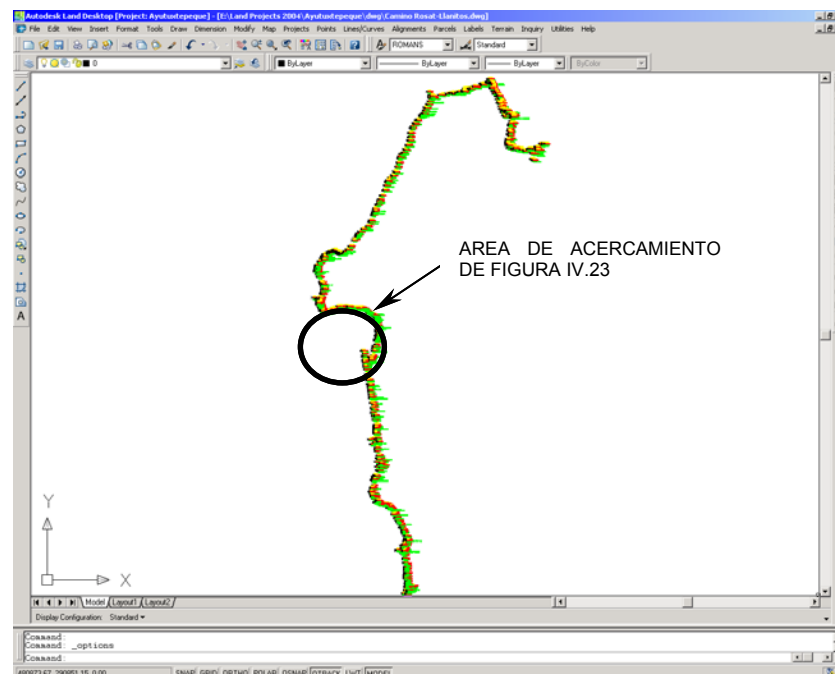
#=50  
norte=1500  
este=1500

Por lo tanto, el punto resultante, que quedará ingresado en la base de datos es el siguiente :

#=50  
norte=1500  
este=1500  
cota=80  
descripción=estación

Overwrite : Esta opción se debe seleccionar si se desea que el nuevo punto, cuyo número ya existe en la base de datos, sobrescriba por completo al existente. No mezcla la información de ambos, como lo hace la opción "Merge", sino que elimina al punto antiguo.

Para los fines de este trabajo de graduación se usarán las opciones que se encuentran seleccionadas en la Figura IV.21 como opciones en la importación de puntos COGO a la base de datos del proyecto. Los resultados de la importación de los puntos al dibujo se muestran en la Figura IV.22

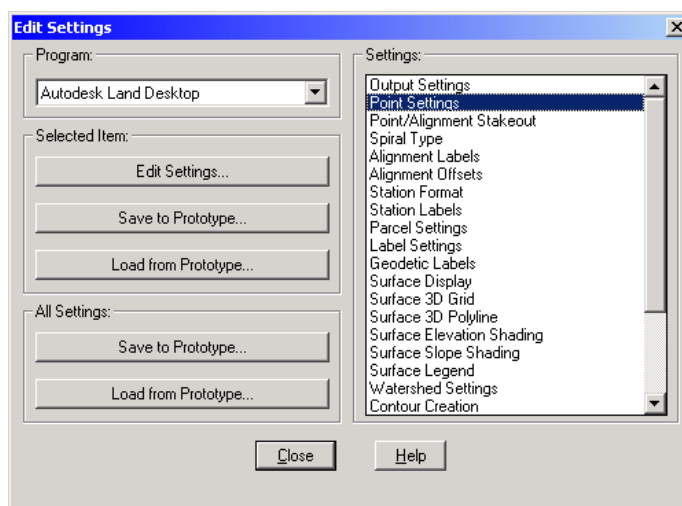


**Figura IV.22 Resultado de la Importación de puntos del archivo ASCII**

Para observar en mayor detalle cual fue el resultado de la importación de puntos a partir del archivo ASCII se hace una ampliación al dibujo en la zona marcada en la Figura IV.22, misma que se ilustra a continuación por medio de la Figura IV.23

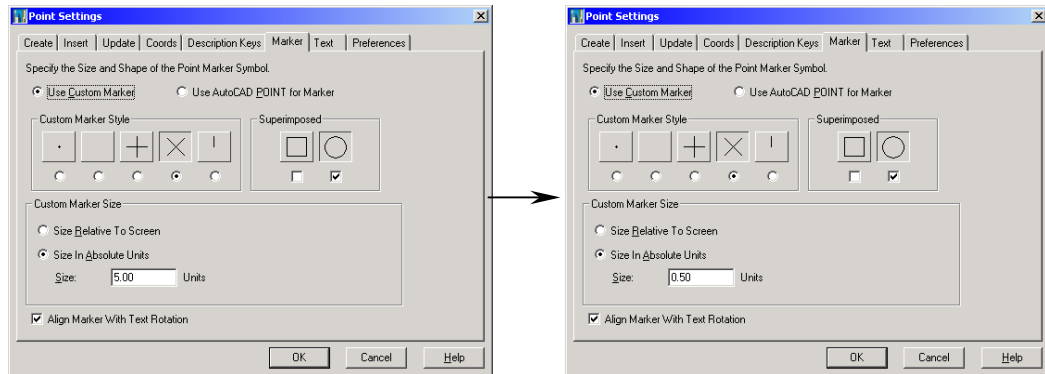


por medio de la siguiente ruta: Points→Edit Points→Erase, en la barra de comando se preguntará como se desean borrar los puntos , mostrando las opciones: All/ Numbers/Group/Selection/Dialog) ? <All>: a lo que se contestará digitando la letra “A” en la línea de comando y pulsando enter, esto hará que los puntos sean borrados tanto del dibujo como de la base de datos del programa. Luego de esto se modificaran las condiciones necesarias en la ruta: Projects→Edit Drawing Settings... que presentará el cuadro de diálogo que se muestra en la Figura IV.24,



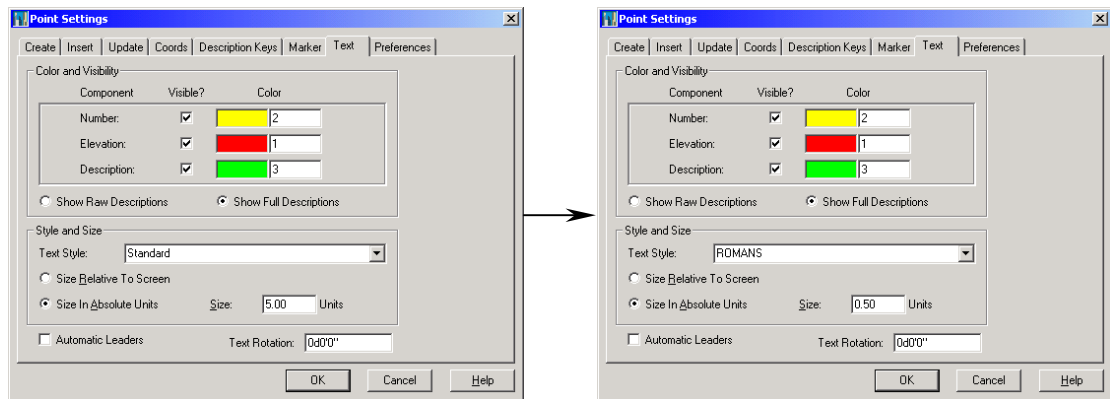
**Figura IV.24 Cuadro de diálogo de Edición de las Configuraciones del dibujo**  
**Nótese la selección actual: Point Settings**

En la Figura IV.24 puede verse que se ha escogido en el recuadro de la derecha “Point Settings”, posterior a esta elección deberá hacerse clic sobre el botón “Edit Settings” del lado izquierdo, en el recuadro Selected Item; lo que nos llevará al fichero mostrado en la Figura IV.25, en donde en la ficha “Marker” se cambiará el tamaño del marcador de 5 a 0.5.



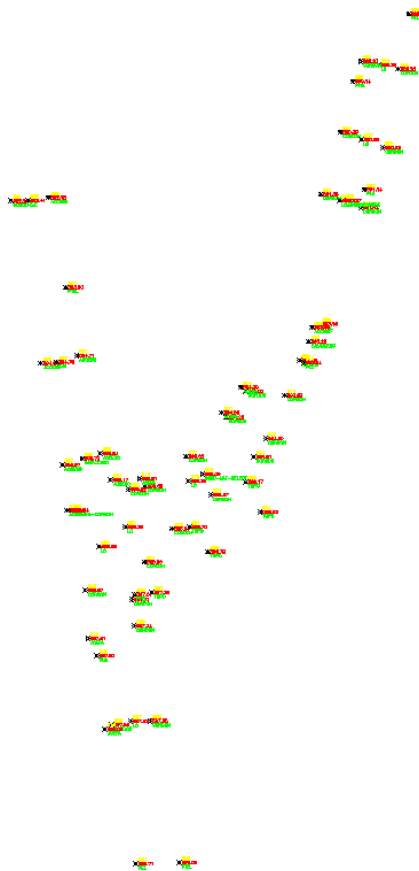
**Figura IV.25** Fichero Marker del Cuadro de diálogo Point Settings  
Puede verse la diferencia del antes(izquierda) y después(derecha) en el tamaño del marcador

Realizado este cambio deberá afectarse también el tamaño del texto correspondiente a las etiquetas del punto, esto se hará en la ficha “Text”, en donde se harán cambios similares a los realizados en la ficha “Marker”, para este caso se harán cambios en estilo de texto y tamaño del mismo, los valores asignados pueden verse claramente en la Figura IV.26



**Figura IV.26** Fichero “Text” del Cuadro de diálogo “Point Settings”  
Puede verse la diferencia del antes(izquierda) y después(derecha) en el tamaño y estilo del Texto

Una vez realizados estos cambios, podrá ejecutarse nuevamente la carga de los puntos del archivo de texto. La carga de los puntos se realizará de la misma manera en la que se hizo la primera vez, por lo que únicamente se mostrarán en la Figura IV.27 los resultados de los cambios ejecutados.



**Figura IV.27 Ampliación de la zona marcada en la Figura IV.22  
Muestra los cambios de tamaño de los puntos y textos.**

En la Figura IV.27 puede verse claramente que la nueva configuración de tamaños de marcadores y textos resulta ser más legible para la presentación de resultados de este caso particular, por lo que con esto queda completa y detallada la parte de carga de puntos a partir de un archivo de texto.

#### 4.5. CREACIÓN Y ELIMINACIÓN DE GRUPOS DE PUNTOS “POINT GROUPS”

Los puntos de la base de datos pueden ser agrupados, de tal forma que resulte más fácil su manejo durante el desarrollo del trabajo. Algunos ejemplos para Grupos de Puntos podrían ser: todos los puntos correspondientes a la vegetación de un plano, a la vialidad, las estaciones, los puntos topográficos, etc. Es conveniente agrupar los puntos que tengan características topográficas comunes, para lidiar solamente con algunos puntos, no con todos los que pertenecen a la base de datos.

Existe un administrador de Grupos de Puntos. Con él se pueden crear nuevos grupos y borrar alguno existente que ya no se desee. Además, es posible revisar la información que contiene cada grupo. El comando que se usa para ingresar al administrador es "Point Group Manager", para acceder a él por medio de la barra de menú, se puede hacer a través de la siguiente ruta: Points→Point Management→Point Group Manager...

Al seleccionar el comando se ingresa al siguiente cuadro de diálogo :

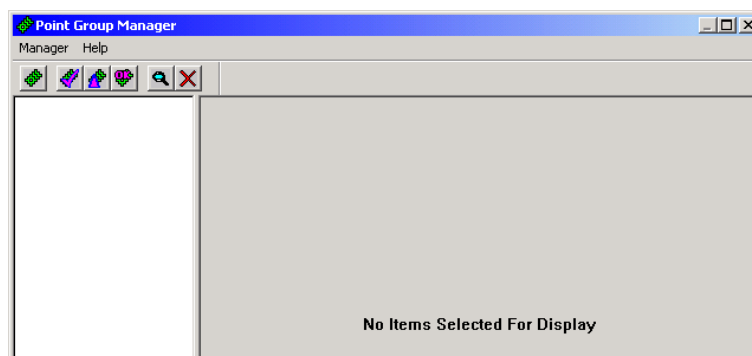


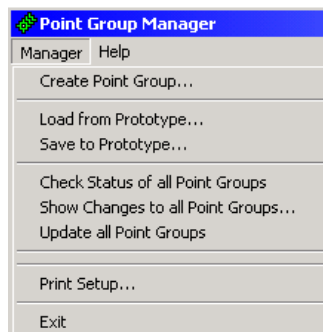
Figura IV.28 Cuadro de Diálogo Point Group Manager

En él se observan dos ventanas. Una a la izquierda (color blanco), que se encuentra vacía y otra a la derecha (color gris) que indica " No Items Selected For Display". Esta advertencia significa, que no es posible exponer información, porque ningún Grupo ha sido seleccionado. Si existieran Grupos de Puntos, la lista de ellos se mostraría en la ventana izquierda y al seleccionar uno de ellos, la información que contiene, se desplegaría en la ventana derecha.

#### 4.5.1. Creación de Grupos de Puntos.

En la parte superior del cuadro del administrador de Grupos de Puntos, se encuentran dos menús: " Manager" y" Help".

Manager : Al seleccionar este menú se despliegan los comandos:



**Figura IV.29 Menu Manager del cuadro de diálogo Point Group Manager.**

Create Point Group : Permite crear Grupos de Puntos.

Load from prototype: Carga un prototipo existente

Save to Prototype: Guarda el prototipo creado para poder ser usado en otros proyectos.



Check Status of all Point Groups: Permite revisar si las propiedades de los grupos de puntos seleccionados han sido actualizados (números, elevaciones, descripciones).


Show Changes to all Point Groups: Da una lista que describe los puntos que deberían ser añadidos o removidos del grupo de puntos.

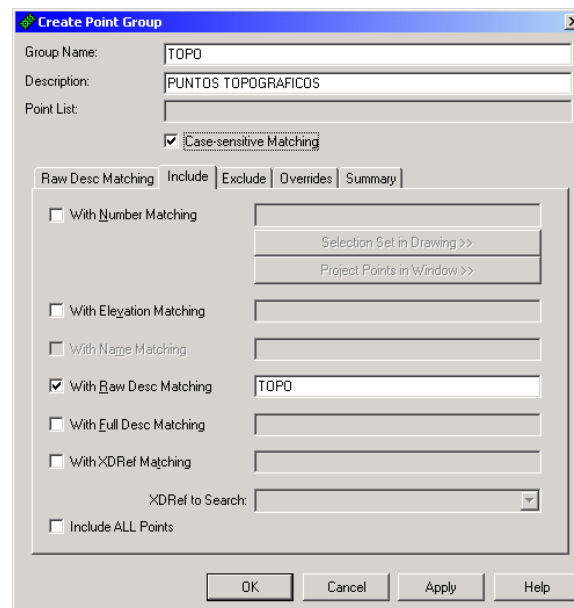
Update all Point Groups: permite actualizar los cambios realizados al grupo de puntos seleccionados mostrados en la lista del comando anterior.

Print Setup: Imprime el listado de grupo de puntos seleccionado.

Exit : Permite retirarse del administrador.

Help : Esta opción despliega el archivo de ayuda de Autodesk Land Desktop 2004, con el objeto de hacer consultas referidas al tema.

Al ingresar al comando "Create Point Group" o al apretar la tecla  , se abre el cuadro de diálogo, que permite crear un Grupo de Puntos y que se muestra en la Figura IV.30 :



**Figura IV.30 Cuadro de diálogo Create Point Group.**

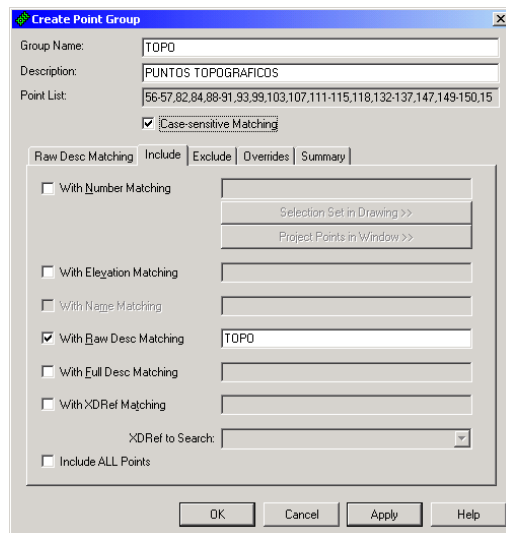
Group Name : En este espacio se ingresa el nombre que tendrá el Grupo de Puntos. Es recomendable usar nombres, que representen a los puntos que serán considerados en el Grupo, para facilitar su selección en el futuro, para el caso y a manera de ejemplo se ha asignado al nombre del grupo a crear "TOPO", como puede verse en la Figura IV.30.

Description: En esta casilla es recomendable asignar una descripción del grupo de puntos a generar como una ayuda memoria de las características generales o el tipo de puntos incluidos en el grupo.

Point List: Muestra los números de los puntos que cumpliendo las características estipuladas por el usuario han sido incluidos en el grupo.

Tras seleccionar el folder "Include", deberá activarse la casilla de verificación "With Raw Description Matching", y se digitara en la casilla en blanco la palabra "TOPO", es decir, en el grupo de puntos a crear se incluirán todos aquellos que en la base de datos contengan la descripción "TOPO", si la casilla de verificación "Case Sensitive Mathching" está activa no importará si la palabra "TOPO" se encuentra en mayúsculas, minúsculas o una combinación de ellas, de no ser así, la palabra en la base de datos deberá estar escrita exactamente como se encuentra digitada en la casilla "With Raw Description Matching", para que esta sea incluida en el grupo.

Posteriormente deberá hacerse clic sobre el botón apply, para que el programa busque los puntos que cumplen con las características estipuladas, lo que devuelve el resultado que se aprecia en la Figura IV.31, en donde son listados de una forma lineal los puntos que cumplieron con la exigencia solicitada.



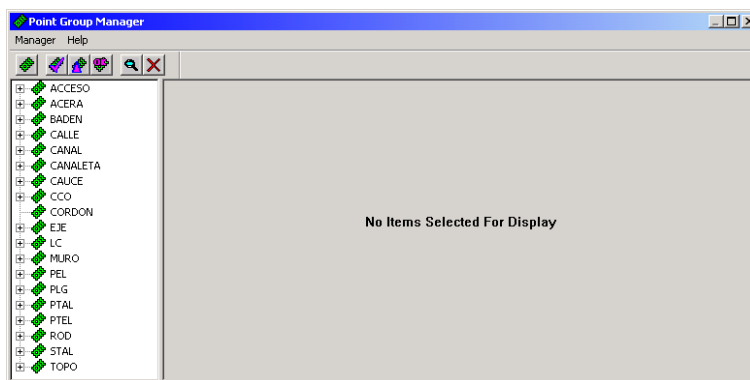
**Figura IV.31 Grupo de Puntos Creado**  
Pueden verse los puntos incluidos en este grupo en la casilla “Point List”.

Generado el grupo “TOPO”, se hace clic en el botón “OK”, y se muestra una lista conteniendo todos los puntos que cumplieron con las características antes mencionadas. En la ventana de la izquierda se muestran los puntos individuales y por rangos de puntos, separados por guiones cuando estos son consecutivos, mientras en la ventana de la derecha se visualizan tabulados los puntos incluyendo las propiedades de ubicación en planta, altura, descripción de campo y descripción completa. Todo lo anteriormente mencionada puede verse de una forma gráfica por medio de la Figura IV.32.

Number	Northing	Easting	Elevation	Raw Desc	Full Desc
56	290892.0210	478858.8130	637.44	TOPO	TOPO
57	290893.7670	478853.6700	642.38	TOPO	TOPO
82	290946.1250	478862.8300	637.34	TOPO	TOPO
84	290933.2820	478864.6540	636.93	TOPO	TOPO
88	290939.1920	478849.7820	643.58	TOPO	TOPO
89	290951.4640	478849.8610	642.32	TOPO	TOPO
90	290962.6090	478851.9340	639.18	TOPO	TOPO
91	290961.8390	478861.6110	638.48	TOPO	TOPO
93	290961.7000	478863.1810	637.29	TOPO	TOPO
99	290974.7480	478850.9900	640.12	TOPO	TOPO
103	290981.8890	478851.5910	639.15	TOPO	TOPO
107	290989.0650	478850.7930	637.79	TOPO	TOPO
111	291001.9290	478859.1580	634.51	TOPO	TOPO
112	291009.0340	478860.7790	633.19	TOPO	TOPO
113	290999.4770	478860.6390	634.63	TOPO	TOPO
114	291007.5830	478856.4140	633.19	TOPO	TOPO

**Figura IV.32 Puntos que cumplieron con las características estipuladas**  
Para TOPO en el “Create Point Group”

De los puntos contenidos en la base de datos, se considera como mayormente necesaria la creación de los grupos de puntos correspondientes a las descripciones de campo siguientes: ACCESO, ACERA, BADEN, CALLE, CANAL, CANALETA, CAUCE, CCO, CORDON, EJE, LC, MURO, PEL, PTEL, PLG, PTAL, ROD, STAL, TOPO., estos grupos se generaron de la misma forma en que fue creado el grupo de puntos “TOPO”. Los grupos de puntos generados pueden verse en la Figura IV.33.




**Figura IV.33 Grupos de Puntos generados por medio del “Create Point Group...”**

La generación de estos grupos de puntos servirá más adelante durante el proceso de creación del Modelo Digital del terreno, en donde la selección de puntos se hará de una forma más ágil, por medio de los grupos de puntos. Debe evitarse la selección manual de los puntos ya que se corre el riesgo de olvidar puntos, por no haberlos visto o porque no es posible de forma clara en lugares donde la densidad de puntos no permite distinguir entre descripciones de cada uno de ellos.

#### **4.5.2. Eliminación de Grupos de Puntos.**

De requerirse la eliminación de algunos de los grupos de puntos creados por el usuario bastará con seleccionar el grupo de puntos en la ventana de la izquierda y

hacer clic posteriormente en el botón  contenido en la barra de herramientas del Point Group Manager.

#### **4.6. MODELAMIENTO DIGITAL DE TERRENOS: MENU "TERRAIN"**

El modelo digital de terreno que crea Autodesk Land Desktop es una malla de triángulos irregulares en tercera dimensión (3D), cuyos vértices representan los puntos topográficos o los vértices de las curvas de nivel digitalizadas.

A continuación se mostrará como modelar el terreno a partir de la información topográfica, siguiendo un orden lógico de trabajo y no desarrollando cada uno de los literales que aparecen en el menú Terrain.

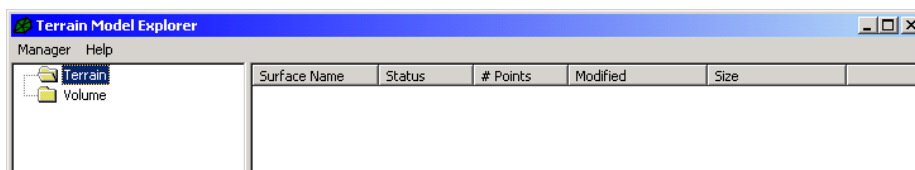
Primero se calculará la malla, luego se usarán los comandos que permiten visualizar la superficie en tercera dimensión, se calcularán las curvas de nivel del terreno y, finalmente, se generarán cortes de la malla.

El proceso de modelar un terreno se compone de dos pasos básicos:

- 1 Selección de los datos o información topográfica con la cual se calculará la superficie.
- 2 Cálculo de la malla o superficie con la información seleccionada en el paso anterior.

El programa Autodesk Land Desktop contiene todas las herramientas relativas al modelamiento de un terreno, en una ventana de nombre " Terrain Model Explorer". Esta permite mayor comodidad para trabajar y para mantener el orden. El comando que abre esta ventana se encuentra en el menú " Terrain" y se puede acceder a él por medio de

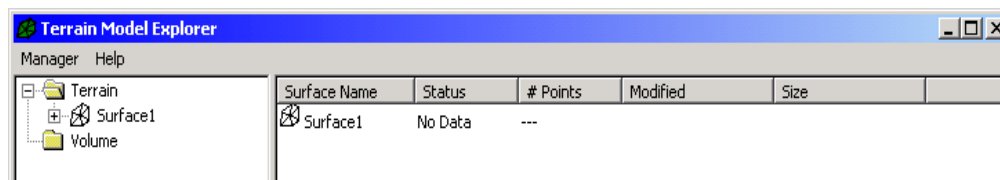
la siguiente ruta Terrain→Terrain Model Explorer..., visualizándose la ventana de la Figura IV.34.



**Figura IV.34 Ventana del "Terrain Model Explorer"**

Al seleccionar la carpeta " Terrain" de la ventana izquierda de la Figura IV.34, debe aparecer la lista de superficies disponibles en el proyecto (de haberlas) En este caso no sucede, porque aún no ha sido creada ninguna. Las superficies son en la práctica directorios, en los cuales se guarda tanto la información, que se tomará en cuenta para calcular la malla, como también la misma malla. Por lo tanto, antes de iniciar el proceso de modelar un terreno es necesario crear una superficie. Este paso es el que se verá a continuación.

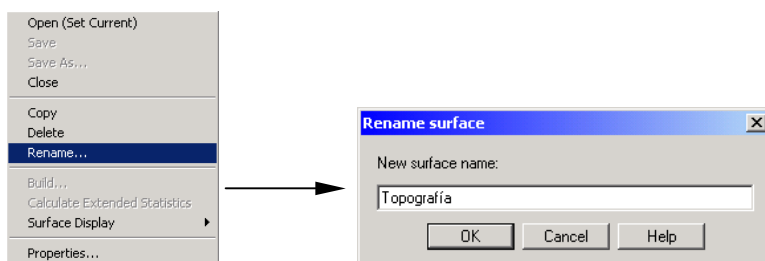
En el menú " Manager" se encuentra el comando "Create Surface", que permite crear superficies. Al seleccionarlo, se crea de inmediato una superficie cuyo nombre por omisión es "Surface1". Como aún no se ha seleccionado ninguna información topográfica para esta superficie, aparece en la ventana a la derecha, debajo del título "Status", la expresión " No Data", esto significa que no ha sido seleccionado ningún dato para construir la malla, puede verse de forma gráfica en la Figura IV.35.



**Figura IV.35 "Surface1"**

Es la superficie que por omisión es creada por el programa, al ejecutar "Create Surface"

El nombre " Surface1" es asignado por el programa. Generalmente, no es un nombre conveniente de usar, porque no describe a la superficie que se modelará. Por lo tanto, lo común es cambiarle de nombre, y asignarle uno que represente el contenido de la superficie que se va a crear. Para ello, se debe seleccionar con el mouse la superficie "Surface1" y luego hacer clic derecho sobre ella. Al hacerlo, se despliega el siguiente menú :



**Figura IV.36 cambio del nombre por omisión de la superficie  
Debe hacerse por medio de "Rename"**

El comando que se utiliza para renombrar la superficie es " Rename", cuando se selecciona esta instrucción, aparece el cuadro de diálogo que se muestra a la derecha en la Figura IV.36:

Para el caso de nuestro trabajo se asignará el nombre de "Topografía" a la superficie que se generará. Esto significa, que el programa va a crear un subdirectorio, con ese nombre, en el directorio Land Projects, con el objeto de guardar ahí toda la información relativa a la superficie.

El resultado del cambio de nombre de la superficie puede verse en la Figura IV.37

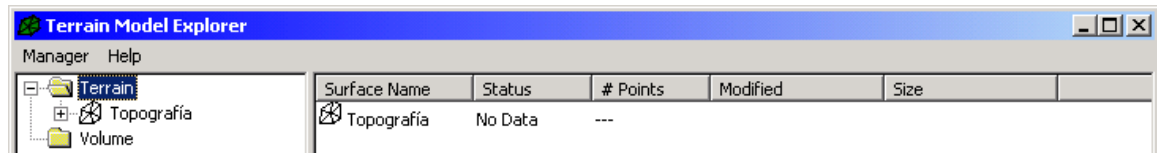


Figura IV.37 Resultado del cambio de nombre de la superficie Surface1 por medio del Rename

#### 4.6.1. Selección de los datos o información topográfica con la cual se calculará la superficie:

Los comandos para seleccionar la información topográfica, se encuentran al apretar dos veces con el mouse (doble "clic"), sobre la superficie en la cual se desea trabajar. Al realizar esta operación, se despliega una lista de distintas instrucciones que pueden utilizarse dentro del Surface, tal como se muestra en la Figura IV.38. Todas se verán con detalle en su oportunidad. Sin embargo, en este punto se concentrará la atención hacia los comandos de selección de información topográfica. Estos se encuentran, específicamente, bajo el título de " TIN Data".

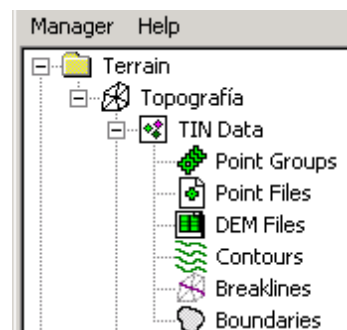


Figura IV.38 Instrucciones dentro de la nueva superficie

Existen tres posibles fuentes de información topográfica :

- **Puntos topográficos**, provenientes de un levantamiento topográfico : " Point Groups" y " Point Files".



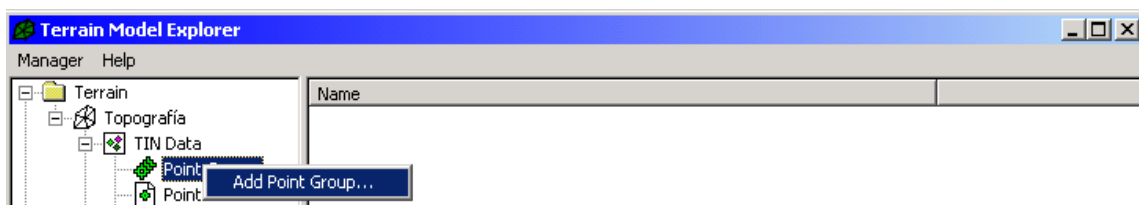
- **Curvas de nivel**, provenientes de un levantamiento aerofotogramétrico o de una digitalización de algún plano existente: “Contours”.
- **Accidentes o quiebres**, tales como: quebradas, cumbres, ríos, caminos, canales, etc.: “Breaklines”.

Dada la naturaleza de la información con que se cuenta para la elaboración de la superficie en cuestión se puede ver que la fuente de información de que se dispone en este caso en particular son los puntos topográficos provenientes de un levantamiento topográfico, que es el tema que se abordará a continuación.

#### 4.6.2. Puntos Topográficos “Point Groups” y “Point Files” :

La selección de los puntos topográficos se puede hacer usando las instrucciones “Point Groups” y/o “Point Files”.

**Point Groups** : Con esta instrucción, los puntos se seleccionan a través de los Grupos de Puntos. Es posible usar uno o más Grupos. Si éstos no estuvieran conformados con anterioridad, se pueden crear en este momento. Cuando se desea seleccionar esta opción, se debe posicionar el cursor sobre el comando y apretar el botón derecho del mouse para activarla. De inmediato aparece la siguiente instrucción:



**Figura IV.39 Opción Add Point Group... de la instrucción Point Data en el Terrain Model Explorer**

Al seleccionarla, el programa pide elegir los Grupos de Puntos disponibles desde una lista que despliega.

**Point Files:** Al seleccionar esta instrucción el programa muestra dos alternativas de selección de puntos :

*Add Point File:* Este comando permite seleccionar puntos ubicados en un archivo ASCII externo. Éstos no corresponden a puntos COGO. No ingresarán jamás a la base de datos, solamente serán utilizados como información topográfica para calcular el modelo de terreno. Formarán parte de los vértices de la malla de triángulos.

*Add Points from AutoCAD Objects:* Esta opción permite seleccionar los futuros vértices de la malla utilizando entidades de AutoCAD. Las posiciones de los vértices, corresponden a los puntos de inserción de cada una de las entidades. Las entidades que pueden ser usadas son :

Points: Puntos de AutoCAD en elevación.

Lines: Líneas de AutoCAD en elevación.

Blocks: Bloques de AutoCAD en elevación.

Text : Texto de AutoCAD en elevación.

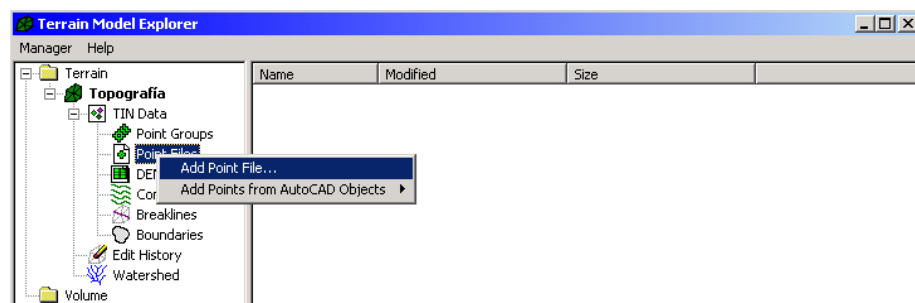
3D Faces: Una malla existente, triangular o rectangular, construida por muchas caras independientes en tercera dimensión, que tienen como nombre "3D Faces". No existe una traducción literal al español de esta entidad, ya que se trata, específicamente, de un

elemento usado en AutoCAD. Si se tiene dudas acerca de esta entidad, se deberá consultar el manual de referencia de cualquier versión del AutoCAD.

**Polyface:** Una malla existente, triangular o rectangular, construida por muchas caras (3D Faces) en tercera dimensión, que se comportan como una sola entidad. No existe una traducción literal al español de esta entidad, ya que se trata, específicamente, de un elemento usado en AutoCAD. Si se tiene dudas acerca de esta entidad, se deberá consultar el manual de referencia de cualquier versión del AutoCAD.

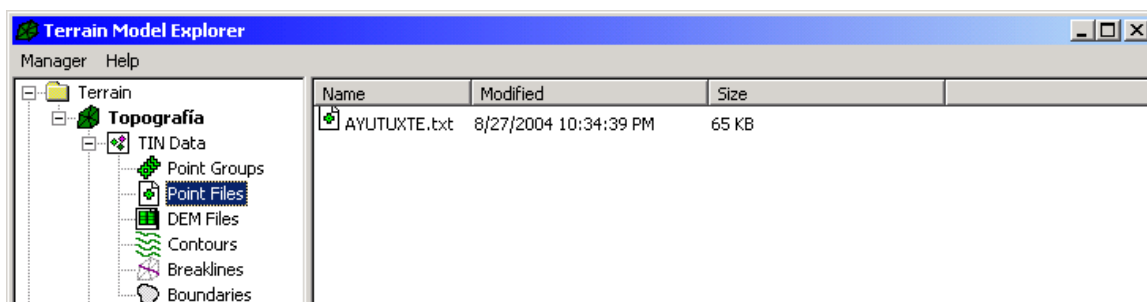
#### 4.6.3. Cálculo de la malla o superficie.

Este paso se hará con la información seleccionada en el paso anterior. Para el caso de este trabajo solamente se añadirá el archivo ASCII que contiene la información de los puntos para que la superficie pueda ser construida a partir de los mismos. Esto puede hacerse haciendo clic derecho en la instrucción Point File→Add Point File, como se ve en la Figura IV.40.



**Figura IV.40 Opción Add Point File.  
de la instrucción Point Files en el Terrain Model Explorer**

Al seleccionar Add Point File... se muestra un cuadro de diálogo igual al de la Figura IV.20, y dado que es el mismo archivo y la misma ruta se dejará como ejercicio verlo y consultarlo y posteriormente solamente se hará clic sobre OK, para que el programa introduzca el archivo de puntos dentro de las propiedades de la superficie Topografía. Luego de hacer esto el programa coloca el nombre del archivo cargado con los puntos en la ventana derecha del cuadro de diálogo, esto se encuentra ilustrado en la Figura IV.41.

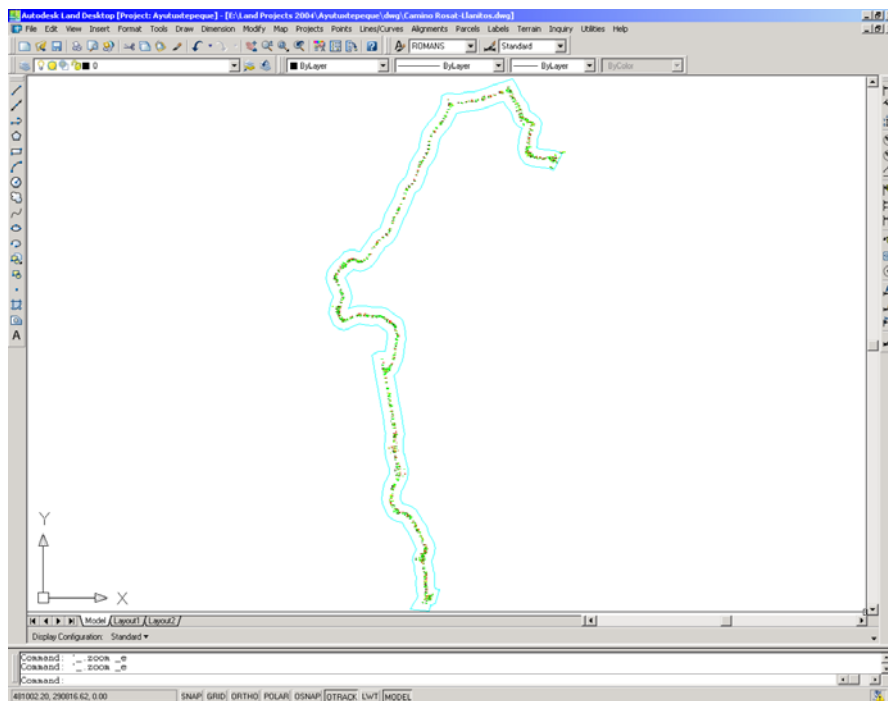


**Figura IV.41 Archivo de datos cargado desde la instrucción Point Files**

Lo último por agregar antes de construir la superficie es el Boundary ó línea de confinamiento, que evita que el programa extrapole la información entre puntos que están demasiado alejados entre sí o que no tienen relación entre ellos, para el caso de este proyecto el boundary es indispensable ya que de no hacerse se podría deformar la superficie.

Para incluir el boundary en la información de la superficie deberá primero dibujarse la línea que limitará el área de cálculo. En este proyecto se utilizará un boundary correspondiente a un offset de 45 metros a cada uno de los lados del eje del

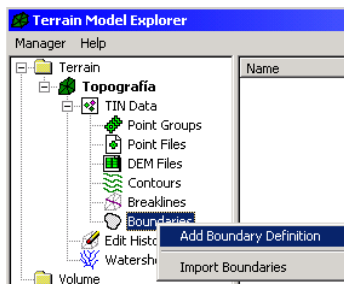
camino y que puede verse en la Figura IV.42a, marcada en color cyan, algunos arreglos fueron realizados en los offsets del eje para poder hacer el boundary un área completamente cerrada, podrá verse más adelante que el boundary ayuda de gran manera para que la superficie creada y posteriormente las curvas de nivel no salgan ni se extrapolen fuera de la línea de confinamiento.



**Figura IV.42a Representación de Boundary**  
Boundary generado para confinar la información que se utilizará en la generación de la superficie.

Una vez se tiene dibujada la polilínea que se convertirá en boundary deberá incluirse en la base de datos, esto puede hacerse fácilmente si se sigue el siguiente procedimiento:

Hacer clic derecho sobre la instrucción Boundary de Cuadro de diálogo Terrain Model Explorer y luego clic en Add boundary definition, esto puede verse más claramente en la Figura IV.42a.



**Figura IV.42 Comando Add Boundary Definition de la Instrucción Boundary en el Terrain Model Explorer**

Posterior al Add Boundary definition, el programa envía al usuario directamente al dibujo en donde se elegirá el boundary, color cyan, que anteriormente fue dibujado con este propósito. Los requerimientos del programa para el boundary van siendo mostrados en la línea de comando, como puede verse en la Figura IV.43

```
Select polyline for boundary:
Boundary name <Boundary0>:
Boundary type (Show/Hide/Outer) <Outer>:
Make breaklines along edges? (Yes/No) <Yes>: n
Select polyline for boundary:
Command:
479670.29, 291162.60, 0.00  SNAP  GRID  ORTHO  POLAR  OSNAP  OTRACK  LWT  MODEL
```

**Figura IV.43 Información requerida por el programa para la definición del boundary.**

Una vez seleccionada la polilínea se le asigna un nombre, que para el caso se dejó el nombre que por omisión estipula el programa, luego el tipo de confinamiento que para el caso es outer, es decir, es el borde exterior que limita el área de cálculo de la malla, y finalmente se pregunta si el boundary se creará como una línea de quiebre, opción que se estableció como no. Hecho esto, la polilínea es introducida en la base de datos del programa y a información introducida puede verse resumida Figura IV.44.

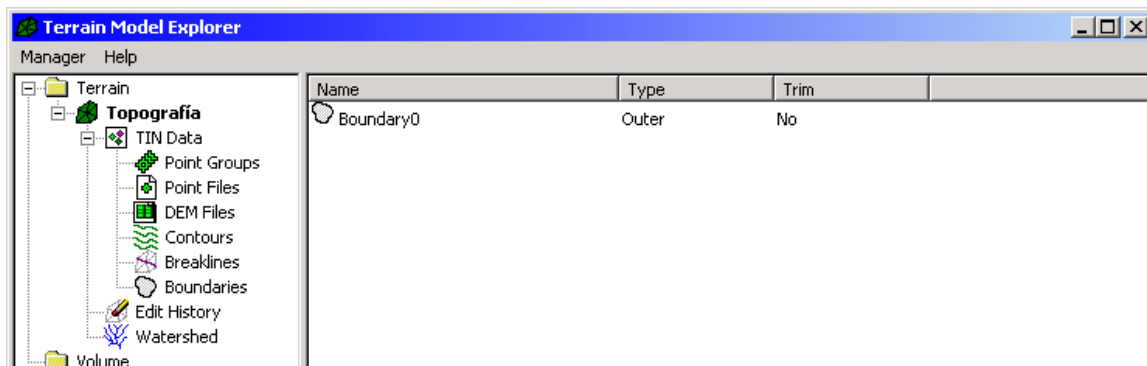


Figura IV.44 Listado de los boundary incluidos en la superficie Topografía.

Con el comando “Build” se hace el cálculo de la superficie o malla triangular en tercera dimensión, para acceder debe hacerse con clic derecho sobre el nombre de la superficie y luego clic en “Build”, como se ve en la Figura IV.45.

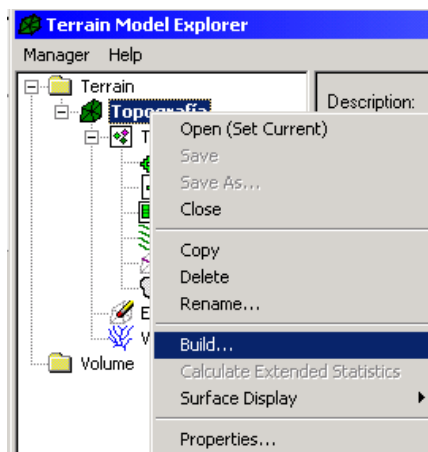
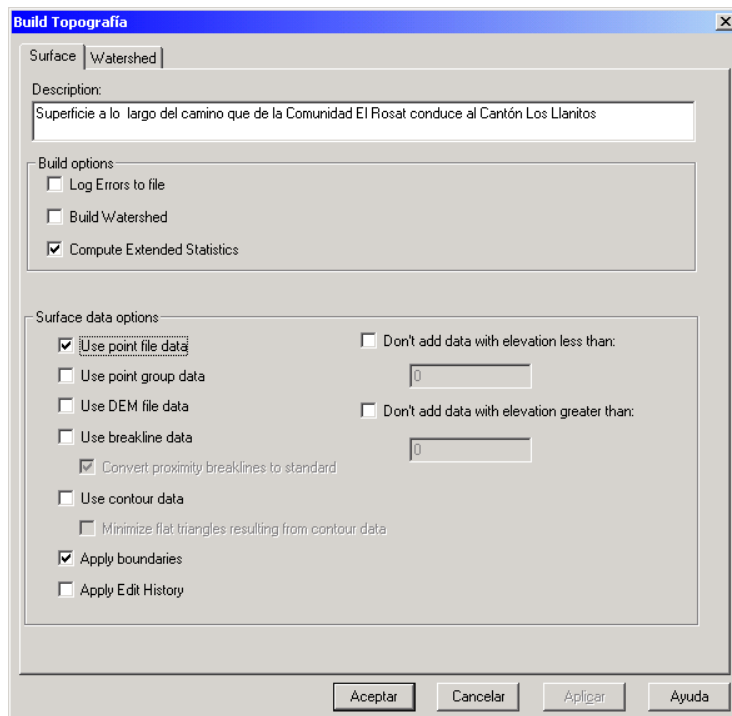


Figura IV.45 Comando Build para el cálculo de la malla o superficie.

Al seleccionarlo, se despliega un cuadro de diálogo, que contiene dos carpetas, "Surface" y "Watershed", que pueden ser vistas en la Figura IV.46



**Figura IV.46 Cuadro de diálogo del Comando Build para el cálculo de la malla o superficie.**

La primera carpeta, incluye todas las herramientas relativas a la construcción de la malla, la segunda, se refiere al cálculo de posibles cuencas sobre la superficie recién calculada.

***Carpeta "Surface":***

*Description:* Este espacio está destinado para ingresar una descripción de la superficie que se calculará, con un largo máximo de hasta 255 caracteres. Es conveniente hacerlo, ya que permite agregar mayor información sobre el modelo de terreno que se construirá. Cuando se está trabajando con varias superficies a la vez o se requiere utilizar alguna que no se ha ocupado hace algún



tiempo, servirá como recordatorio, para decidir si la superficie seleccionada es la que se desea usar.

*Build Options* : Es importante mencionar, que las opciones que se encuentran bajo este título, no son imprescindibles para el cálculo de la superficie.

*Log Errors to file*: Si se enciende esta opción, cualquier error que ocurra durante el cálculo del modelo de terreno, se guardará en un archivo de nombre "\*.err", ubicado en un subdirectorio de Land Projects. Esto se hace con el objeto de revisar posteriormente, cualquier inconveniente, que se pueda haber suscitado.

*Build Watershed*: Si se enciende esta opción, se calcularán las posibles cuencas existentes en el modelo de terreno recién construido y se indicarán gráficamente en el dibujo. Las variables que definen las cuencas, deberán estar ingresadas, previamente, en la carpeta " Watershed", que será explicada más adelante.

*Compute Extended Statistics*: Si se enciende esta opción, el programa entrega mayor información sobre la superficie recién calculada. Los datos que expone son :

*Number of triangles* : Número de triángulos resultantes del cálculo de la superficie.

Mean elevation : Cota promedio de la superficie.

Minimum triangle area: Área del menor triángulo.

Maximum triangle area: Área del mayor triángulo.

2D surface area : Área horizontal de toda la superficie.

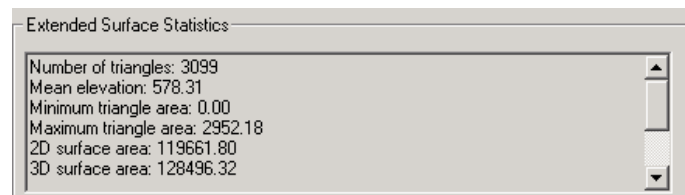
3D surface area : Área en pendiente de toda la superficie.

Minimum grade : Pendiente mínima de la superficie.

Maximum grade : Pendiente máxima de la superficie.

Average grade : Pendiente promedio de la superficie.

Estos datos los entrega en una ventana, que tiene como título " Extended Surface Statistics". Esta se encuentra en el cuadro principal del " Terrain Model Explorer". La Figura IV.47, muestra lo dicho anteriormente:



**Figura IV.47 Estadísticas de la Superficie generada por el programa.**

*Surface Data Options:* Los comandos que se encuentran bajo este título permiten seleccionar cuáles de los datos creados en el punto 4.6.1 *Selección de los datos o información topográfica con la cual se calculará la superficie*, participarán en la construcción del modelo de terreno. Se deben encender todas las alternativas de datos, que hayan sido definidas y que ahora realmente se

quieran usar. Las alternativas que se usarán para este caso pueden verse en la Figura IV.46.

Además, el programa ofrece en esta ventana otras opciones que permiten obtener un modelo de terreno más controlado por el usuario. Éstas también serán descritas a continuación.

*Use point file data:* Se debe encender esta opción, si se desea usar los datos seleccionados con el comando "Point Files".

*Use point group data:* Se debe encender esta opción, si se desea usar los datos seleccionados con el comando "Point Groups".

*Use breakline data :* Se debe encender esta opción, si se desea usar los datos seleccionados con el comando "Breaklines".

*Use contour data :* Se debe encender esta opción, si se desea usar los datos seleccionados con el comando "Contours".

*Minimize flat triangles resulting from contour data:*

Es frecuente que el programa genere triángulos planos, cuando calcula la malla con curvas de nivel. Éstos se deben a que el programa interpola entre la misma curva, en los lugares, en que ésta tiene entradas irregulares. Para aminorar este problema, se debe encender esta opción. No soluciona todos

los problemas (por ejemplo, en el caso de las quebradas, que no se han definido como accidentes, generalmente, no lo logra solucionar), pero sirve de mucha ayuda.

*Apply Boundaries:* Esta opción encendida permite utilizar bordes o límites para el cálculo de la malla. Éstos deberán haber sido definidos previamente con el comando " Boundaries", que se encuentra en la ventana principal del "Terrain Model Explorer" (ver Figura IV.42). Para definir un borde, se debe dibujar primero la polilínea que limitará el área de cálculo. Luego, al seleccionar el comando "Boundaries", se despliegan dos opciones:

*Add Boundary Definition :* Este comando permite definir bordes.

Durante el cálculo de la malla se pueden considerar varias definiciones de bordes, no solamente una. Por ejemplo, el borde exterior de la superficie y varios límites interiores, definiendo áreas que no se desean calcular (perímetros de edificios, etc.).

*Import Boundaries:* Este comando permite recuperar al dibujo todos los bordes definidos para esa superficie. Al seleccionar el comando " Add Boundary Definition", el programa da las siguientes instrucciones, desde la línea de comando.

*Select polyline for boundary:* Esta instrucción pide seleccionar la polilínea dibujada que define el borde.

*Boundary name* <*Boundary0*>: Esta instrucción pide ingresar un nombre para ese borde. El programa ofrece el nombre "Boundary0". Si se desea usar el mismo, se debe apretar la tecla "Enter", sino se debe escribir otro nombre.

*Boundary type (Show/Hide/Outer)* <*Outer*>: Esta instrucción pide seleccionar el tipo de borde que se va a aplicar. Existen tres tipos:

*Show*: Es un borde interior de la superficie, que muestra las líneas de la malla adentro de sus límites.

*Hide*: Es un borde interior de la superficie, que no muestra las líneas de la malla adentro de sus límites.

*Outer*: Es el borde exterior que limita el área de cálculo de la malla.

*Make breaklines along edges? (Yes/No)* <*Yes*>: Esta instrucción da la posibilidad de crear el borde como si fuera un quiebre. La respuesta " Yes", se debe elegir cuando se desea crear el quiebre y "No", cuando no se desea que se genere.

*Apply Edit History* : Si la superficie debe ser calculada nuevamente, pero a la antigua ya se le han hecho correcciones, que no se desean repetir otra vez, se puede encender esta opción, con el objeto de que el programa incluya durante el cálculo todas estas

modificaciones hechas anteriormente. Para verificar que las correcciones realizadas son de utilidad, se puede utilizar el comando " Edit History" en la ventana principal del " Terrain Model Explorer". Al seleccionar esta opción, aparecerá en la ventana derecha, el archivo que incluye el detalle de todas las modificaciones realizadas.

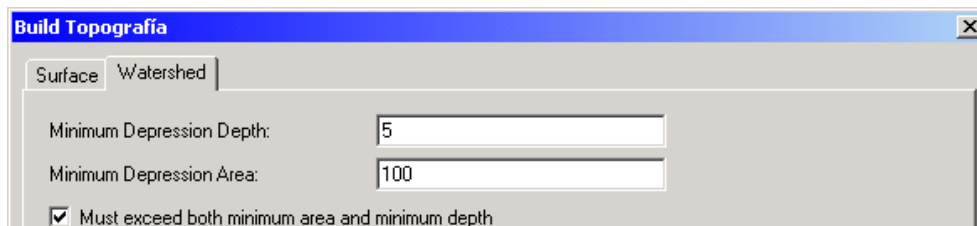
Don't add data with elevation less than : Esta opción encendida permite limitar el cálculo de la malla a una cota mínima. Ésta debe ser ingresada en la ventana ubicada debajo de la alternativa. Cualquier dato, que tenga una cota menor que la ingresada, no será tomado en cuenta.

Don't add data with elevation greater than : Esta opción encendida permite limitar el cálculo de la malla a una cota máxima. Ésta debe ser ingresada en la ventana ubicada debajo de la alternativa. Cualquier dato, que tenga una cota mayor que la ingresada, no será tomado en cuenta.

***Carpeta "Watershed" :***

En esta carpeta se definen las condiciones de las cuencas que se desean encontrar en la superficie que se construirá.

El contenido de la carpeta Watershed puede verse en la Figura IV.48



**Figura IV.48 Carpeta Watershed del cuadro de diálogo Build, en el Terrain Model Explorer.**

Las variables que se deben definir son :

Minimum Depression Depth: En este espacio se ingresa la mínima profundidad de depresión que debe tener la cuenca.

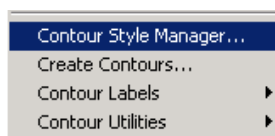
Minimum Depression Area: En este espacio se ingresa la mínima área de depresión que debe tener la cuenca.

Must exceed both minimum area and minimum depth: Esta opción indica que ambas condiciones se deben cumplir.

Si estas condiciones se cumplen en algún lugar de la superficie calculada, se dibujarán estas áreas, de tal manera, que se pueda conocer su dimensión y forma.

#### 4.6.4. Curvas de Nivel

En el menú Terrain se encuentran todos los comandos relacionados con curvas de nivel, estas opciones pueden ser vistas en la Figura IV.49



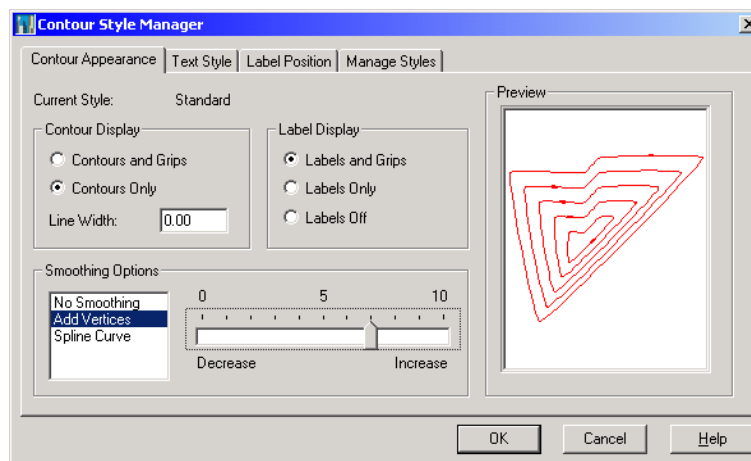
**Figura IV.49 Comandos relacionados con curvas de nivel pertenecientes al menú Terrain.**

### a. Definición de Estilos de Curvas de Nivel

Antes de crear las curvas de nivel, se debe seleccionar un estilo de curva existente o crear uno que cumpla los requerimientos para la ocasión. Para ello existe un Administrador de Estilos de Curvas de Nivel. Se ingresa a él con el comando "Contour Style Manager". Al seleccionarlo, se despliega un cuadro de diálogo que contiene cuatro carpetas. En ellas se pueden definir diversas características para las curvas de nivel. Cada vez que se defina algún parámetro distinto, se podrá visualizar el efecto de aquella definición sobre las curvas en un cuadro, que se encuentra al costado izquierdo, de título "Preview". De esa manera, es posible decidir con mayor certeza, si se desea definir tal o cual característica. Las carpetas serán descritas en forma individual a continuación:

#### *Carpeta "Contour Appearance":*

En esta carpeta se define cómo va a ser la apariencia de las curvas de nivel y su contenido puede ser visto en la Figura IV.50



**Figura IV.50 Carpeta Contour Appearance del Cuadro de diálogo Contour Style Manager**

*Contour Display:* En esta ventana, se definen las características principales de apariencia de las curvas.



*Contours and Grips:* Si se enciende esta opción, las curvas dibujadas incluirán vértices ("Grips"), igual como las polilíneas. En la imagen al costado, se muestra un ejemplo de una curva de nivel con "Grips".

*Contours Only:* Si se enciende esta opción, las curvas dibujadas no incluirán vértices ("Grips"). En la imagen al costado, se muestra un ejemplo de una curva de nivel sin "Grips".

*Line Width:* En este espacio se puede ingresar un ancho distinto a las curvas. Si se utiliza "0", el programa las dibujará con el grosor común de todas las entidades de AutoCAD.

*Label Display:* En esta ventana, se definen las características principales de apariencia de las etiquetas.

*Labels and Grips:* Si se enciende esta opción, las etiquetas de las curvas incluirán vértices ("Grips").

*Labels Only:* Si se enciende esta opción, las etiquetas de las curvas no incluirán vértices.

*Labels Off:* Si se enciende esta opción, no será posible crear etiquetas para las curvas.

*Smoothing Options:* En esta ventana, se definen las características para suavizar las curvas de nivel.

*No Smoothing:* Si se enciende esta opción, las curvas no serán suavizadas.

*Add Vertices:* Si se enciende esta opción, el programa agregará vértices a las curvas, provocando con ello una mayor suavidad.

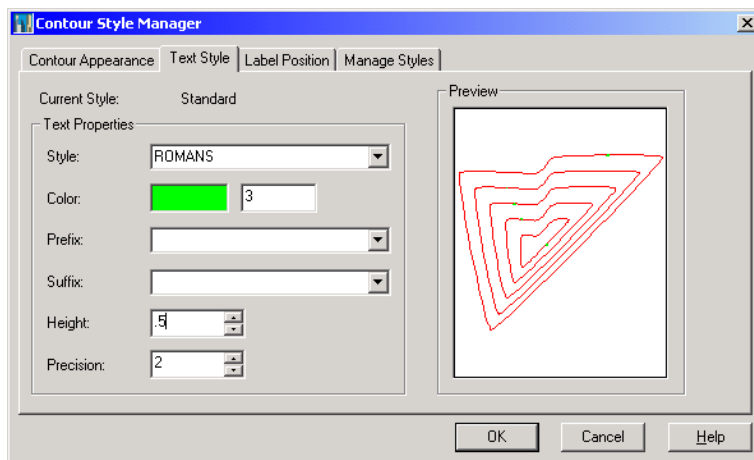
*Spline Curve*: Si se enciende esta opción, el programa suavizará las curvas con el comando " Spline" de AutoCAD. Es el método que redondea más las curvas.

Se recomienda observar el cuadro " Preview", antes de elegir una de estas alternativas. Es la mejor forma de decidir cuál es la más recomendada para cada caso.

#### *Carpeta " Text Style":*

En esta carpeta se define las propiedades del texto, con el cual se escribirán las etiquetas de las curvas de nivel, como puede verse en la Figura IV.51

*Style*: En esta opción se selecciona el tamaño de la letra, haciendo uso de los estilos de texto, explicados en el punto 4.3 *Configuración del dibujo*.



**Figura IV.51 Carpeta Text Style del Cuadro de diálogo Contour Style Manager**

*Color*: En este espacio se le puede asignar un color distinto a las etiquetas, con el objeto de destacarlas.

*Prefix:* En este espacio es posible ingresar alguna palabra que se usará como prefijo antepuesto a la etiqueta, no se ha elegido ninguno.

*Suffix:* En este espacio es posible ingresar alguna palabra que se usará como sufijo después de la etiqueta, no se ha elegido ninguno.

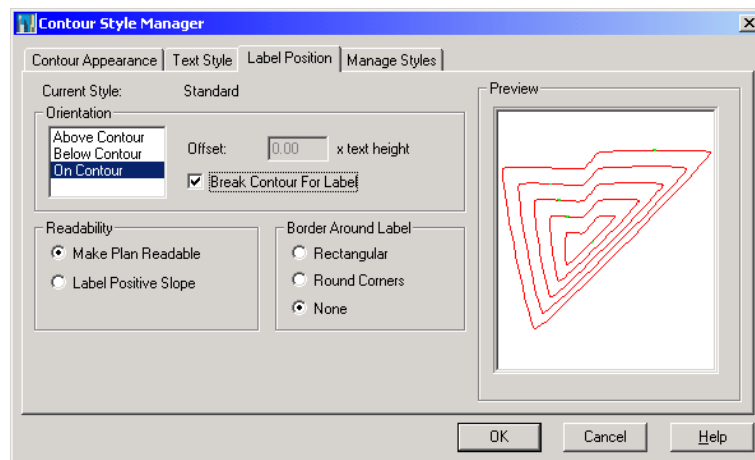
*Height:* Si se ha elegido la alternativa "ROMANS" en la opción " Style", se puede ingresar aquí el tamaño de las letras de las etiquetas. En caso contrario, esta opción queda inhabilitada.

*Precision:* En este espacio se ingresa la cantidad de decimales, que se desea que usen las etiquetas.

#### *Carpeta " Label Position":*

En esta carpeta se define la posición que tendrán las etiquetas de las curvas de nivel.

**Orientation :** En esta ventana se define las características principales de orientación de las etiquetas.



**Figura IV.52** Carpeta Label Position del Cuadro de diálogo Contour Style Manager

**Above Contour :** Si se selecciona esta opción, la etiqueta será escrita encima de la curva.

Below Contour : Si se selecciona esta opción, la etiqueta será escrita debajo de la curva.

On Contour : Si se selecciona esta opción, la curva de nivel será escrita en la curva.

Offset : En esta ventana, se ingresa la distancia que tendrán las etiquetas a las curvas de nivel. Ésto solamente es válido para las opciones " Above Contour" y " Below Contour".

Break Contour For Label : Si se selecciona esta opción, el programa cortará las curvas en los lugares dónde se ubicarán las etiquetas. Ésto solamente es válido para la opción "On Contour".

Readability : En esta ventana se define la rotación del texto de las etiquetas.

Make Plan Readable : Al seleccionar esta opción, el programa rota las etiquetas de tal forma que, siempre puedan ser leídas en el plano.

Label positive Slope: Al seleccionar esta opción, el programa crea las etiquetas en el sentido positivo de la pendiente. Ésto significa que, para leerlas cómodamente, se deberá rotar el plano mirando desde la cota más baja hacia la más alta.

Border Around Label : En esta ventana se define si se desea agregar a las etiquetas un borde, con el objeto de destacarlas.

Rectangular : Al seleccionar esta opción, se creará la etiqueta con un borde rectangular.

Round Corners: Al seleccionar esta opción, se creará la etiqueta con un borde redondo.

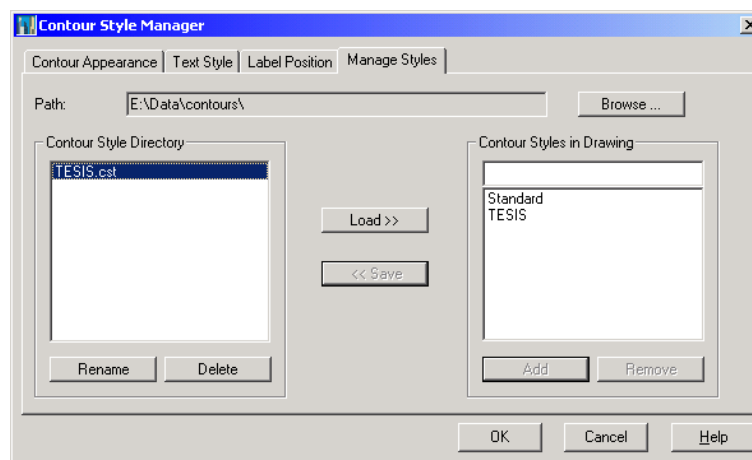
None : Al seleccionar esta opción, se creará la etiqueta sin ningún tipo de borde.

*Carpeta " Manage Style:*

En esta carpeta se guardan los estilos nuevos creados o se selecciona alguno existente.

Path : Los estilos son archivos, de extensión \*.cst, que se encuentran ubicados en C:\Archivos de programa\Land Desktop 2004\Data\contours, para el caso específico de este trabajo y como puede ser visto en la Figura IV.53, la ruta especificada sería E:\Archivos de programa\Land Desktop 2004\Data\contours, esta diferencia se debe a que la PC utilizada para el desarrollo de este trabajo posee disco duro particionado, por lo que se genera una unidad E que es donde se almacena la información. Si se desea utilizar otro directorio, se debe buscar el requerido, apretando el botón " Browse".

*Countour Style Directory:* En esta ventana se muestra la lista de todos los archivos \*.cst, disponibles en el directorio elegido en " Path".



**Figura IV.53 Manage Styles del Cuadro de diálogo Contour Style Manager**

*Rename*: Este botón permite cambiar el nombre al archivo \*.cst.

*Delete*: Este botón permite borrar algún archivo \*.cst.

*Contour Styles in Drawing*: En esta ventana se muestra la lista de todos los estilos, disponibles para ser usados en el actual dibujo (PERSONAL y STANDARD). El estilo vigente, se muestra en la ventana superior (STANDARD).

*Add*: Este botón permite agregar un nuevo estilo creado, a la lista disponible en el dibujo. Primero se debe escribir el nombre en la ventana superior y luego, apretar este botón.

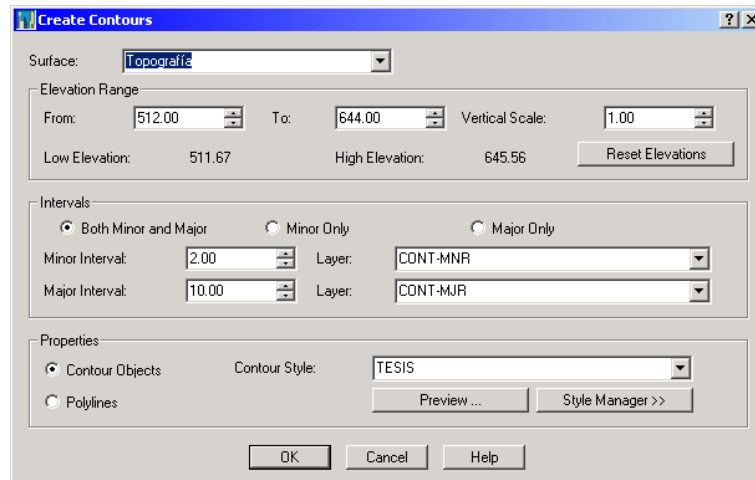
*Remove*: Este botón permite borrar un estilo existente de la lista disponible.

*Load>>*: Este botón permite cargar un archivo \*.cst, a la lista de estilos disponibles del dibujo actual.

*<<Save*: Este botón permite guardar un estilo nuevo, creado en el actual dibujo, dentro del directorio seleccionado en "Path". Al guardarlo se convierte en un archivo \*.cst.

#### ***b. Generación de Curvas de Nivel***

El cálculo de las curvas de nivel se realiza con el comando " Create Contours". Al seleccionarlo, se despliega el cuadro de diálogo mostrado en la Figura IV.54, los parámetros en el contenidos son los que se utilizarán para el proyecto:



**Figura IV.54 Cuadro de Diálogo Create Contours**

Los parámetros que se deben definir son los siguientes :

*Surface:*

En esta opción, se debe seleccionar el modelo de terreno, al cual se le desea crear las curvas de nivel.

*Elevation Range:* En esta ventana se define el rango de cotas, entre las cuales se desea crear las curvas de nivel.

*From:* Es la cota en la cual se iniciará el cálculo de las curvas de nivel. Generalmente coincide con la cota más baja del modelo de terreno.

*To:* Es la cota en la cual se terminará el cálculo de las curvas de nivel. Generalmente coincide con la cota más alta del modelo de terreno.

*Vertical Scale:* En esta opción se puede seleccionar un factor, de tal forma, que las curvas sean creadas con una exageración vertical.

*Reset Elevation :* Este botón permite regresar las cotas de inicio y fin, ingresadas en "From" y "To", a la mínima y máxima cota del modelo de terreno, respectivamente.

*Intervals:* En esta ventana se define la equidistancia entre curvas de nivel.

*Both Minor and Major:* Si se selecciona esta opción, las curvas de nivel índice y subíndice serán dibujadas.

*Minor Only:* Si se enciende esta opción, solamente serán dibujadas las curvas de nivel subíndice.

*Major Only:* Si se enciende esta opción, solamente serán dibujadas las curvas de nivel índice.

*Minor Interval:* En este espacio se debe ingresar la equidistancia entre las curvas subíndice.

*Layer:* En este espacio se debe ingresar el nombre del layer dónde se desea guardar las curvas subíndice.

*Major Interval:* En este espacio se debe ingresar la equidistancia entre las curvas índice.

*Layer:* En este espacio se debe ingresar el nombre del layer dónde se desea guardar las curvas índice.

*Properties:*

En esta ventana se selecciona el estilo para las curvas de nivel que se van a generar.

*Contour Objects:* Si se selecciona esta opción, las curvas de nivel serán creadas como una entidad propia del programa Autodesk Land Desktop, de nombre "AECC-COUNTOUR". Estas entidades tienen la ventaja de poder hacer uso de los estilos de curvas de nivel.

*Contour Style:* En esta opción se selecciona el estilo de curvas de nivel que se desea usar.

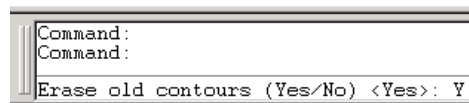


*Preview:* Este botón permite ver una pantalla con un ejemplo de curvas de nivel creadas con el estilo seleccionado en "Contour Style". De esa forma, es más fácil decidir si el estilo elegido es el que realmente se desea usar.

*Style Manager:* Este botón permite ingresar al administrador de estilos de curvas de nivel, explicado en el literal a. del punto 4.6.1 *Definición de estilos de curvas de nivel.*

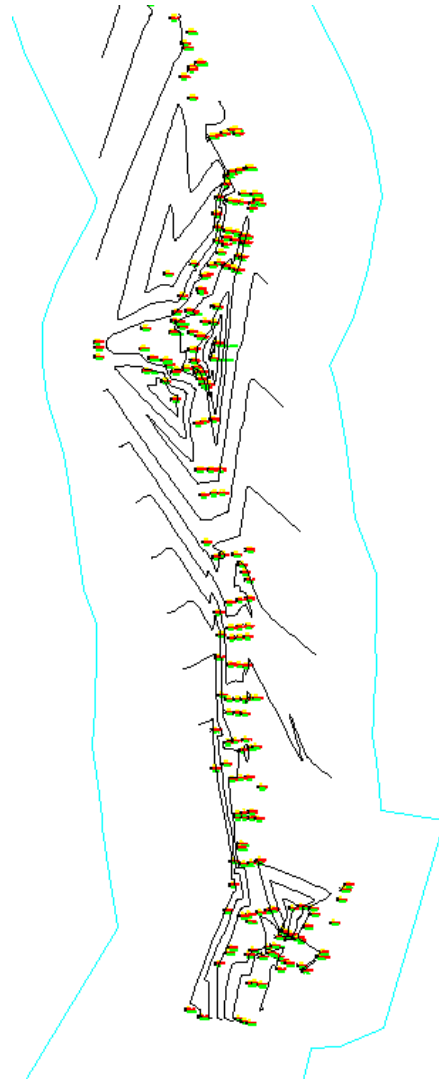
*Polylines:* Si se selecciona esta opción, las curvas de nivel serán creadas como polilíneas de AutoCAD. Esta alternativa no permite hacer uso de los estilos de curvas de nivel.

Una vez se han introducido los parámetros necesarios para la creación de las curvas de nivel, se hará clic sobre el botón "OK" del cuadro de diálogo de la Figura IV.54, en la barra de comando se pregunta si se desea borrar las curvas de nivel antiguas presentes en el dibujo, a lo que deberá responderse si ó no dependiendo de las necesidades del proyecto. Para el caso de nuestro proyecto se responderá "Y" que es equivalente a un SI, como puede verse en la Figura IV.55.

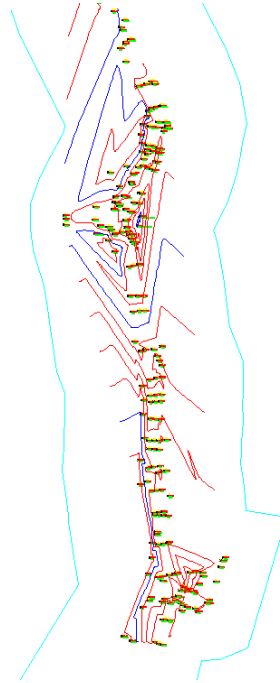


**Figura IV.55** Pregunta realizada por el programa por medio de la barra de comando, antes de crear las curvas de nivel

Las curvas de nivel creadas por el programa, se pueden ver en la Figura IV.56



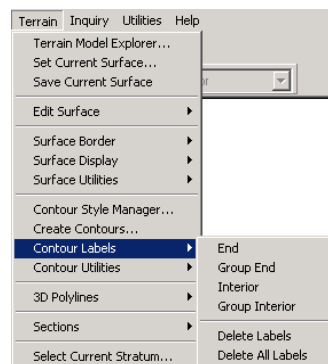
**Figura IV.56 Curvas de Nivel creadas por el programa, según los parámetros especificados**  
Con el fin de poder identificar más fácilmente las curvas de nivel del tipo mayores y menores, como las denomina el programa, se realizó cambio en los colores de los layers que contienen a cada uno de los tipos de curva. Se designó en color azul a las curvas mayores y color rojo a las menores. Lo anteriormente expuesto se ve de manera más clara en la Figura IV.57



**Figura IV.57 Cambio en las designaciones de color de las curvas , con fines de facilidad de identificación**

**c. Etiquetado de curvas de nivel:**

Todos los comandos relativos al etiquetado de curvas de nivel, se pueden encontrar en el menú "Contour Labels", como se aprecia en la Figura IV.58

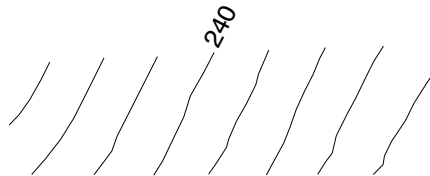


**Figura IV.58 Comandos relativos al etiquetado de curvas de nivel**

Existen cuatro alternativas para etiquetar curvas de nivel:

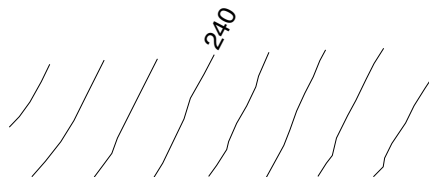
End, Group End, Interior y Group Interior. Éstas serán explicadas a continuación.

*End*: Inserta la etiqueta al final de la curva de nivel. Este comando es válido para etiquetar una sola curva. Figura IV.59



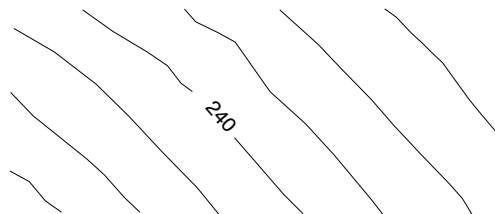
**Figura IV.59**

*Group End*: Inserta la etiqueta al final de la curva de nivel. Este comando es válido para etiquetar un grupo de curvas a la vez. Figura IV.60



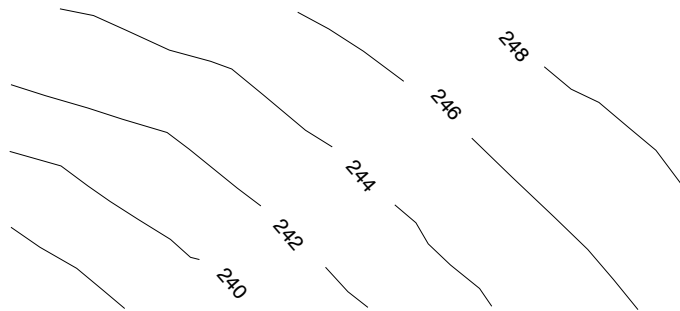
**Figura IV.60**

*Interior*: Inserta la etiqueta en el interior de la curva. Este comando es válido para etiquetar una sola curva. Figura IV.61.



**Figura IV.61**

*Group Interior*: Inserta la etiqueta en el interior de la curva. Este comando es válido para etiquetar un grupo de curvas a la vez. Figura IV.62



**Figura IV.62**

También existen otros dos comandos, que permiten borrar las etiquetas creadas:

*Delete Labels:* Este comando permite borrar una por una, las etiquetas de una curva de nivel seleccionada.

*Delete All Labels:* Este comando permite borrar todas las etiquetas de una curva de nivel seleccionada.

**CAPITULO V**

**DISEÑO GEOMÉTRICO DEL**

**CAMINO**

## **5. DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO.**

Esta parte del documento se enfocará, básicamente el Diseño Geométrico del Camino Vecinal al Cantón Los Llanitos. No obstante, de la misma manera, es posible diseñar cualquier otro tipo de proyecto que se desarrolle a lo largo de un eje. Tales como, canales, túneles, presas, defensas fluviales, etc. Todos ellos necesitan de un eje, perfil longitudinal, rasante y perfiles transversales. Para realizar uno de estos proyectos, habrá que seguir el mismo procedimiento, que será explicado a continuación.

Es importante señalar, que durante el desarrollo de este capítulo, básicamente se usarán herramientas pertenecientes al programa Autodesk Civil Design.

### **5.1. DISEÑO DEL EJE EN PLANTA:**

En esta etapa se desarrollarán cuatro pasos:

- Diseño del eje.
- Definición del eje como alineamiento horizontal.
- Comandos de manejo del alineamiento.
- Etiquetado del eje y generación de líneas paralelas.

Es importante señalar que los comandos que se usarán en los últimos tres pasos de esta etapa, corresponden a herramientas del menú "Alignments", perteneciente al programa Autodesk Civil Design, la forma de cargar las aplicaciones pertenecientes a este programa pueden verse en el Anexo B.

#### **5.1.1. Diseño del eje**

El diseño del eje en planta se realiza con las herramientas gráficas de AutoCAD y los comandos del menú "Lines/Curves" perteneciente al programa AutoDesk Land

Desktop. (Las herramientas concernientes al menú "Lines/Curves" son explicadas detalladamente en el Anexo A). En este paso, quedará el camino completamente dibujado en planta, incluyendo las curvas circulares y espirales en donde sea necesario. Las normas de diseño que se aplicarán en la ejecución del alineamiento horizontal son las estipulados por la "Dirección General de Caminos de El Salvador"... en su apartado de "Clasificación Vecinal", cuyos criterios de diseño, parámetros numéricos y secciones transversales típicas se detallan en el Anexo C.

Debe aclararse que los parámetros de diseño presentados en la Tabla C.1 del Anexo C están estipulados en función de una previa clasificación de las pendientes del terreno natural.

La AASHTO identifica tres categorías generales de terreno en función de las pendientes naturales, mismo que se muestra a continuación en la Tabla V.1:

<b>Tipo de Terreno</b>	<b>Rangos de Pendientes (%)</b>
Llano o plano	$G \leq 5$
Ondulado	$5 \leq G \leq 15$
Montañoso	$15 \leq G \leq 30$

**Tabla V.1 Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales**

**Según LA AASHTO, donde G=pendiente**

Para las clasificaciones mencionadas en la Tabla V.1 deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

*Terreno Plano:* es aquel en el cual se dan condiciones topográficas favorables para los levantamientos de campo, el diseño horizontal y vertical. La construcción y la reconstrucción de la obras viales, facilitándose el mantenimiento y la segura, cómoda y



económica operación de los vehículos. La distancia de visibilidad en el alineamiento horizontal y vertical pueden lograrse sin mayores dificultades.<sup>7</sup>

*Terreno Ondulado:* presenta frecuentes pendientes de subida y bajada y, ocasionalmente ofrece dificultades y restricciones en el alineamiento horizontal y vertical de las carreteras.

*Terreno Montañoso:* Ofrece dificultades y altos costos en la construcción por la frecuencia de cortes y rellenos, que se requieren para lograr alineamientos horizontales y verticales aceptables, las pendientes longitudinales y transversales son frecuentes en este tipo de terreno.

Por lo tanto, de la información contenida en la Tabla V.1, y teniendo en cuenta que la pendiente promedio del camino se estima en  $G=5.76$ , podemos clasificar al terreno según sus pendientes naturales como de tipo ondulado, lo que conlleva a una velocidad de diseño de 40 Km/h, pendiente máxima de 10%, radio mínimo en curvas horizontales de 52.0 m, entre otras. Todas las especificaciones antes mencionadas y algunas complementarias que serán utilizadas más adelante son detalladas en la Tabla C.1 del Anexo C.

Con lo anteriormente estipulado puede dibujarse el eje del alineamiento horizontal, ante lo cual cabe aclarar que, estipulado de antemano fue el hecho de tratar, en la manera de lo posible, de conservar el alineamiento actual del camino; pero dadas

---

<sup>7</sup>SIECA, Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, Proyecto USAID No. 596-0181.20, Febrero de 2001, cap.4, Componentes del Diseño Geométrico, pag. 4-63

las desfavorables condiciones que se presentan en algunos tramos del mismo, se ve en la necesidad de ejecutar algunos cambios en el actual alineamiento, con el fin de mejorar las condiciones de circulación y confort del usuario de la vía. En la mayoría de los casos, los cambios se presentan en el alineamiento horizontal, dado que algunos de los radios de giro del actual alineamiento no cumplen ni con los mínimos absolutos establecidos por las normas. En estos casos se ampliaron los radios en los puntos más críticos del camino, lo que en algunos casos obligó incluso a cambiar un poco el alineamiento actual.

Para poder determinar el alineamiento horizontal que mejor cumple con las necesidades y requerimientos de diseño se plantearon tres alternativas, mismas que pueden verse en la Figura V.1. La alternativa A fue con la que se trató de conservar el alineamiento original de la vía; la alternativa B plantea casi el mismo alineamiento con mejoras en el trazo, en especial en los radios de giro; por último con la alternativa C se trata de mejorar no solo los puntos más críticos, sino la traza en general, al final es la alternativa C la escogida para desarrollar el diseño en sus demás elementos.

Posterior al estudio de las diferentes alternativas planteadas se pudo llegar al alineamiento horizontal que puede verse con más detalle en la Figura V.2 y que servirá como base para las descripciones de procedimientos del programa en lo sucesivo

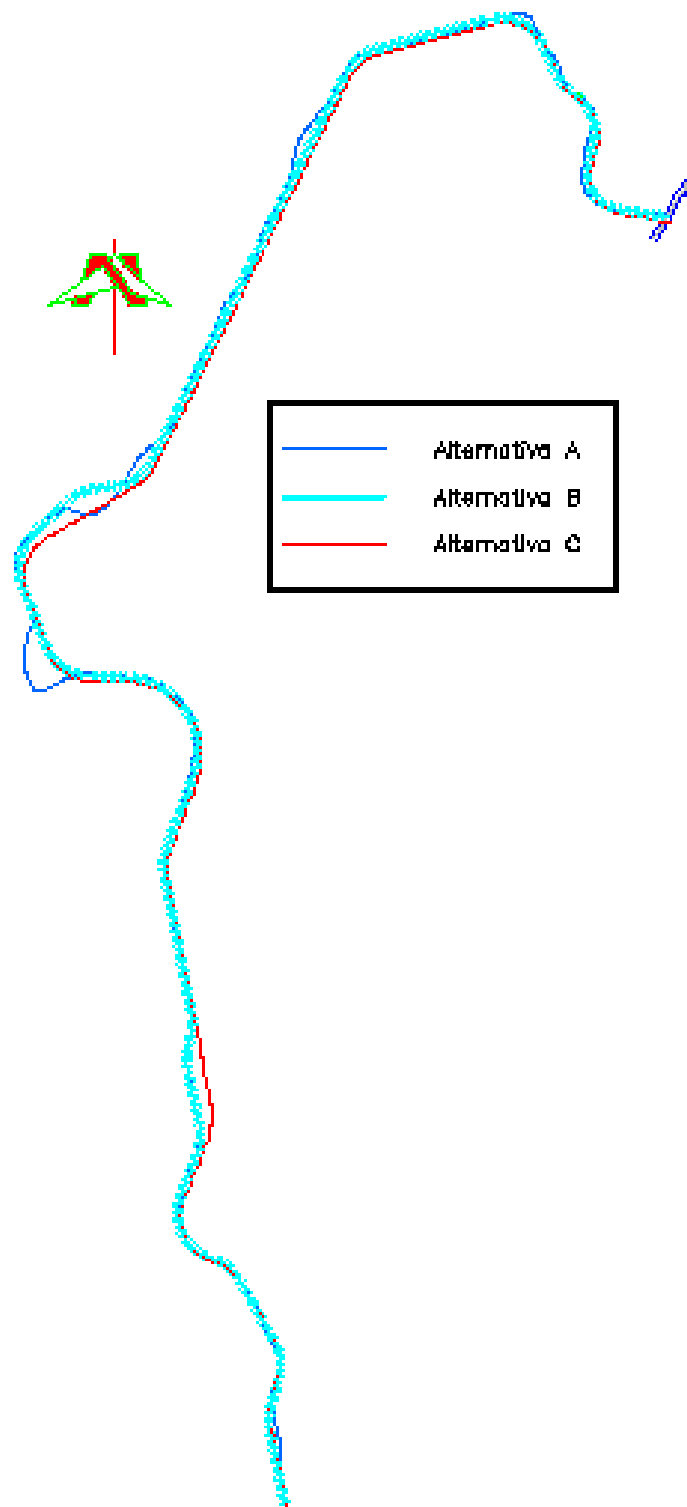


Figura V.1 Ilustración de las tres alternativas de alineamiento horizontal propuestas la Alternativa C fue en última instancia la escogida.

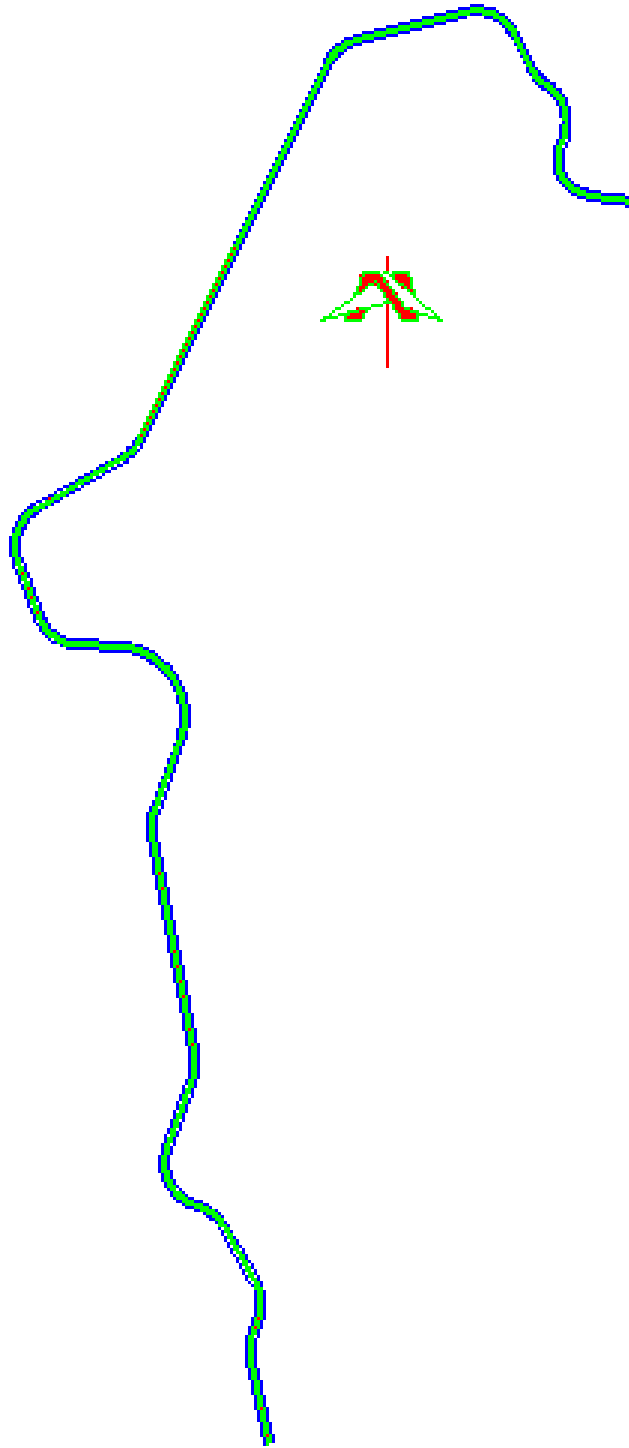


Figura V.2 Alternativa de Alineamiento C

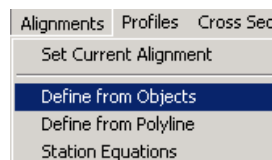
Esta será la alternativa que se usará como base para el desarrollo del diseño completo del camino.

### 5.1.2. Definición del Eje como Alineamiento Horizontal:

Una vez dibujado el eje, se debe definir como alineamiento horizontal. De esa forma queda guardado en una base de datos de alineamientos, dentro del directorio del proyecto. Existen dos alternativas para definir un eje como alineamiento horizontal: *Define from Objects*: Esta opción se debe usar, si las entidades que componen el eje son líneas, arcos y espirales, en algunos casos esta opción es un poco tediosa, sobre todo cuando se necesita tener varias capas (layers) del dibujo encendidas y estas a su vez interfieren con una rápida selección de los elementos que compondrán en alineamiento.

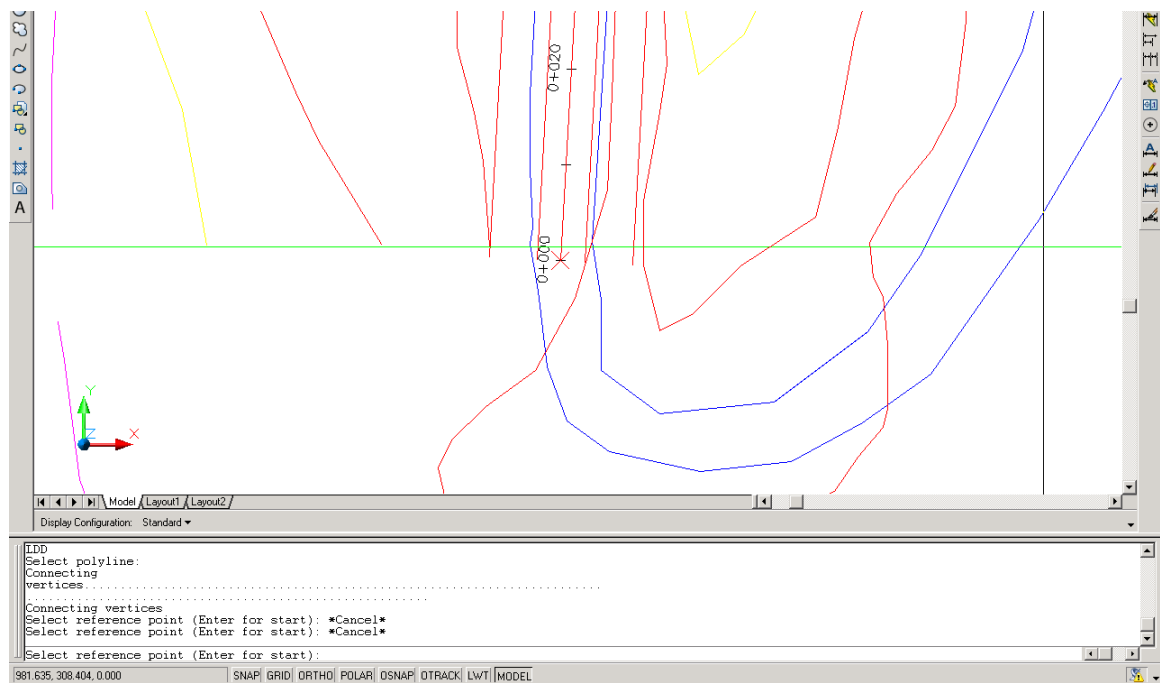
*Define from Polyline*: Esta opción se debe usar, si la entidad que compone al eje es una polilínea, para el caso del alineamiento planteado en este trabajo, tanto las curvas horizontales como las tangentes fueron creadas como curvas y como líneas respectivamente, pero por facilidad de selección fueron editadas por medio del comando de AutoCAD: Pedit (Polyline Edit), convertidas primeramente en polylíneas y luego unidas en una sola polylinea, con el fin de agilizar la selección de los elementos que se desea, formen parte del alineamiento.

En la Figura V.3 pueden verse las opciones antes mencionadas, brindadas por el menú Alignments.



**Figura V.3 Menu Aligments**  
**Alternativas para la definición de un eje como Alineamiento Horizontal**  
**a partir del menú Alignments**

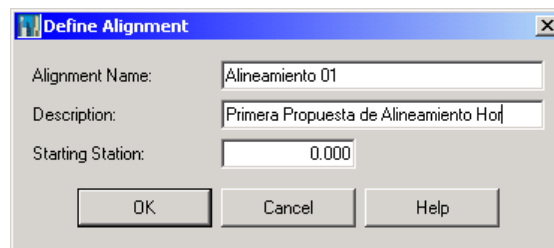
La secuencia en el procedimiento de la definición del eje como alineamiento puede verse a continuación, en las siguientes descripciones:



**Figura V.4 Instrucciones de línea de comando para la definición de una polilínea como alineamiento**

Al seleccionar la opción *Define from Polyline*, que se muestra en la Figura V.3, el programa requiere la selección de la polilínea que será definida como alineamiento, al seleccionarla realiza un proceso de conexión de vértices, para posteriormente solicitar un punto base o referencia, que generalmente es cualquier punto sobre la polilínea cercano al extremo del cual se comenzará a contar los estacionamientos del alineamiento; el programa indica con una “X” el extremo en cuestión, como puede verse en la Figura V.4. El alineamiento fue rotulado previamente no porque el etiquetado preceda a la definición del alineamiento, sino más bien, para que sea de fácil comprensión al usuario en cuanto al punto de referencia solicitado por el programa.

Una vez seleccionado el punto de referencia, se solicita la asignación de un nombre y una descripción del alineamiento que se pretende crear, así como también el estacionamiento inicial del proyecto (Ver Figura V.5). Para el caso en particular de nuestro proyecto se tomará como el 0+0.00 al punto inicial del alineamiento, pero el programa deja la posibilidad de colocar cualquier otro valor que sea conveniente o necesario para los intereses del proyecto, de darse este caso deberá introducirse el estacionamiento inicial en metros, por ejemplo, si el estacionamiento inicial de proyecto es el 1+525 deberá introducirse en la casilla *Starting Station* 1525 como dato de estacionamiento inicial.



**Figura V.5 Cuadro de diálogo *Define Alignment* (Definir Alineamiento), en el cual se introducen nombre, descripción y estacionamiento inicial del proyecto**

En la Figura V.6 se muestra la información del alineamiento que el Autodesk Land Desktop reporta posterior al reconocimiento de la polilínea como alineamiento, en el que se incluye la descripción, el nombre, el número de alineamiento asignado, la longitud, así como el estacionamiento inicial y el estacionamiento final del proyecto.

```

----- ALIGNMENT DATA -----
Description: Primera Propuesta de Alineamiento Hor
Name: Alineamiento 01          Number: 11          Length: 4264.136
Starting station: 0+000       Ending station: 4+264.136

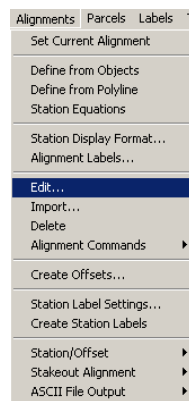
```

**Figura V.6 Información generada en la Línea de comando posterior al reconocimiento de la polilínea como alineamiento**

Con esto queda definido el alineamiento en cuestión. Cabe aclarar que de la misma forma se pueden definir cuantos alineamientos sean necesarios para este proyecto o cualquier otro.

## 5.2. COMANDOS DE MANEJO DEL ALINEAMIENTO:

Para manejar de forma más adecuada los alineamientos definidos en el proyecto, el programa incluye varios comandos, que se explicarán a continuación.



**Figura V.7 Ruta de acceso al comando Edit del Menu Alignments**

El primero de los comandos se muestra sombreado en la Figura V.7 y es al cual se hará mención a continuación:

*Edit:* Este comando despliega un cuadro de diálogo, en el cual es posible modificar las características del alineamiento y además, crear informes acerca de él. Para mostrar lo anteriormente descrito de una forma más ilustrativa se presenta a continuación la Figura V.8:



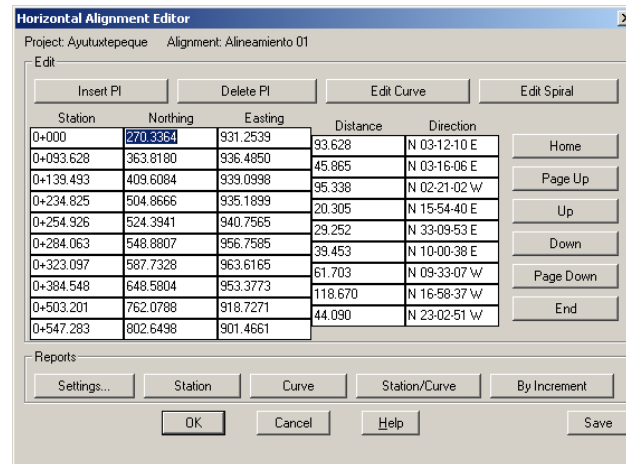


Figura V.8 Cuadro de diálogo del Editor del Alineamiento Horizontal

A continuación se explicará, brevemente, este cuadro:

Los comandos para modificar el alineamiento son:

*Insert PI:* Permite insertar un nuevo vértice en el eje.

*Delete PI:* Permite borrar un vértice existente en el eje.

*Edit Curve:* Modifica las características de las curvas circulares.

*Edit Spiral:* Modifica las características de las clotoides o espirales.

Los comandos para crear informes acerca del alineamiento son:

*Settings:* Se despliega un cuadro en el cual se ingresa el nombre del archivo en el cual se escribirá el informe. Además de otras características, tales como, el tamaño de la hoja, si llevará título, quiebre de página, nombre del proyecto, etc.

*Station:* Genera un informe con el norte, este, azimut de los vértices y las distancias entre vértices.

*Curve:* Genera un informe con las características geométricas de las curvas circulares y espirales incluidas en el alineamiento.

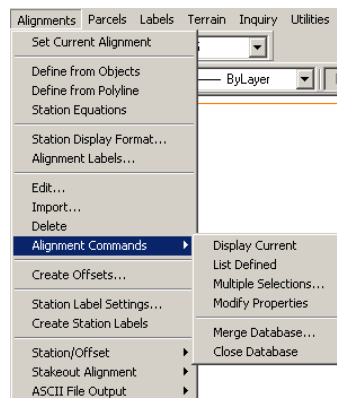
*Sta and Curve:* Genera un informe con el kilometraje, norte, este de los vértices y el azimut y largo de las tangentes.

*By Incr:* Genera un informe con el norte, este y azimut del alineamiento cada cierta distancia o incremento.

*Import:* Este comando permite recuperar un alineamiento, gráficamente, al dibujo.

*Delete:* Este comando permite borrar un alineamiento del dibujo, de la base de datos o de ambos.

**Alignment Commands:** En este menú se incluyen varias herramientas más para trabajar con los alineamientos. A continuación se presentarán de forma gráfica a la vez que sean explicadas sus principales características.



**Figura V.9 Herramientas para trabajar con los alineamientos del menu Alignment Commands**

**Display Current:** Este comando permite saber, cuál de los alineamientos está vigente en un momento determinado.

List Defined: Este comando permite conocer la lista completa de alineamientos disponibles en la base de datos.

Multiple Selections: Este comando despliega un cuadro de diálogo que permite borrar uno o más alineamientos del dibujo, del proyecto o de ambos. Además, permite recuperar al dibujo uno o varios alineamientos, si es que han sido borrados previamente.

Delete from screen: Permite borrar el alineamiento del dibujo.

Delete from database: Permite borrar el alineamiento del proyecto, es decir, de la base de datos.

Delete Profile and Cross Section Files: Permite borrar información de diseño de perfiles y secciones transversales que podrían estar asociadas al alineamiento.

Después de seleccionar una, dos o las tres opciones para borrar, se debe seleccionar el botón "Delete".

Import: Este botón permite recuperar uno o más alineamientos al dibujo.

Select: Este botón permite seleccionar el alineamiento que quedará vigente para los comandos futuros.

### **5.2.1. Generación de líneas paralelas al eje.**

El comando "Create Offsets" permite generar hasta cuatro líneas paralelas al eje. Hacia ambos lados, izquierda y derecha. La diferencia de esta instrucción con el "Offset" de AutoCAD, es que no necesita seleccionar las entidades gráficas para realizar una copia de ellas. Lo hace tomando en cuenta el alineamiento. Como en la mayoría de los casos, el eje está compuesto por varias entidades y no por una polilínea, sería muy incómodo utilizar la opción de AutoCAD. Además, si es que se requiere, es

posible ingresar estas paralelas a la base de datos de alineamientos horizontales. Al seleccionar este comando, se despliega el cuadro de diálogo de la Figura V.10:

**Figura V.10 Cuadro de Diálogo para la definición de Offset Líneas Paralelas al eje de la vía.**

Para acceder a este cuadro de diálogo debe hacerse por medio de la instrucción *Create Offsets...* del menú *Alignments* como puede verse en la Figura V.9

Los parámetros que contiene el cuadro son los siguientes:

*Define offset alignments:* Esta opción se enciende si se desea que las copias se conviertan en alineamientos horizontales pertenecientes a la base de datos.

*Name prefix:* Si las copias se van a convertir en alineamientos horizontales, se puede asociar un prefijo a los nombres de estos alineamientos, de tal forma que sea más fácil reconocerlos en la base de datos. Por ejemplo, si los alineamientos que se generan en esta oportunidad son los bordes de calzada del camino "Llanitos" y en la base de datos existen ejes de otros caminos, se puede asociar el prefijo "LLANITOS". De esa manera, los nombres de los

alineamientos serán: LLANITOSBorde-Iz (borde de calzada izquierda del camino Llanitos) y LLANITOSBorde-De (borde de calzada derecha del camino Llanitos)

*Outer offset:* Son las copias más exteriores o alejadas del eje.

*Second offset:* Son las segundas copias del eje.

*Third offset:* Son las terceras copias del eje.

*Inner offset:* Son las copias más interiores o cercanas al eje.

*Left Offset:* Es la copia a la izquierda.

*Right Offset:* Es la copia a la derecha.

*Layer:* Es el nombre del layer o capa del dibujo dónde se guardarán esas copias.

*Left Name:* Es el nombre que asumirá la copia izquierda como alineamiento en la base de datos.

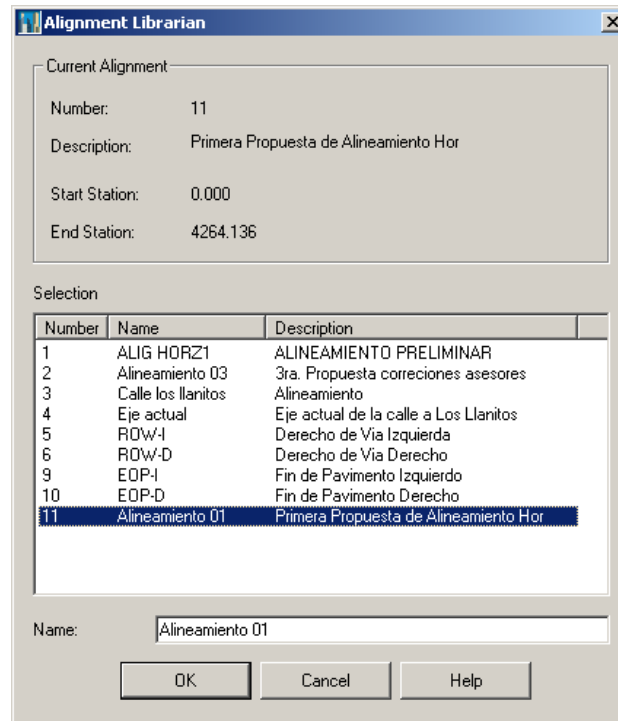
*Right Name:* Es el nombre que asumirá la copia derecha como alineamiento en la base de datos.

Dadas las condiciones imperantes en el terreno y los requerimientos de diseño especificados en la Normativa de la Dirección General de Caminos de El Salvador para este tipo de camino, ver Anexo C, se tiene que el ancho mínimo de la vía debe ser de 5.0 metros, lo que significa un ancho de carril de 2.50 metros. Por lo que en la configuración del cuadro de diálogo para la creación de Líneas Paralelas se deberá definir como 2.5 el parámetro de copia del eje a cada uno de los lados del mismo para la definición del ancho de la calzada del camino. De la misma forma se hará para la configuración de las copias de eje que representarán las líneas de derecho de vía. Que para esta clasificación de camino se estipula en un mínimo de 15.0 metros, lo que conlleva a 7.50 metros a cada lado del eje. Lo anteriormente descrito puede apreciarse de forma más detallada en la Figura V.11

**Figura V.11 Cuadro de Diálogo para la definición de Líneas Paralelas al eje de la vía Específicas para las características de clasificación del Camino a Los Llanitos.**

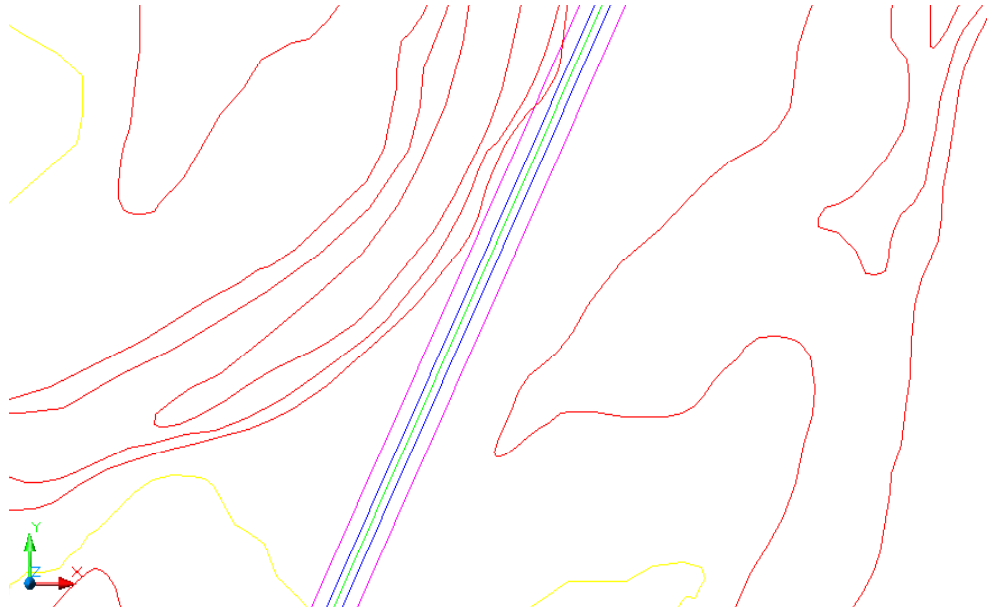
Las configuraciones por omisión que muestra el programa en primera instancia pueden apreciarse en la Figura V.10, mientras que los cambios y configuraciones específicas para el Camino a los Llanitos se muestran en la Figura V.11, incluyendo parámetros numéricos, prefijos identificativos y asignación de nombres de Layers para cada uno de los tipos de elementos que se crearán una vez se haga clic en el botón OK del mencionado cuadro de diálogo.

Una vez se haya dado clic al botón OK del cuadro de diálogo de la Figura V.11, el programa solicita seleccionar un alineamiento para ejecutar las acciones correspondientes a la configuración, lo que puede hacerse de dos maneras. La primera de forma gráfica, seleccionando por medio del cuadro de selección la polilínea que conforma el alineamiento; y la segunda, haciendo clic derecho, al momento de ser solicitado el alineamiento, lo que conlleva al cuadro de diálogo que se presenta en la Figura V.12



**Figura V.12 Cuadro de Diálogo para la selección del alineamiento que será la base de la generación de las líneas paralelas.**

El resultado de la operación anterior, dibujará las líneas que siendo paralelas al eje del alineamiento definirán los límites tanto de la calzada como del derecho de via del mismo, tanto en su costado derecho como izquierdo. Una representación más ilustrativa de esta situación puede verse en la Figura V.13, en la que el eje del camino puede apreciarse en color verde y sus correspondientes líneas de calzada y derecho de vía en colores azul y magenta respectivamente. Las líneas rojas y amarillas representan, como podrá recordarse de la sección 4.6.4, las curvas de nivel mayores y menores de la superficie creada.



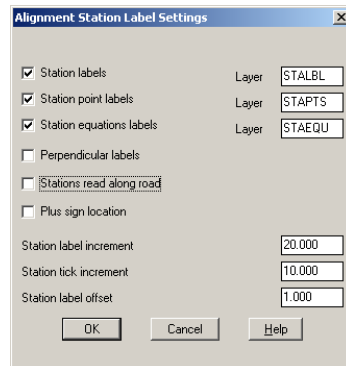
**Figura V.13 Líneas paralelas al eje del alineamiento**  
Creadas para la representación de la calzada y derecho de vía en colores azul y magenta, respectivamente.

### 5.2.2. Etiquetado del eje

En el menú "Station Labels" se encuentran las herramientas para etiquetar el eje.

Antes de generar las etiquetas, se deben definir algunos parámetros en el comando "Station Label Settings", puede accederse al mismo por medio del menú alignments, como puede verse claramente en la Figura V.9. Al seleccionarlo, se despliega el cuadro de diálogo que se aprecia en la Figura V.14, y del cual se procederá a describir o ilustrar los elementos de los que el mismo está compuesto.





**Figura V.14 Cuadro de diálogo proporcionado por el comando “Station Label Settings” y en el que se definen los parámetros de etiquetado del alineamiento.**

*Station labels:* Si esta opción está encendida, será etiquetado el eje cada cierta distancia, según un incremento que se ingresa en otra opción de este mismo cuadro. En el cuadro "Layer" se ingresa el nombre del layer dónde se guardarán estas etiquetas.

*Station point labels:* Si esta opción está encendida, serán etiquetados todos los fines y principios de curvas circulares y espirales. En el cuadro "Layer" se ingresa el nombre del layer dónde se guardarán estas etiquetas.

*Perpendicular labels:* Con esta opción encendida, las etiquetas serán escritas perpendiculares al eje.

*Stations read along road:* Con esta opción encendida, las etiquetas serán escritas a lo largo del eje.

*Plus sign location:* Con esta opción encendida, el programa dibujará un signo + sobre el eje en el lugar al cual corresponde la etiqueta.

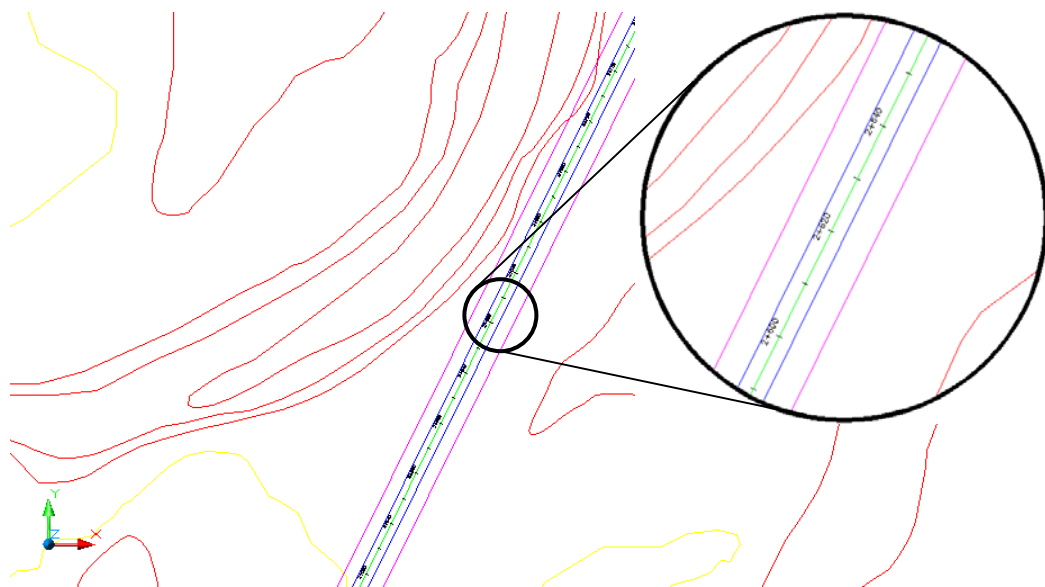
*Station label increment:* En este cuadro se ingresa el incremento o distancia a la cual se desea que se etiquete el kilometraje del eje.

*Station tick increment:* En este cuadro se ingresa el incremento o distancia a la cual se desea que el programa dibuje un signo - (tick) sobre el eje. De esa forma, no es necesario etiquetar tan seguido el eje.

*Station label offset:* Es la distancia a la cual se escribirá la etiqueta del kilometraje que representa.

Finalmente, las etiquetas son creadas, utilizando el comando " Create Stations". Antes de realizar este paso, se puede modificar el tamaño de las letras con el comando " Set Text Style".

A continuación se presentan la Figura V.15 en la que se muestran un tramo del eje etiquetado y un zoom a un punto específico del mismo, para observar mejor los kilometrajes.



**Figura V.15. Etiquetado del eje del alineamiento y zoom para una mejor visualización de los kilometrajes.**

### 5.3. PERFIL LONGITUDINAL:

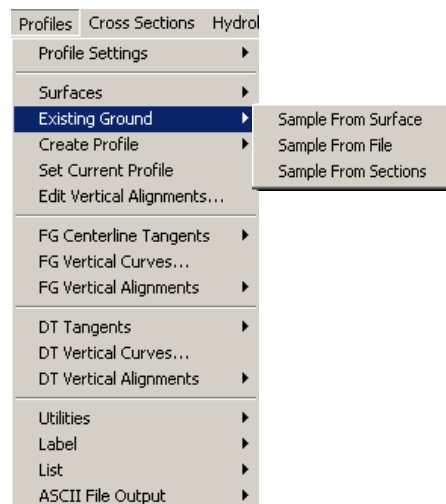
Para generar el perfil longitudinal es necesario realizar dos pasos:

- Obtención de las cotas de terreno.
- Dibujar el perfil longitudinal.

Es importante señalar que los comandos que se usarán en esta etapa, corresponden a herramientas del menú "Profiles", perteneciente al programa Autodesk Civil Design.

#### 5.3.1. Obtención de las cotas de terreno:

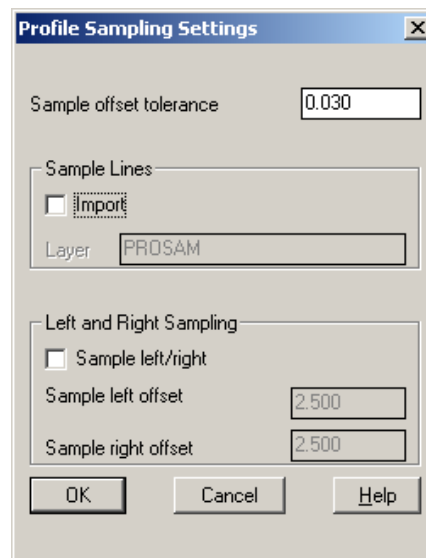
Existen dos alternativas para obtener las cotas del terreno (Ver Figura V.16):



**Figura V.16. Ubicación del "Existing Ground" y comandos relacionados.**

*Sample From Surface:* Con esta opción, las cotas para generar el perfil, se obtienen del modelo de terreno. Al seleccionar esta opción, se despliega el cuadro de diálogo, que se muestra en la Figura V.17. Los parámetros que se deben definir son:

*Sample offset tolerance:* En este espacio se debe ingresar la tolerancia, que se le permitirá al programa para calcular las cotas del perfil longitudinal. En los tramos rectos, el programa puede obtener las cotas exactamente sobre el eje. Sin embargo, en los tramos curvos, no es posible hacerlo. En esos casos, el programa genera cuerdas pequeñas, que permiten recorrer el largo total de la curva o espiral. La distancia máxima que puede haber entre estas cuerdas y los tramos curvos del perfil, está limitada por la tolerancia que se ingresa en esta opción.



**Figura V.17. Cuadro de diálogo del comando Sample From Surface.**

*Sample Lines:* En esta ventana se establece si se desea importar al dibujo, el perfil longitudinal calculado por el programa.

*Import:* Si se enciende esta opción, el programa dibujará las líneas, que representan el eje calculado por el programa. En los tramos curvos, éste no corresponde al diseñado. El objeto de importar estas líneas es

verificar, gráficamente, por dónde pasa el eje, del cual se obtendrá el perfil longitudinal.

*Layer:* En este espacio, se debe ingresar el nombre del layer dónde se guardará el eje calculado por el programa.

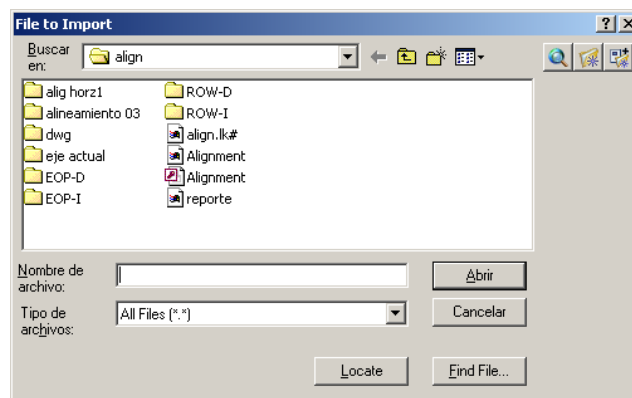
*Left and Right Sampling:* En esta ventana se define, si se desea obtener perfiles longitudinales adicionales, hacia la izquierda y derecha del eje.

*Sample left/right:* Si se enciende esta opción, el programa calculará, además del perfil en el eje, otros adicionales, hacia la izquierda y derecha de él.

*Sample left offset:* En este espacio se debe ingresar la distancia hacia la izquierda del eje, a la cual se desea obtener un perfil adicional.

*Sample right offset:* En este espacio se debe ingresar la distancia hacia la derecha del eje, a la cual se desea obtener un perfil adicional.

*Sample From File:* Con esta opción, las cotas para generar el perfil, se obtienen importando un archivo ASCII. Al seleccionar este comando, el programa solicita indicar el archivo que se desea importar, a través de la ventana que puede verse en la Figura V.18:



**Figura V.18. Cuadro de diálogo del comando Sample from File.**

### 5.3.2. Dibujo del perfil longitudinal

Una vez obtenidas las cotas de terreno, se puede dibujar el perfil longitudinal con el comando "Full Profile".

Al seleccionar este comando, se despliega el cuadro que muestra la Figura V.19 y que será explicado a continuación:

Figura V.19. Cuadro de diálogo del "Profile Generator" o "Generador de Perfiles".

*Station Range:* En esta ventana se establece los kilometrajes, entre los cuales, será dibujado el perfil longitudinal. Esta opción existe, porque no siempre se desea crear el perfil del eje completo.

*Start:* En este espacio se ingresa el kilometraje de inicio del perfil longitudinal.

*End:* En este espacio se ingresa el kilometraje final del perfil longitudinal.

*Datum Elevation Entry:* En esta ventana se establece la cota de referencia que se usará para crear el perfil longitudinal y su escala vertical.

*Datum:* En este espacio se debe ingresar la cota de referencia para el perfil. Para ello, se debe tomar en cuenta la cota mínima del perfil calculado.

*Vertical Scale:* En este espacio se debe ingresar la escala vertical, que se usará para crear el perfil.

*Profile creation parameters:* En esta ventana se establece de qué forma será creado el perfil longitudinal.

*Left to Right:* Si se selecciona esta opción, el perfil será dibujado de izquierda a derecha.

*Right to Left:* Si se selecciona esta opción, el perfil será dibujado de derecha a izquierda.

*Import Left/Right:* Esta opción se debe encender, si se desea representar en el dibujo, los perfiles adicionales, calculados hacia la izquierda y derecha del eje.

*Grid Creation:* En esta ventana se define, si se desea agregar una grilla al perfil longitudinal.

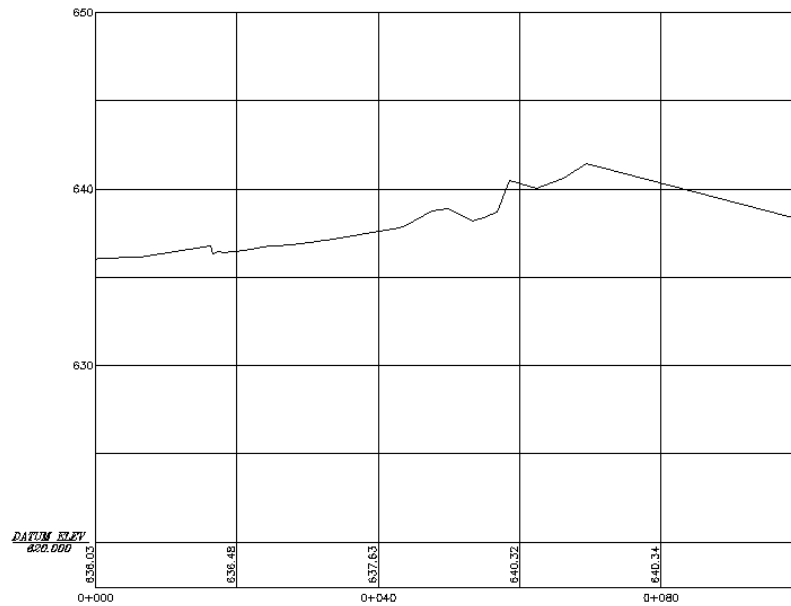
*Import Grid:* Si se enciende esta opción, el programa agregará una grilla al perfil.

*Horizontal spacing:* En este espacio, se debe ingresar la equidistancia horizontal entre las líneas de la grilla.

*Vertical spacing:* En este espacio, se debe ingresar la equidistancia vertical entre las líneas de la grilla.

*Grid height:* En este espacio, se debe ingresar la altura total que tendrá la grilla.

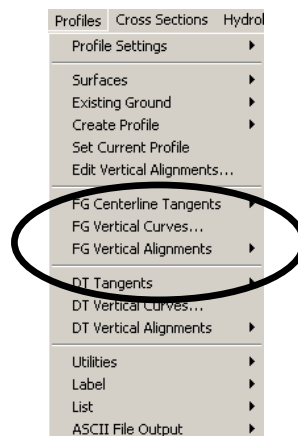
En la Figura V.20 se muestra un ejemplo de un perfil longitudinal resultante de los primeros 100 metros del alineamiento formado sobre el eje de la actual vía.



**Figura V.20. Ilustración de los primeros 100 metros del alineamiento formado sobre el eje de la actual vía**

### 5.3.3. Diseño de la rasante:

Los pasos que se realizan en el diseño vertical del camino, son similares al hecho en el diseño del eje. Primero, se deberá dibujar la rasante y luego se definirá como alineamiento vertical. En la imagen mostrada en la Figura V.21, se muestran los comandos que serán usados en esta etapa.



**Figura V.21. Comandos que se utilizarán en la etapa de diseño de la rasante**



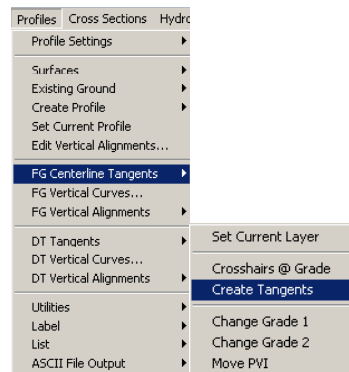
**Nota :** Es importante señalar que los comandos que se usarán en esta etapa, corresponden a herramientas del menú "Profiles", perteneciente al programa Autodesk Civil Design.

#### 5.3.4. Dibujo de la rasante:

Para dibujar la rasante, primero es necesario diseñar los tramos rectos. Luego se le incluyen las curvas verticales.

- **Dibujo de los tramos rectos:**

El comando "Create Tangents" permite dibujar los tramos rectos de la rasante. Para acceder a este comando puede hacerse por medio de la ruta mostrada en la Figura V.22.



**Figura V.22. Comando "Create Tangents" del menú Profiles**

Al seleccionar este comando, aparecen en la línea de comando las opciones de dibujo que se listan a continuación:

*Point:* Se puede dibujar la rasante, indicando libremente con el cursor dónde se desea el vértice.

*Station:* Se dibuja un tramo de la rasante, indicando el kilometraje dónde se desea el siguiente vértice. Además, se debe ingresar la cota o la pendiente de ese tramo.

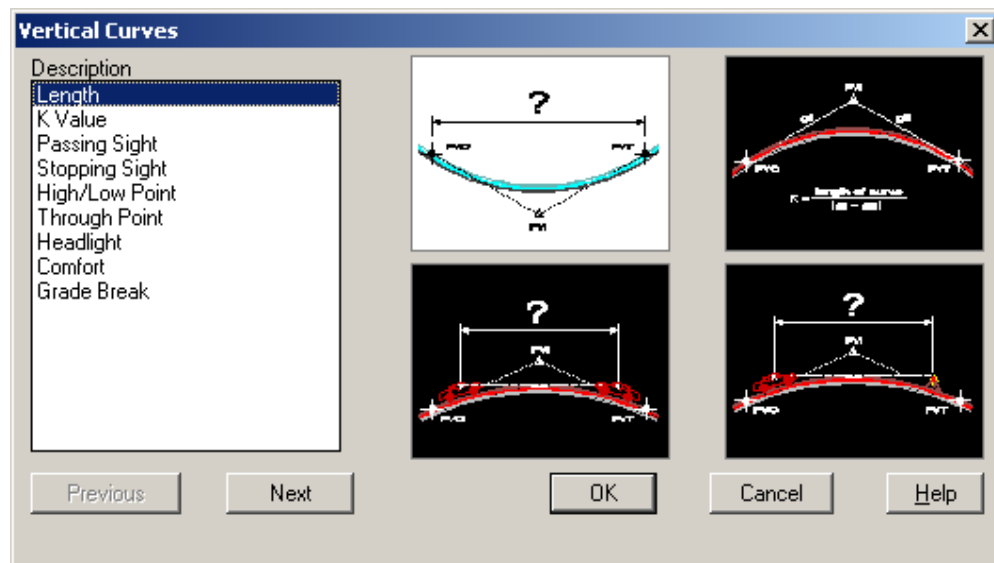
*Length:* Se dibuja el tramo de la rasante, indicando su largo horizontal. Además, se debe ingresar la cota o la pendiente de ese tramo.

*Undo:* Cuando se ha dibujado algún tramo errado, es posible eliminarlo con esta opción, sin necesidad de abandonar el comando.

*Exit:* Esta opción se utiliza para abandonar el comando, cuando se requiera.

- **Dibujo de las Curvas Verticales:**

El comando "FG Vertical Curves" despliega un cuadro de diálogo que a través de la selección de íconos, permite elegir un método para crear curvas verticales. Entre otras variedades, se pueden dibujar curvas verticales ingresando su largo horizontal (2T), el parámetro K (radio), por visibilidad de parada, etc. Los diferentes métodos de diseño de las curvas verticales disponibles se ilustran en las Figuras V.23, V.24 y V.25



**Figura V.23. Metodos de diseño de curvas verticales correspondientes a: largo horizontal, valor K(radio), visibilidad de rebase y visibilidad de parada**

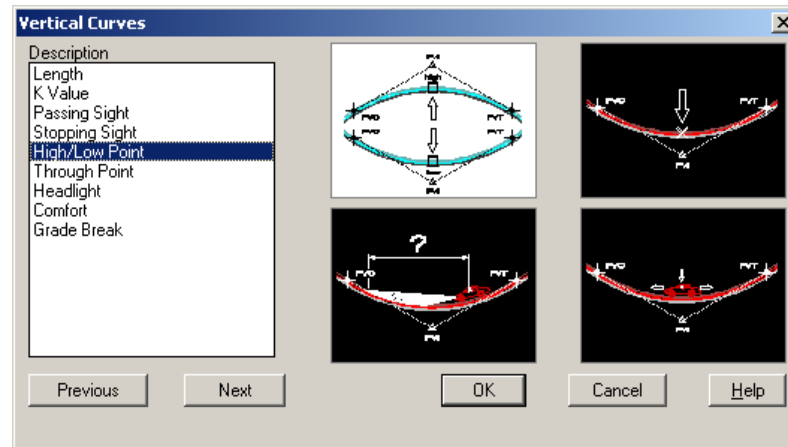


Figura V.24. Métodos de diseño de curvas verticales correspondientes a: punto más alto ó más bajo de la curva, curva que pasa a través de punto obligado, enlace, comodidad

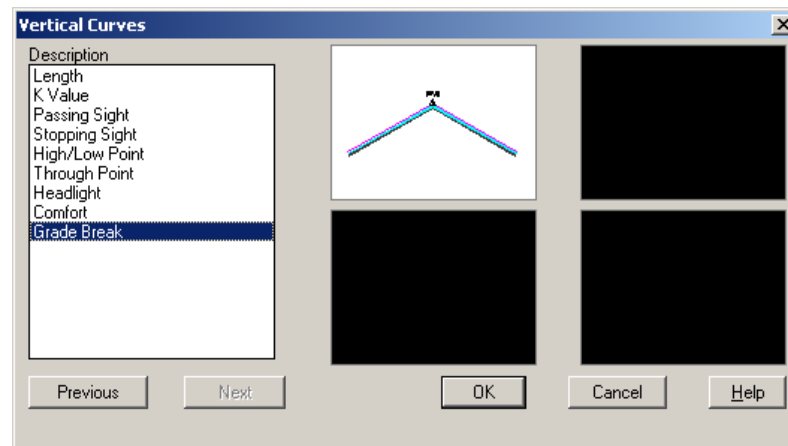


Figura V.25. Métodos de diseño de curvas verticales correspondientes a: quiebre de pendiente

- **Definición de la rasante como alineamiento vertical:**

Para definir la rasante como alineamiento vertical, hay que usar el comando "Define FG Centerline". La información vertical del camino es asociada al alineamiento horizontal. Por lo tanto, no se crea una segunda base de datos. Sólo existe una, en la cual los alineamientos tienen información horizontal y vertical.

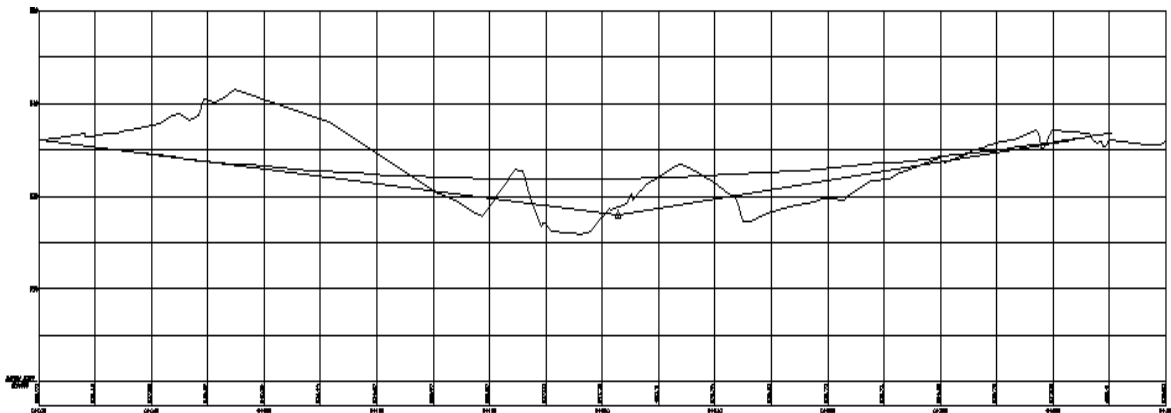
Dentro del menú "FG Vertical Alignments", existen otras dos instrucciones:

*Edit:* Este comando despliega un cuadro de diálogo, en el cual se puede modificar la rasante y generar informes acerca de ella. Es muy similar al cuadro, que se utiliza para modificar alineamientos horizontales. Éste ya fue explicado detalladamente en el punto 5.2 *Comandos de manejo del alineamiento*, por lo tanto, no se considera necesario repetirlo en esta oportunidad.

*Import:* Este comando permite recuperar la rasante al dibujo, si es que hubiera sido borrada.

En la Figura V.26 se muestra un ejemplo, de un perfil longitudinal con rasante, en el que puede verse las tangentes: creadas a partir del comando “Create Tangents” y la curva vertical generada para el criterio de comodidad de circulación para una velocidad de diseño de 50 km/h y una longitud de curva de 350m.

Al accionar el comando “Create Tangents” el programa solicitará por medio de la línea de comando el punto de inicio de la tangente de salida de la curva y confirma tanto el estacionamiento como la elevación del punto seleccionado(en este punto son editables, ambos), posteriormente se solicitan tantos puntos como PVI se tengan dispuestos en el tramo a diseñar.



**Figura V.26. Curva vertical de un tramo del camino en diseño generada por el método del confort para una velocidad de diseño de 50 km/h y una longitud de curva de 350 metros.**

- **Etiquetado de la rasante:**

Los comandos para etiquetar la rasante se encuentran en el menú "Label", a los cuales se puede acceder de la forma en que se muestra en la Figura V.28

A continuación se explicarán las opciones:

Set Text Style : Permite definir el tamaño de la letra que se va a usar para las etiquetas.

Vertical Curves: Etiqueta las curvas verticales.

Tangents : Etiqueta los tramos rectos.

Spot Elevations: Etiqueta la cota de algún punto específico, que se necesite conocer.

Cuando se usan los comandos para etiquetar las curvas y los tramos rectos, también se generan en el perfil longitudinal y las cotas de rasante.

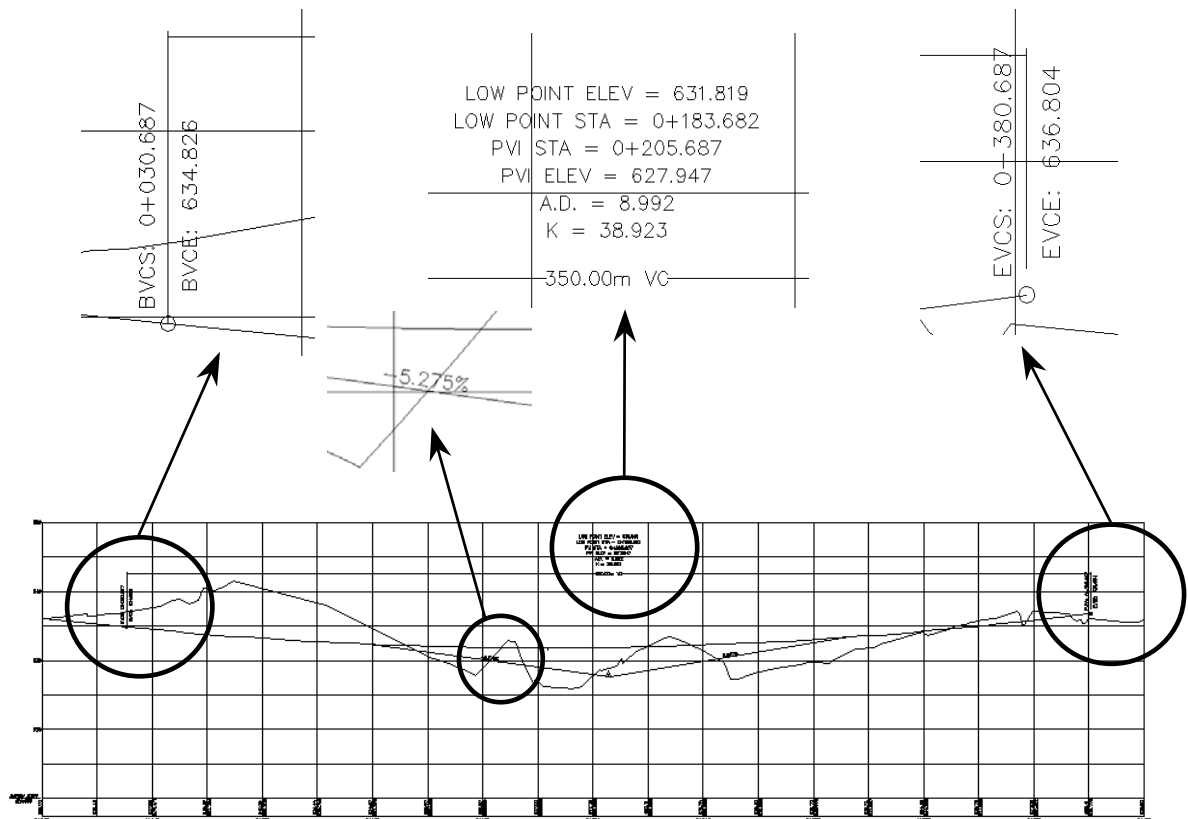
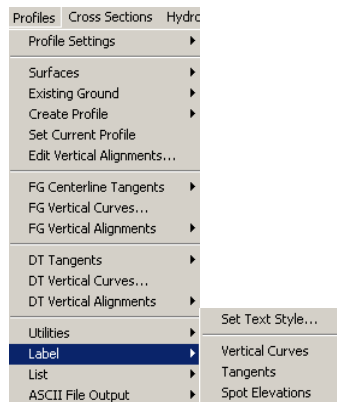


Figura V.27. Etiquetado de la rasante.

Como puede apreciarse en la Figura V.27, el programa ofrece formas de etiquetar tanto las curvas como las tangentes de las mismas, de izquierda a derecha, en las imágenes que se muestran arriba en las ampliaciones pueden verse en la primera, tanto el estacionamiento donde se encuentra emplazado el inicio de la curva como su correspondiente elevación. En la segunda imagen puede verse la etiqueta de la tangente de entrada de la curva; en la tercera imagen se hace una ampliación de los datos correspondientes propiamente a la curva vertical, entre los datos que se muestran están: la elevación y el estacionamiento correspondientes al punto más bajo de la curva y del PVI (Punto de Intersección de Tangentes Verticales), los valores correspondientes a los parámetros A.D y K y la longitud de la curva vertical. En la última imagen se aprecian los datos de estacionamiento y elevación de el punto de finalización de la curva vertical.



**Figura V.28 Opciones del comando Label del menú "Profiles"**

#### **5.4. SECCIONES TRANSVERSALES**

Las secciones transversales al igual que los alineamientos horizontales están definidos por un nombre, y son almacenados en un archivo en la base de datos del proyecto, donde todos los comandos relacionados con estos trabajan buscando lo

necesario desde estos archivos, lo mismo ocurre con los perfiles y las secciones transversales, la forma en que se configuran las opciones para las plantillas de control son buscados junto con los demás seteos realizados para el dibujo en el archivo generado por el programa en la siguiente ruta:

c:\Land Projects 2004\

Los comandos para la creación de secciones transversales (perfiles transversales) se encuentran en el menú Cross Sections, estos están agrupados en ocho secciones como puede observarse en la figura V.29.

Para la creación de una sección transversal el primer paso es establecer cual es la superficie del terreno y seleccionar el alineamiento al cual se necesita conocer las secciones correspondiente. Puede crearse una sección transversal para el terreno existente de tres maneras:

- Realizar una plantilla para una o diferentes superficies
- Extraer los datos desde un archivo de texto
- Introducir los datos manualmente utilizando el editor Existing Ground Section

En esta etapa, se desarrollarán cuatro pasos obligados para obtener las secciones del camino:

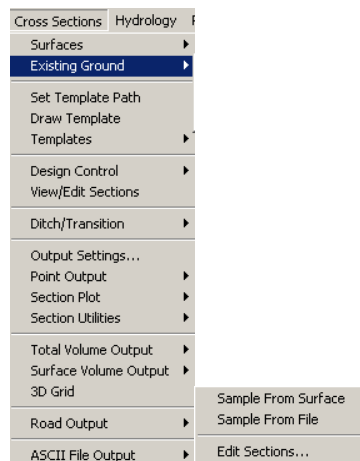
- ✓ Obtención de los perfiles transversales de terreno.
- ✓ Definición de la plantilla tipo del camino.
- ✓ Configuración de parámetros para el control del diseño.
- ✓ Dibujo de los perfiles transversales.

Es importante señalar que los comandos que se usarán en esta etapa, corresponden a herramientas del menú "Cross Sections", perteneciente al programa Autodesk Civil Design.

#### 5.4.1. Obtención de los perfiles transversales de terreno:

Existen dos alternativas para recuperar las cotas de terreno:

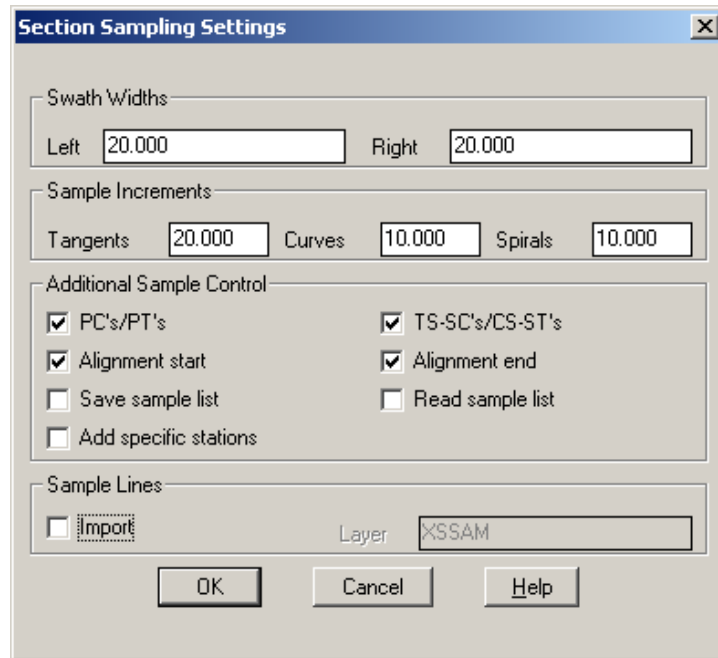
Sample From Surface y Sample From File como puede apreciarse en la Figura V.29.



**Figura V.29 Comandos relacionados a la obtención de los perfiles transversales del terreno**

*Sample From Surface:* Con esta opción, las cotas para generar los perfiles transversales, se obtienen del modelo de terreno. Al seleccionar el comando, se despliega el cuadro de diálogo, que se muestra a continuación en la Figura V.30:





**Figura V.30 Cuadro de diálogo del "Section Sampling Settings"**

Los parámetros que se deben definir en el cuadro "Section Sampling Settings", son los siguientes:

*Swath Widths:* En este cuadro se ingresa el ancho hacia la izquierda ("Left") y hacia la derecha ("Right"), que se desea obtener para los perfiles transversales, para el caso de este diseño se tomarán 20 metros a cada lado del eje ya que el derecho de vía correspondiente a cada lado del mismo es de 15 metros.

*Sample Increments:* Es el incremento o equidistancia para obtener los perfiles. En "Tangents" se ingresa el incremento para los tramos rectos que para el caso se tomará como 20.00 metros. En "Curves" se ingresa la equidistancia válida para las curvas circulares, la cual se tomará como

10.00 metros, como puede verse en la Figura V.30. En "Spirals" la distancia que se usará 10.00 m.

*Additional Sample Control:* En esta ventana se ingresan los kilometrajes en los cuales se desea un perfil transversal adicional.

*PC's/PT's:* Si esta opción se enciende, se generarán perfiles en los kilometrajes de los principios y fines de curva circular.

*TS-SC's/CS-ST's:* Si esta opción se enciende, se generarán perfiles en los kilometrajes de los principios y fines de clotoides (espirales).

*Alignment Start:* Si esta opción se enciende, se generará un perfil en el inicio del alineamiento.

*Alignment end:* Si esta opción se enciende, se generará un perfil en el final del alineamiento.

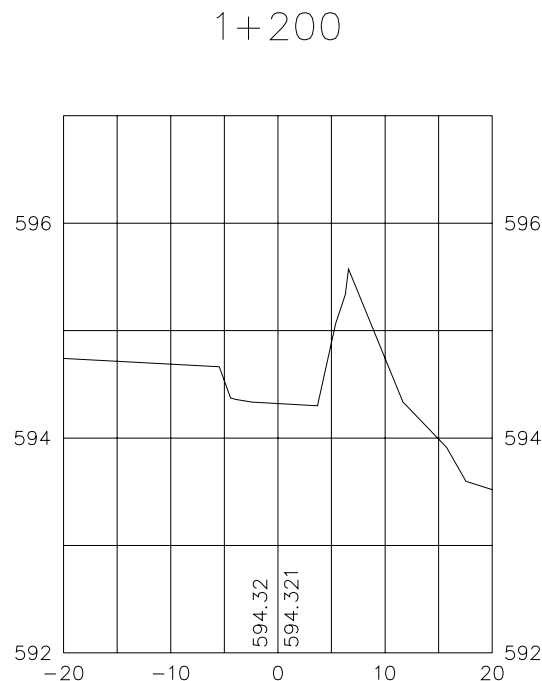
*Save sample list:* Guarda la lista de kilometrajes en un archivo. De esa forma, en el futuro se podrán generar nuevamente perfiles en los mismos lugares, si se enciende esta opción.

*Read sample list:* Lee la lista de kilometrajes que fue guardada con el comando explicado anteriormente. Los perfiles serán calculados en los kilómetros indicados en la lista.

*Add specific stations:* Si se enciende esta opción, se podrán incluir en el cálculo, kilometrajes especiales. Éstos se pueden indicar escribiendo el kilómetro o seleccionando gráficamente con el cursor el lugar sobre el eje.

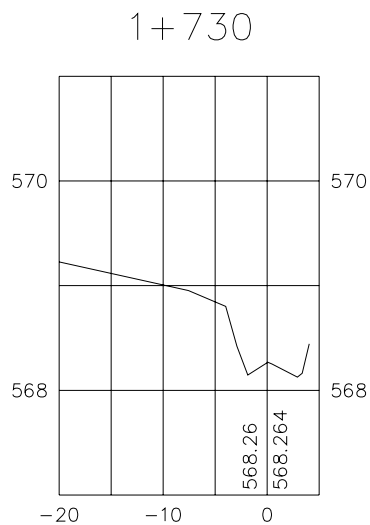
*Sample Lines*: Si se enciende la opción "Import", el programa dibujará en la planta, líneas ortogonales al eje, en todos los kilometrajes seleccionados en este cuadro. Las líneas tendrán el ancho de los perfiles transversales y se guardarán en el layer que se ingrese en el cuadro "Layer".

En la Figura V.31 puede verse el perfil transversal generado sobre el alineamiento del proyecto para el estacionamiento 1+200, dado que en el cuadro de diálogo de la Figura V.30 se solicitó que se realizaran perfiles transversales a cada 20.00 metros en el sentido del alineamiento y 20.00 metros a cada uno de los lados del eje, se obtienen los resultados que se muestran a continuación:



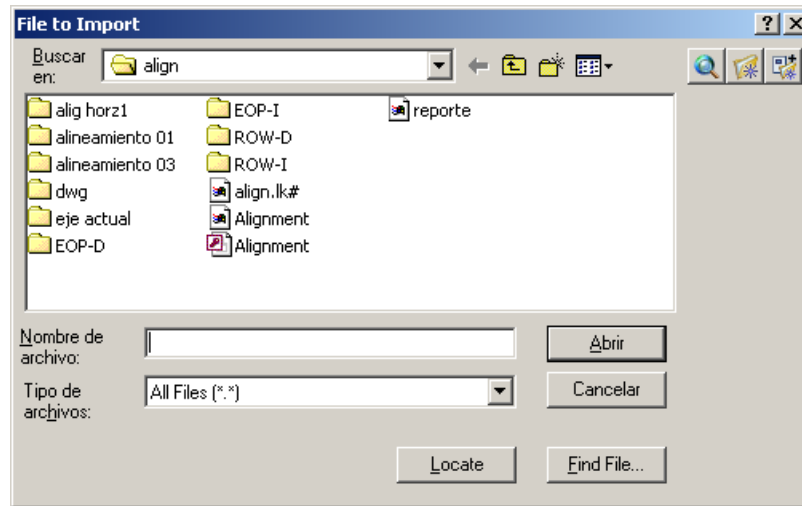
**Figura V.31 Perfil transversal del terreno emplazado en el estacionamiento 1+200 del alineamiento horizontal**

Cabe aclarar que si la información topográfica, no fuese suficiente para cubrir el ancho de la banda que se indicó al programa en el cuadro de diálogo de la Figura V.30, el programa simplemente graficará la información con la que cuenta. Como ejemplo de ello se ve en la Figura V.32



**Figura V.32 Perfil transversal del terreno, emplazado en el estacionamiento 1+730 del alineamiento horizontal, nótese la ausencia de la gráfica del perfil del lado derecho, por la carencia de información topográfica, de ese lado del alineamiento**

*Sample From File:* Con esta opción, las cotas para generar los perfiles transversales, se obtienen importando un archivo ASCII. Al seleccionar este comando, el programa solicita indicar el archivo que se desea importar, a través de la siguiente ventana:



**Figura V.32a Cuadro de diálogo de la opción “Simple from File” para la generación de perfiles transversales del terreno, sobre el alineamiento.**

Nota. Más adelante en el desarrollo del programa se mostrarán los pasos para imprimir en pantalla los perfiles transversales que se desee ver o estudiar.

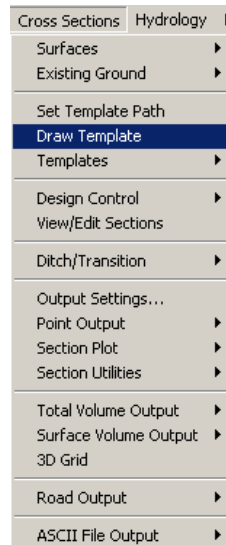
#### **5.4.2. Dibujo y definición de la plantilla tipo del camino:**

En este paso, se deberá dibujar todas las plantillas tipo, que serán usadas en el camino, que se está generando.

Después de dibujarlas, se deberán definir, para que queden guardadas en una librería de plantillas. De tal forma, se podrán usar en proyectos futuros.

- **Dibujo de la plantilla tipo:**

El comando que se debe usar para dibujar la plantilla, es "Draw Template" y su ubicación puede verse en la Figura V.33. Es necesario crear un nuevo layer para poder identificar fácilmente la plantilla tipo.



**Figura V.33 Ubicación del comando “Draw. Template” del menú Cross Section**

Al seleccionar “Draw. Template”, aparecerán en la línea de comando, una serie de instrucciones, que ofrecen distintas alternativas de dibujo, que pueden apreciarse en la Figura V.34 y que serán explicadas a continuación.

```
Starting point :
_____
Change in offset [Grade/Slope/Close/Points/Undo/eXit]:
```

**Figura V.34 Alternativas de dibujo presentadas por el comando “Draw Template”**

Starting Point: se debe seleccionar el punto donde se comenzará a dibujar la plantilla picando un punto dentro del área de dibujo o puede realizarse introduciendo dos coordenadas x,y. Hay que tomar en cuenta que este punto corresponderá al punto central de la plantilla y del eje del alineamiento seleccionado, sea esta plantilla simétrica o no. Después de seleccionado el punto de comienzo de la plantilla aparece la siguiente instrucción en la barra de comando

```
Select point (Relative/Grade/Slope/Close/Undo/eXit):
```

A lo cual debe seleccionarse una de las alternativas para seleccionar el segundo punto de la plantilla.

*Points:* si se cuenta con una plantilla dibujada, únicamente se debe ir calcando la plantilla con la ayuda del mouse y de la instrucción Points, Figura V.34., pues ya que esta alternativa permite dibujar tramos de la plantilla, haciendo uso libremente del cursor. Además, es posible usar todos los OSNAP's de AutoCAD.

*Relative:* Esta alternativa permite dibujar tramos de la plantilla, ingresando una distancia transversal-horizontal al eje y una distancia en la vertical. Al escribir **R** aparece lo siguiente en la barra de comando:

Change in offset: (Grade/Slope/Close/Points/Undo/eXit):

La opción Relative, dibuja segmentos de líneas basadas en cambios introducidos hacia un lado del eje en forma transversal y en elevación. Para un tramo a la izquierda debe utilizarse un valor negativo, mientras que al lado derecho un valor positivo. Después de introducido el tramo al lado derecho o izquierdo, la barra de comando solicitará el cambio en elevación, para lo cual se ubicara un valor positivo si el cambio en dirección es hacia arriba, y negativo si el cambio en elevación es hacia abajo.

Procedimiento:

Cross Section → Draw Template

Starting point:

Select point [Relative/Grade/Slope/Close/Undo/eXit]:r

Change in offset [Grade/Slope/Close/Points/Undo/eXit]: p

Select point [Relative/Grade/Slope/Close/Undo/eXit]: r

Change in offset [Grade/Slope/Close/Points/Undo/eXit]: -2.5

Change in elev: -0.05

Change in offset [Grade/Slope/Close/Points/Undo/eXit]: p

Select point [Relative/Grade/Slope/Close/Undo/eXit]: r

Change in offset [Grade/Slope/Close/Points/Undo/eXit]: 0.0

Change in elev: -0.6

Change in offset [Grade/Slope/Close/Points/Undo/eXit]: p

Select point [Relative/Grade/Slope/Close/Undo/eXit]: r

Change in offset [Grade/Slope/Close/Points/Undo/eXit]: 2.5

Change in elev: 0.05

Change in offset [Grade/Slope/Close/Points/Undo/eXit]: c

Starting point: Esc

Command:

Luego de terminada la rutina, queda terminada la plantilla. Figura 34.a



**Figura V.34.a Plantilla de una sección transversal simétrica.**

Donde:

-2.5 corresponde a la distancia horizontal transversal desde el eje

-0.05 corresponde al valor que disminuye en elevación por cada metro (o unidades en la que se trabaje) de la distancia horizontal, valor que equivale a una superficie de calle con un bombeo de 2%.

Si se diera el caso que hubiera un error en la introducción de los valores puede utilizarse la opción Undo, teniendo en cuenta que se debe terminar la rutina



hasta introducir Change in elev.:, se coloca el valor y luego se digita “u” por lo que los últimos valores no los toma en cuenta en la elaboración del dibujo.

Nota: el valor que se coloca en el cambio de elevación se ve afectado por la escala vertical que este configurado en el proyecto, para el caso el seteo del proyecto para este ejemplo esta en una relación vertical de 10:1, por lo que al digitar una elevación de 0.05 cm en el dibujo esta representa una línea de 0.5 cm.

*Grade:* Esta alternativa permite dibujar tramos de la plantilla, ingresando una distancia transversal-horizontal al eje y la pendiente en porcentaje del tramo.

*Realizando el mismo ejemplo con la opción Grad, debe tomarse en cuenta que esta opción puede utilizarse para definir plantillas en los tramos transversales al eje y no pueden dibujarse tramos de manera vertical por lo que se debe auxiliar del la opción Point y luego Relative para completar la plantilla del camino.*

Starting point:

Select point [Relative/Grade/Slope/Close/Undo/eXit]:g

Grade (%) [Relative/Slope/Points/Close/Undo/eXit]: -2

Change in offset: -2.5

Grade (%) [Relative/Slope/Points/Close/Undo/eXit]: r

Change in offset [Grade/Slope/Close/Points/Undo/eXit]: 0.0

Change in elev: -0.6

Change in offset [Grade/Slope/Close/Points/Undo/eXit]: g

Grade (%) [Relative/Slope/Points/Close/Undo/eXit]: 2

Change in offset: 2.5

Grade (%) [Relative/Slope/Points/Close/Undo/eXit]: c

Command:

*Slope*: Esta alternativa permite dibujar tramos de la plantilla, ingresando una distancia transversal-horizontal al eje y una relación "x es a y", tal como se usa, generalmente, en los taludes. Básicamente es el recíproco de la opción Grade, es decir para la relación de la pendiente en porcentaje Grade, se obtiene de la relación elev: a Change in offset multiplicado por el 100%. Mientras que con la opción Slope esta en función de la relación Change in offset a elev:

A continuación se presenta la introducción de los datos accediendo al menú Cross Section → Draw Template para obtener los mismos resultados del ejemplo que se ha desarrollado con los comandos anteriores:

starting point:

Select point [Relative/Grade/Slope/Close/Undo/eXit]:s

Slope (3 for 3:1) [Relative/Grade/Points/Close/Undo/eXit]: -50

Change in offset: -2.5

Slope (3 for 3:1) [Relative/Grade/Points/Close/Undo/eXit]: p

Select point [Relative/Grade/Slope/Close/Undo/eXit]: r

Change in offset [Grade/Slope/Close/Points/Undo/eXit]: 0.0

Change in elev: -0.6

Change in offset [Grade/Slope/Close/Points/Undo/eXit]: s

Slope (3 for 3:1) [Relative/Grade/Points/Close/Undo/eXit]: 50

Change in offset: 2.5

Slope (3 for 3:1) [Relative/Grade/Points/Close/Undo/eXit]: c

Starting point:

*Close*: Esta alternativa permite cerrar el polígono o plantilla, que se ha dibujado con las herramientas explicadas anteriormente.

*Undo*: Esta alternativa permite deshacer uno o más tramos de la plantilla, sin necesidad de abandonar el comando.

*eXit*: Esta alternativa permite abandonar el comando, escribiendo una " X".

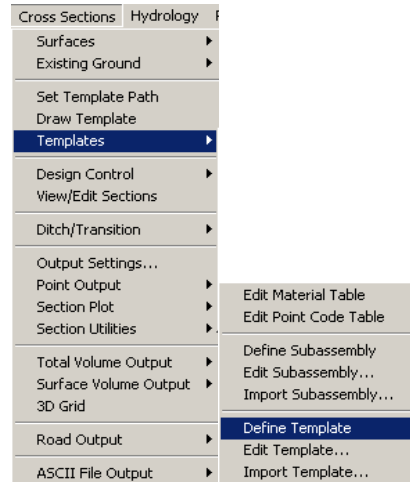
La plantilla deberá ser dibujada, de tal forma que cada superficie, que vaya a contener un material distinto (ej.: carpeta, base, sub-base, etc.), quede dibujado como un polígono totalmente independiente. También, es importante señalar que, si la plantilla tipo es simétrica, solamente se deberá dibujar su lado izquierdo. Esto se hace con el objeto de ahorrar tiempo. No es necesario dibujarla completa, ya que el programa asume el otro lado, si eso le es indicado en el momento de definirla.



**Figura V.35 Dibujo de una sección de camino completamente simétrica.**

- **Definición de la plantilla tipo:**

Cuando la plantilla está dibujada, se debe definir, con el objeto que quede guardada en la librería de plantillas tipo. El comando que se utiliza para ello, es "Define Template".



**Figura V.36 Alternativas de dibujo presentadas por el comando “Templates”**

Al seleccionarlo, aparecerán varias instrucciones seguidas en la línea de comando. Éstas serán explicadas a continuación.

```

Command:
Pick finish ground reference point:
Is template symmetrical [Yes/No] <Yes>:

Select template surfaces...
Select objects: 1 found

Select objects: 1 found, 2 total

Select objects:

Surface type [Normal/Subgrade] <Normal>:

Surface type [Normal/Subgrade] <Normal>:

Pick connection point out:
Datum number <1>:

Pick datum points (left to right):
Pick datum points (left to right):
Pick datum points (left to right):
Pick datum points (left to right):

Save template [Yes/No] <Yes>:

Template name: Seccion_Los_Llanitos

Define another template [Yes/No] <Yes>: n

```

**Figura V.36a Instrucciones mostradas en la Línea de Comando posteriores a la acción de “ Define Templates”**

Estas instrucciones deberán ser contestadas todas, una por una, en el orden en que aparecen. Para seleccionar puntos de manera precisa, se deben usar los comandos OSNAP's de AutoCAD.

*Pick finish ground reference point:* Se debe indicar, precisamente, el punto por dónde pasará la rasante.

*Is template symmetrical (Yes/No):* Se debe indicar si la plantilla es simétrica o no.

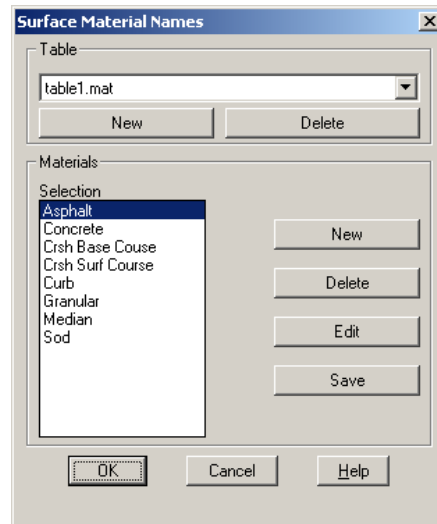
*Select template surfaces:* Se debe seleccionar todos los polígonos que componen la plantilla.

*Surface type (Normal/Subgrade):* Se debe indicar si el polígono de la plantilla que se está definiendo es "Normal" o "Subgrade".

*Normal:* Si se selecciona esta opción, el programa asume que el polígono que se está definiendo, es la carpeta de la plantilla. En la práctica, el programa genera una superficie rígida, que no permite acomodarse a condiciones distintas.

*Subgrade:* Si se selecciona esta opción, el programa asume que el polígono que se está definiendo, es una base de la plantilla. En la práctica, el programa genera una superficie flexible, que permite acomodarse a distintas condiciones, específicamente, en los lugares, dónde se ubica la salida del talud y en su ancho.

Inmediatamente después de contestar la última instrucción, el programa despliega un cuadro de diálogo, como el que se ve en la Figura V.37, en el cual hay que seleccionar un material para el polígono o superficie que se está definiendo.



**Figura V.37 Cuadro de diálogo "Surface Material Names"**

A continuación, se explicará brevemente este cuadro:

**Table:** Es posible definir varias tablas de materiales. El contenido de cada una, se puede revisar en la ventana "Materials".

**New:** Con este botón, se puede crear una tabla nueva.

**Delete:** Con este botón, se puede borrar una tabla existente.

**Materials:** En esta ventana, se encuentra la lista de materiales disponible por tabla. Aquí es dónde se debe seleccionar el material, que se desea usar.

**New:** Con este botón es posible crear un nuevo material para la tabla.

**Delete:** Con este botón es posible borrar un material existente de la tabla.

**Edit:** Con este botón es posible modificar el nombre de un material, perteneciente a la tabla.

**Save:** Con este botón se puede guardar la tabla de materiales nueva o modificada.

*Pick connection point out:* Se debe indicar, precisamente, el punto desde dónde nacerá el talud de tierra.

*Datum number <1>:* Con "Datum", el programa se refiere a la superficie subrasante. Es posible definir varias superficies subrasantes en una misma plantilla. Por eso, el programa pide en esta instrucción, cuál será el número de la superficie, que se definirá a continuación. Si se desea aceptar el número "1", que aparece entre corchetes, solamente, se deberá apretar la tecla "Enter".

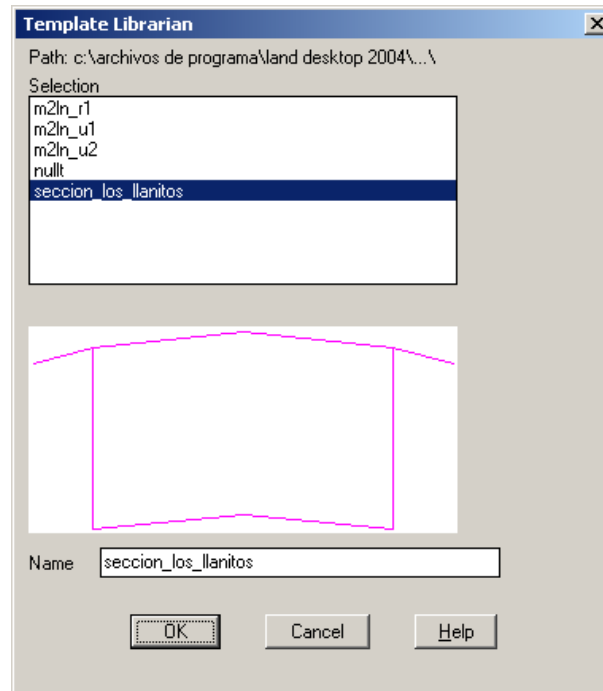
*Pick datum points (left to right):* Se debe indicar, precisamente, todos los puntos que definen la superficie subrasante, de izquierda a derecha.

*Save template (Yes/No):* Si se está conforme con la plantilla definida, se deberá contestar positivamente esta pregunta, para guardarla en la librería. Se debe dar la respuesta "Yes" o "Y".

*Template name:* El programa pide en esta línea, el nombre que se le desea asignar a la plantilla, recién definida.

*Define another template (Yes/No):* El programa pregunta si se desea definir una siguiente plantilla. Si la respuesta es positiva, se debe contestar con un "Yes" o "Y".

Una vez hecho esto se guarda la sección como un nuevo tipo, al que para el caso se asignó el nombre de: "sección los llanitos", como puede verse en la Figura V.38

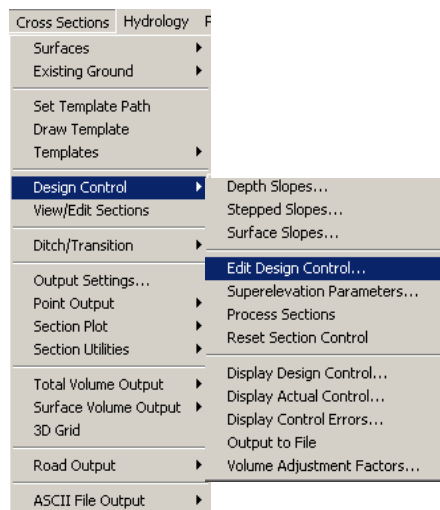


**Figura V.38** Plantilla tipo de sección del camino generada y definida como plantilla tipo para el camino, el nombre asignado a la misma es “seccion\_los\_llanitos”

#### **5.4.3. Configuración de parámetros para el control del diseño:**

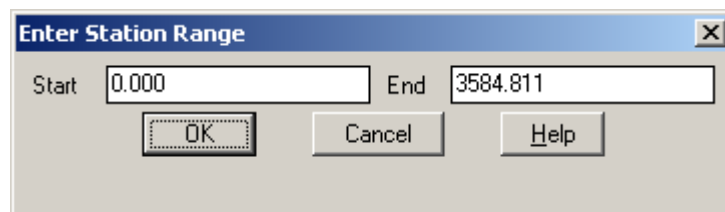
En este paso, se debe definir cuál plantilla tipo se usará y qué talud. Para realizar esta operación, se debe usar el comando " Edit Design Control" del menú "Design Control", como puede verse en la Figura V.39.



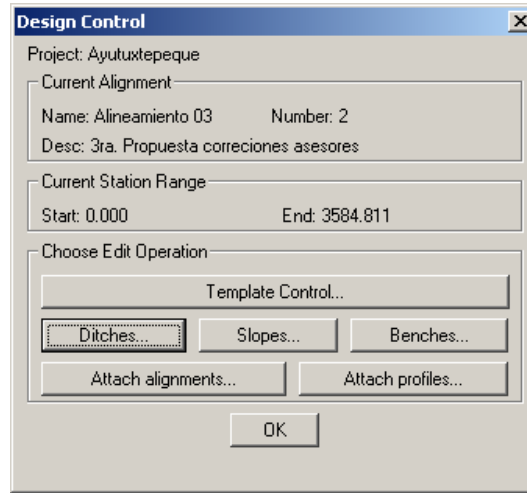


**Figura V.39** Forma de acceso al cuadro de diálogo “Edit Design Control...”

Lo primero que se debe indicar es el kilometraje, entre los cuales será válida la definición que se hará en el cuadro “Design Control”, el kilometraje se define en el cuadro mostrado en la Figura V.40.



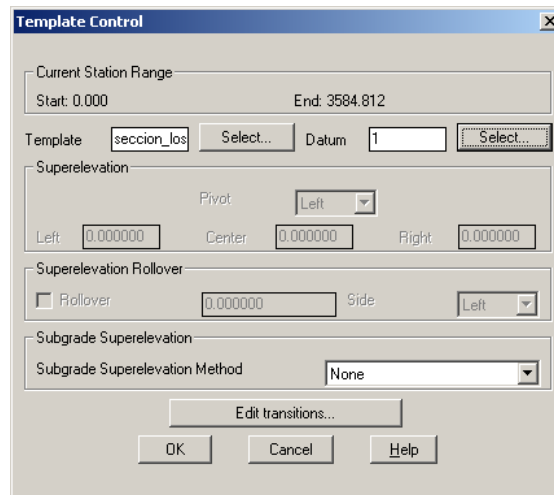
**Figura V.40** Parámetros de control de diseño  
Definición del kilometraje en el que será válida la definición de los parámetros de control de diseño



**Figura V.41 Cuadro "Design Control"**

En el cuadro de la Figura V.41, se pueden encontrar varios botones. Cada uno permite definir distintas condiciones para el diseño. En esta oportunidad, solamente se verán tres "Template Control", "Slopes" y "Ditches", ya que en éstos se debe definir la plantilla que se usará, el talud, y las cunetas respectivamente.

Al seleccionar el botón "Template Control", se despliega el cuadro de diálogo de la Figura V.42



**Figura V.42 Cuadro de diálogo "Template Control"**

En esta oportunidad, solamente deberá ponerse atención a la ventana "Template", en la cual se debe seleccionar la plantilla que se usará. Para elegirla, se debe usar el botón "Select", que permite hacer la selección, entre la lista completa de plantillas disponibles en la librería, como el de la Figura V.38. Si la plantilla elegida, tuviera definida más de una superficie subrasante, se deberá elegir el número de la que se desea usar, en la ventana "Datum". Para este caso particular se ha elegido la plantilla creada con anterioridad y mostrada en la Figura V.36, nombrada como "seccion\_los\_llanitos".

Al seleccionar el botón "Slopes", se despliega el cuadro que se aprecia en la Figura V.43, en el cual se debe ingresar el valor y tipo de talud de corte y relleno que se usará.

The image shows a software dialog box titled "Slope Control". It contains the following elements:

- Current Station Range:** Start: 0.000, End: 3584.812
- Left Side Settings:**
  - Match slopes OFF
  - Design slopes:**
    - Fill type: Simple
    - Typical: 2.50, Maximum: 0.00
    - Cut type: Simple
    - Typical: 0.67, Maximum: 0.00
  - Right-of-ways:**
    - Hold, Offset: 7.500
    - Use Maximum Slope
    - Override Maximum Slope
- Right Side Settings:** (Identical to the Left side)
- Buttons:** OK, Cancel, Help

Figura V.43 Cuadro de diálogo "Slope Control"

*Match slopes OFF:* Si se enciende esta opción, no se calcularán los taludes. Esto se usa, generalmente, en proyectos de túneles o similares.

*Design slopes:* En estas ventanas se debe ingresar el valor del talud de corte y relleno. En el cuadro titulado "Left", se deben ingresar las condiciones para el lado izquierdo del camino, en el de nombre "Right", los del lado derecho.

*Fill type:* En este espacio se debe seleccionar el tipo de talud que se desea usar para el relleno. Existen tres alternativas:

*Simple:* Es el talud común, que como máximo, puede contener terrazas.

*Depth:* Es un talud flexible, que cambia su valor, dependiendo de la altura que alcance. Para usar esta alternativa se debe crear, previamente, una planilla (tipo hoja de cálculo), en la cual se ingresan los valores del talud por altura. Para acceder a esta planilla, se debe usar el comando "Depth Slopes" del menú "Design Control".

*Stepped:* Es un talud escalonado, similar al talud en terrazas. En este caso, la diferencia se debe a que, los bancos están a distintas alturas, con anchos y pendientes distintas cada uno. Para usar esta alternativa se debe crear, previamente, una planilla, en la cual se ingresan los valores para los distintos bancos. Para acceder a esta planilla, se debe usar el comando "Stepped Slopes" del menú "Design Control".

Los valores para el talud de relleno se ingresan en los espacios "Typical" y "Maximum".

*Typical:* Es el valor típico del talud que se usará para el relleno. Si se han impuesto restricciones de espacio en la ventana "Right-of-ways", es posible que

este valor se altere para cumplir con estas condiciones. Pero mientras se pueda, el programa preferirá este valor al ingresado en "Maximum".

*Maximum:* Es el valor máximo, que puede asumir el talud de relleno. El programa podrá usarlo, en caso que existan problemas de espacio para desarrollar el talud, a causa de restricciones impuestas en la ventana "Right-of-ways".

*Cut type:* En este espacio se debe seleccionar el tipo de talud que se desea usar para el corte. Existen cuatro alternativas:

*Simple:* Es el talud común, que como máximo, puede contener terrazas.

*Depth:* Es un talud flexible, que cambia su valor, dependiendo de la profundidad que alcance. Para usar esta alternativa se debe crear, previamente, una planilla, en la cual se ingresan los valores del talud por altura. Para acceder a esta planilla, se debe usar el comando "Depth Slopes" del menú "Design Control".

*Stepped:* Es un talud escalonado, similar al talud en terrazas. En este caso, la diferencia se debe a que, los bancos están a distintas profundidades, con anchos y pendientes distintas cada uno. Para usar esta alternativa se debe crear, previamente, una planilla, en la cual se ingresan los valores para los distintos bancos. Para acceder a esta planilla, se debe usar el comando "Stepped Slopes" del menú "Design Control".

*Surface:* Es un talud flexible, que cambia su valor, dependiendo de la superficie que atraviesa. Para poder usar esta alternativa deberá hacerse, previamente, el modelo de terreno de todas las superficies, que

influyen en el corte. Además, también deberá estar creada la planilla, en la cual se deberán haber ingresado los valores del talud por superficie. Para acceder a esta planilla, se debe usar el comando "Surface Slopes" del menú "Design Control".

Los valores para el talud de corte se ingresan en los espacios " Typical " y " Maximum":

*Typical:* Es el valor típico del talud que se usará para el corte. Si se han impuesto restricciones de espacio en la ventana " Right-of-ways", es posible que este valor se altere para cumplir con estas condiciones. Pero mientras se pueda, el programa preferirá este valor al ingresado en "Maximum".

*Maximum:* Es el valor máximo, que puede asumir el talud de corte. El programa podrá usarlo, en caso que existan problemas de espacio para desarrollar el talud, a causa de restricciones impuestas en la ventana " Right-of--ways".

*Right-of-ways:* En esta ventana se define si se restringirá el ancho del camino a una distancia transversal determinada. Esto se hace, por ejemplo, para marcar la línea de expropiación del camino. Debajo del cuadro titulado "Left", se define las condiciones para el lado izquierdo del camino y en el de nombre "Right", para el lado derecho.

*Hold:* Si se enciende esta opción, el talud del camino usará el valor ingresado en "Typical", mientras exista el espacio suficiente para hacerlo, cumpliendo con la restricción, ingresada en " Offset". Si no puede cumplir con esta restricción usando el valor de "Typical", se acomodará entre ese y el valor de "Maximum", de tal forma de cumplir con las condiciones impuestas. Si aún así, no alcanzara a desarrollar ni siquiera el talud con el valor máximo en el espacio destinado, avisa que se ha cometido errores en el diseño. Si se apaga esta opción, el

programa siempre usará el valor ingresado en "Typical". Sin importar, que no cumpla con las condiciones de espacio. Además, no avisa que se han cometido errores en el diseño.

*Offset:* En este espacio se ingresa la distancia transversal, a la cual se restringe el diseño del Camino.

*Left y Right Bench:* En estas ventanas se define, si los taludes tendrán terrazas. En el cuadro titulado "Left Bench", se establecen las condiciones para el lado izquierdo del camino y en el de nombre "Right Bench", las del lado derecho.

*Type:* En este espacio se debe seleccionar cuando se hará taludes con terrazas.

Existen cuatro alternativas:

*None:* Si se selecciona esta opción, no se harán terrazas.

*Cut:* Si se selecciona esta opción, solamente se hará terrazas cuando haya corte.

*Fill:* Si se selecciona esta opción, solamente se hará terrazas cuando haya relleno.

*Cut&Fill:* Si se selecciona esta opción, se harán terrazas en corte y relleno.

*Height:* En este espacio se debe ingresar a cada cuánta altura se hará una terraza.

*Width:* En este espacio se debe ingresar el ancho que tendrá la terraza.

*Grade:* En este espacio se debe ingresar la pendiente que tendrá el banco de la terraza.

#### 5.4.4. Dibujo de los perfiles transversales

Para dibujar los perfiles transversales de terreno se realizarán dos pasos:

- Definición de parámetros para el dibujo de perfiles transversales.
- Dibujo de los perfiles.

##### a) Definición de parámetros para el dibujo de perfiles transversales:

El comando "Settings" en el menú "Section Plot", se utiliza para definir los parámetros de dibujo.

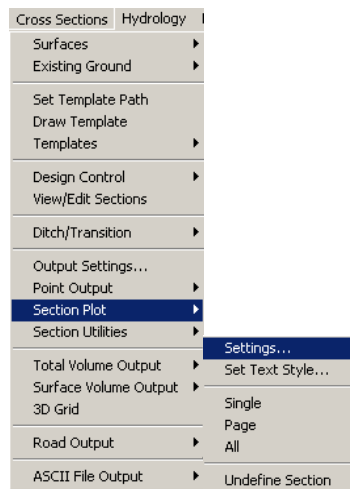
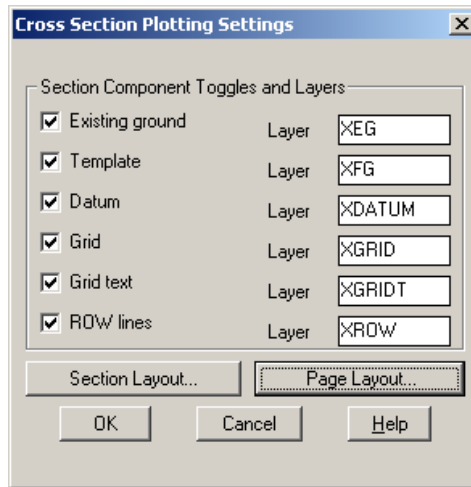


Figura V.44 Acceso al comando settings... del menú Section Plot

Al seleccionar esta instrucción se despliega el cuadro de diálogo que se muestra en la Figura V.45:





**Figura V.45 Acceso al comando settings... del menú Section Plot**

Existing ground: Se refiere a la línea de tierra.

Datum: Se refiere a la línea de referencia.

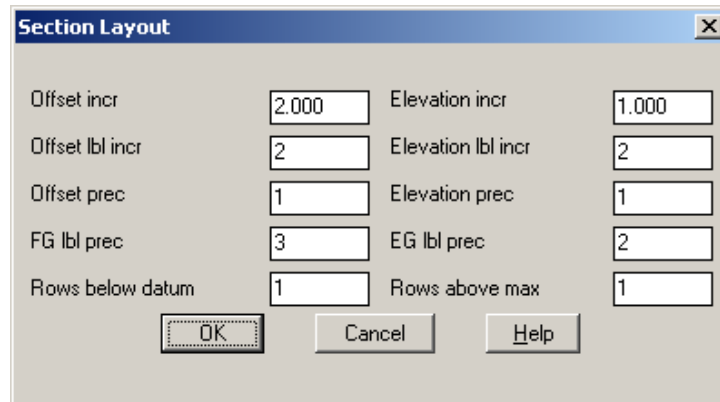
Grid: Se refiere a la grilla.

Grid text: Se refiere al texto de la grilla.

Solamente aquellas opciones que estén encendidas se dibujarán en el perfil transversal. Se guardarán en los layers que estén ingresados en los cuadros "Layer".

Además, en este cuadro existen dos botones (Section Layout y Page Layout) que permiten definir parámetros para el dibujo del perfil transversal y para organizar la hoja; los cuadros de diálogo correspondientes a cada uno de los botones se pueden apreciar en las Figura V.46 y Figura V.47 respectivamente.

*Section Layout:* Permite definir parámetros para el dibujo del perfil transversal. Al seleccionar este botón se despliega el siguiente cuadro de diálogo.



**Figura V.46 Cuadro de diálogo correspondiente al botón “Section Layout...”**

*Offset incr:* Es la equidistancia horizontal de la grilla.

*Elevation incr:* Es la equidistancia vertical de la grilla.

*Offset lbl incr:* Indica cada cuántas líneas verticales de la grilla serán etiquetadas. En este caso, en que se ingresó "2", línea por medio será etiquetada.

*Elevation lbl incr:* Indica cada cuántas líneas horizontales de la grilla serán etiquetadas.

*Offset prec:* Es el número de decimales que se usará para las distancias horizontales en el perfil.

*Elevation prec:* Es el número de decimales que se usará para las cotas en el perfil.

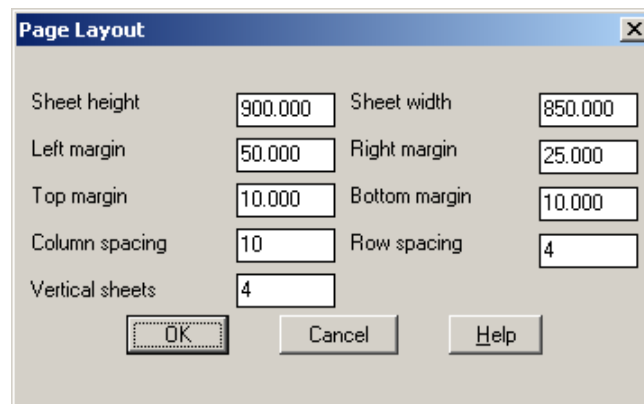
*Rows below datum:* Se ingresa el número de filas libres que estarán debajo del punto más bajo de la línea de tierra.

*Rows above max:* Se ingresa el número de filas libres que estarán encima del punto más alto de la línea de tierra.

*EG lbl prec:* Es el número de decimales que tendrá la cota de terreno en el eje.

Esta es la única cota que muestra el perfil transversal.

*Page Layout:* Permite definir parámetros para la hoja en la cual se dibujarán los perfiles transversales en forma automática, si se utiliza el comando "Page". Este comando se explica en el literal b de esta sección. Al seleccionar este botón, se despliega el siguiente cuadro de diálogo.



**Figura V.47** Cuadro de diálogo correspondiente al botón "Page Layout..."

*Sheet height:* Es la altura de la hoja que se va a utilizar.

*Sheet width:* Es el ancho de la hoja que se va a utilizar.

*Left margin:* Es el margen izquierdo para el borde, que se dibujará en la hoja de salida.

*Right margin:* Es el margen derecho para el borde, que se dibujará en la hoja de salida.

*Top margin:* Es el margen superior para el borde, que se dibujará en la hoja de salida.

*Bottom margin:* Es el margen inferior para el borde, que se dibujará en la hoja de salida.

*Column spacing:* Es la equidistancia horizontal entre perfiles transversales.

*Row spacing:* Es la equidistancia vertical entre perfiles transversales.

*Vertical sheets:* Si el número de perfiles transversales necesitará de muchas hojas, estas se dibujarán una encima de la otra, hasta cumplir el número que esté indicado en este cuadro. Para este ejemplo, en el cual se ingresó 4, las primeras cuatro hojas se dibujarán en forma vertical, una encima de la otra. Si fuera necesario usar una quinta, ésta se dibujará al lado de la primera.

#### **b) Dibujo de los perfiles:**

Como puede verse en la Figura V.44 existen tres alternativas para dibujar perfiles transversales:

*Single:* Permite dibujar un único perfil transversal a la vez. (ver Figura V.48)

*Page:* Permite dibujar una o varias páginas de perfiles transversales. El programa organiza automáticamente el orden de los perfiles en la página, según los parámetros definidos en "Page Layout". (ver Figura V.49)

*All:* Permite dibujar todos los perfiles transversales. El programa los dibuja uno tras otro en sentido horizontal.

A continuación se muestran ejemplos de perfiles transversales tal como los dibuja el programa con cada uno de los comandos

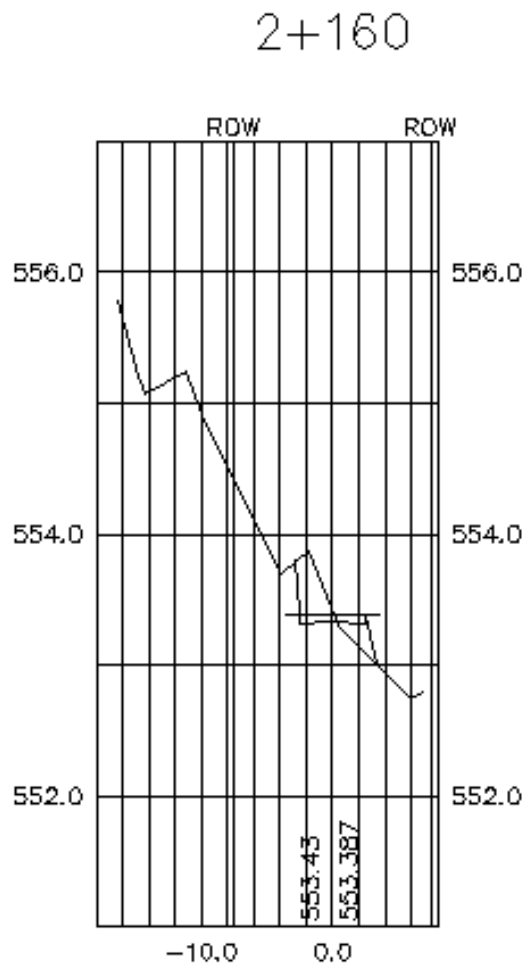


Figura V.48 Perfil transversal dibujado por el programa a través del comando "Single" del menú "Section Plot"

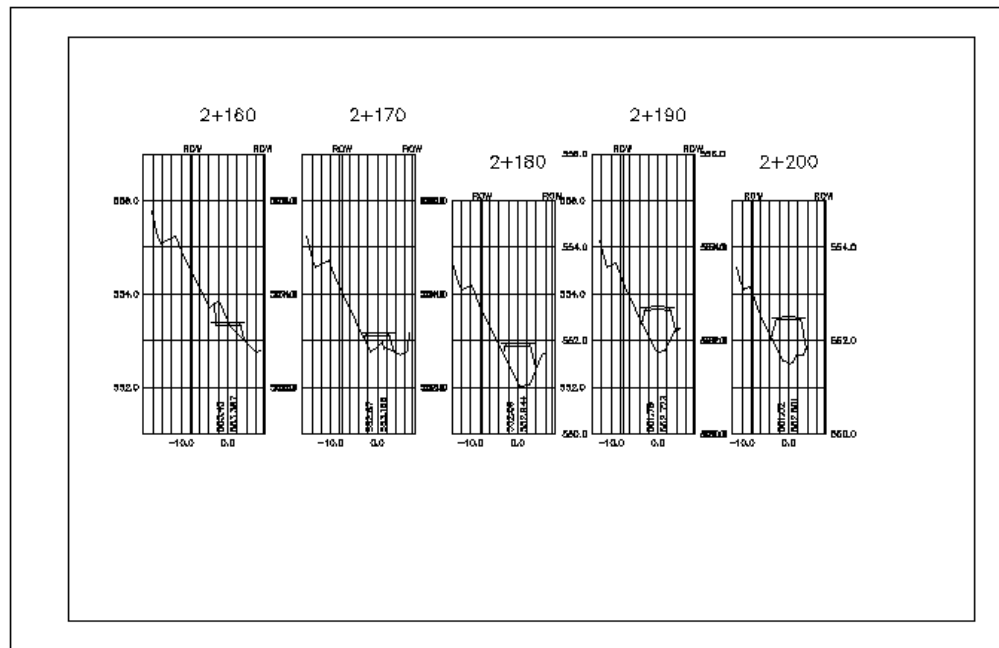


Figura V.49 Perfil transversal dibujado por el programa, a través del comando “Page” del menú “Section Plot”

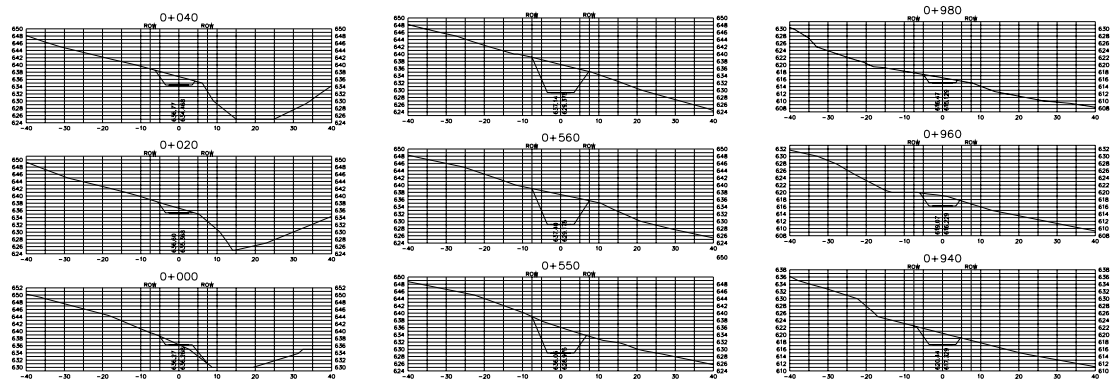
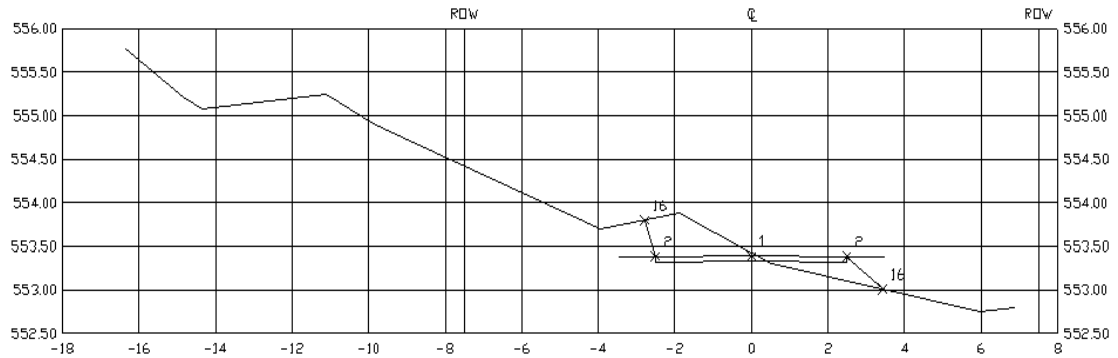


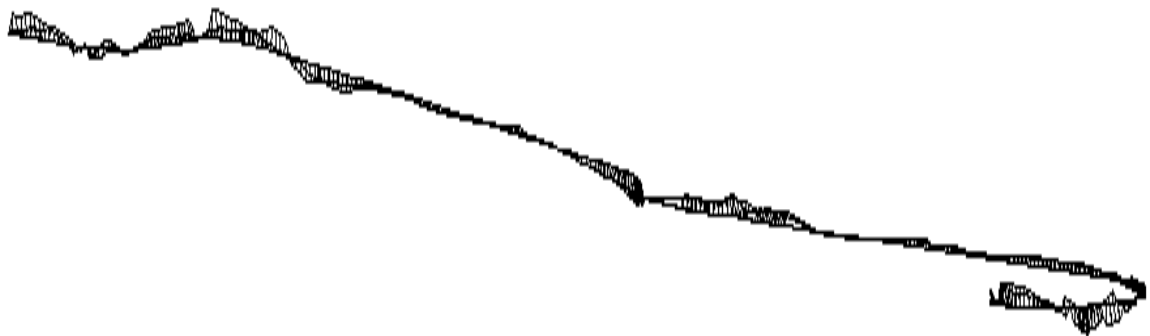
Figura V.50 Perfiles transversales dibujados por el programa, a través del comando “All” del menú “Section Plot”

Para visualizar las secciones de forma rápida puede hacerse por medio del comando “View/Edit Sections”, ver Figura V.44, los resultados pueden apreciarse en la Figura V.51



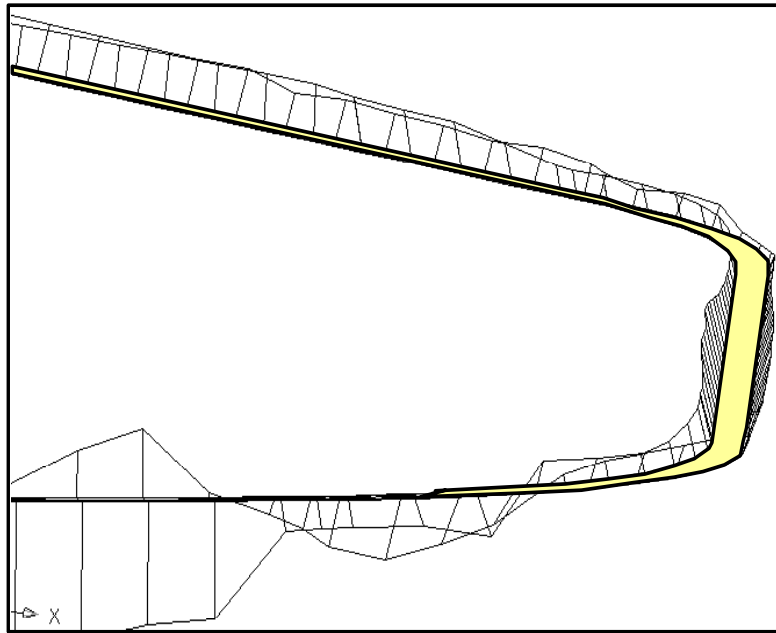
**Figura V.51 Perfil transversal dibujado por el programa, a través del comando “View/Edit Sections” del menú “Cross Section”**

Una vez se está de acuerdo con las secciones corridas a través del alineamiento del camino se pueden obtener visualizaciones más avanzadas del mismo, por medio de la generación de la grilla tridimensional, con la simple ejecución del comando “3D Grid” del menú “Cross Section” cuya ubicación puede verse en la Figura V.44, puede dibujarse la grilla completa del alineamiento o únicamente del tramo que se desee, para este caso se presenta en la Figura V.52 la grilla completa del camino, en una vista lateral, en la que claramente se puede apreciar que el camino desciende de izquierda a derecha, es decir, desde el sur hacia el norte si se habla de su orientación real.



**Figura V.52 Vista lateral del camino por medio del comando “3D grid” del menú “Cross Section”**

Para apreciar en mejor detalle las virtudes del 3D Grid se presenta en la Figura V.53 un acercamiento en el que es posible ver claramente las áreas de corte y relleno.



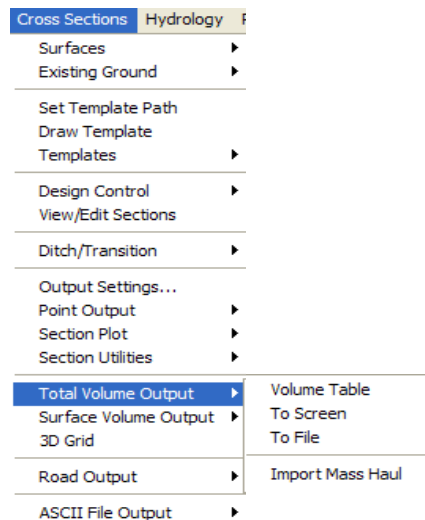
**Figura V.53 Acercamiento a un área de la grilla tridimensional generada por el programa a través del comando "3D Grid"**

Pero las opciones de visualización a pesar de ser herramientas poderosas, no pasan de ser auxiliares, si no fuese posible actualizar la topografía del terreno que ya se tiene con las características nuevas impuestas por el diseño del camino, por lo que a este respecto se tratará en la Sección 5.7 de este trabajo.

## **5.5. CALCULO DE MOVIMIENTOS DE TIERRA**

Una de las herramientas prácticas y útiles en proyectos de carreteras y caminos es el cálculo de volúmenes de terracería, el Autodesk Land Desktop 2004 permite obtener informes de cubicación de tres formas diferentes, como se puede apreciar en la Figura V.54





**Figura V.54 Informes de cubicación del programa**  
**En la figura pueden apreciarse las tres formas de presentar informes de cubicación del Autodesk Land Desktop 2004**

*Volume Table:* Si se elige esta opción, el programa creará una tabla de cubicación, que se debe insertar al dibujo, esta puede ser apreciada en mejor detalle en la Figura V.55, la tabla presenta siete columnas, que de izquierda a derecha contienen, el estacionamiento correspondiente a los cálculos, el área de corte o relleno en el perfil transversal correspondiente, el volumen de corte o relleno correspondiente entre las estaciones que se localiza el dato en la tabla, el volumen de corte acumulado y finalmente el volumen de relleno acumulado. De esta forma se presenta una tabla general de volúmenes de corte y relleno que es de gran utilidad y que ayuda a agilizar el dibujo, por la facilidad de insertarlo en el mismo, lo que evita el tedioso procedimiento de digitar una cantidad significativa de datos si se considera que son siete columnas por llenar en una longitud de camino de kilómetros con datos a cada 10 metros.

STATION	CUT AREA (m2)	FILL AREA (m2)	CUT VOLUME (M3)	FILL VOLUME (M3)	CUT CUMULATIVE VOLUME (M3)	FILL CUMULATIVE VOLUME (M3)
0+000	0.575	0.000	88.157	0.000	88.157	0.000
0+010	17.057	0.000	182.878	0.000	271.036	0.000
0+020	19.519	0.000	248.727	0.000	519.763	0.000
0+030	30.227	0.000	341.548	0.000	861.311	0.000
0+040	38.083	0.000	381.525	0.000	1242.836	0.000
0+050	38.222	0.000	445.086	0.000	1687.922	0.000
0+060	50.795	0.000	534.577	0.000	2222.499	0.000
0+070	56.120	0.000	598.204	0.000	2820.703	0.000
0+080	63.521	0.000	610.434	0.000	3431.136	0.000
0+090	58.566	0.000	518.591	0.000	3949.728	0.000
0+100	45.152	0.000	392.197	0.000	4341.924	0.000
0+110	33.287	0.000	273.532	0.000	4615.456	0.000
0+120	21.419	0.000				

**Figura V.55 Informe de cubicación**

Se muestra una parte de la tabla de cubicación que el programa brinda como informe inserto en el dibujo por medio del comando "Volume Table", lo que facilita la presentación de datos en planos.

*To Screen:* Si se elige esta opción, el programa desplegará el informe de cubicación en la pantalla de texto de AutoCAD, como se muestra en la Figura V.56, de la misma forma que en la opción "Volume Table" brinda la información antes detallada, pero en un orden un tanto diferente.

Station	Area (m2)	Volume (m3)	Cut	Fill	Cumulative Volume (m3)
0+000	0.575	0.000	88.157	0.000	88.157
0+010	17.057	0.000	182.878	0.000	271.036
0+020	19.519	0.000	248.727	0.000	519.763
0+030	30.227	0.000	341.548	0.000	861.311
0+040	38.083	0.000	381.525	0.000	1242.836
0+050	38.222	0.000	445.086	0.000	1687.922
0+060	50.795	0.000	534.577	0.000	2222.499
0+070	56.120	0.000	598.204	0.000	2820.703
0+080	63.521	0.000			

**Figura V.56 Tabla de cubicación**

Se muestra una parte de la tabla de cubicación que el programa brinda como informe en la pantalla de texto del programa.

*To File:* Si se elige esta opción, el programa creará un archivo ASCII externo, el cuál tendrá como contenido el informe de cubicación. Este archivo es guardado por omisión en la carpeta del proyecto, por lo que para este caso en particular el archivo se alojó en la carpeta Land Projects 2004 con el nombre general “output.prn”, los resultados de la ejecución de este comando pueden verse en la Figura V.57

output.prn - Notepad

File Edit Format View Help

page 1

Diseño Geométrico y de Drenaje Superficial del camino Vecinal que conduce de la Comunidad El Rosat a Cantón Los Llanitos, Jur  
 Project: Ayutuxtepeque Dom Noviembre 28 20:47:52 2004

page 1

Diseño Geométrico y de Drenaje Superficial del camino Vecinal que conduce de la Comunidad El Rosat a Cantón Los Llanitos, Jur  
 Project: Ayutuxtepeque Sat December 04 17:32:02 2004  
 Alignment: Alineamiento 03

END AREA VOLUME LISTING WITH CURVE CORRECTION

Station	Cut Area (m2)	Fill Area (m2)	Cut 1.0000 Volume (m3)	Fill 1.0000 Volume (m3)	Tot Vol (m3)	Mass	Ordinate	
0+000	0.575	0.000		88.157	0.000	88.157	0.000	88.157
0+010	17.057	0.000		182.878	0.000	271.036	0.000	271.036
0+020	19.519	0.000		248.727	0.000	519.763	0.000	519.763
0+030	30.227	0.000		341.548	0.000	861.311	0.000	861.311
0+040	38.083	0.000		381.525	0.000	1242.836	0.000	1242.836
0+050	38.222	0.000		445.086	0.000	1687.922	0.000	1687.922
0+060	50.795	0.000		534.577	0.000	2222.499	0.000	2222.499
0+070	56.120	0.000		598.204	0.000	2820.703	0.000	2820.703
0+080	63.521	0.000		610.434	0.000	3431.136	0.000	3431.136
0+090	58.566	0.000		518.591	0.000	3949.728	0.000	3949.728
0+100	45.152	0.000		392.197	0.000	4341.924	0.000	4341.924
0+110	33.287	0.000		273.532	0.000	4615.456	0.000	4615.456
0+120	21.419	0.000		154.836	0.000	4770.292	0.000	4770.292
0+130	9.548	0.000		53.766	23.103	4824.058	23.103	4800.954
0+140	1.205	4.621	2.391	20.854	4826.449	43.958	4782.492	
0+143.534	0.148	7.180	0.486	71.935	4826.936	115.893	4711.043	
0+150	0.000	15.840	0.000	138.215	4826.936	254.108	4572.828	
0+160	0.000	11.913	79.196	60.254	4906.131	314.361	4591.770	

**Figura V.57** Tabla para presentación de resultados como informe  
 Se muestra una parte de la tabla de cubicación que el programa brinda como informe a través de la opción “To File”

## 5.6. ACTUALIZACION DE LA TOPOGRAFIA ORIGINAL

Si se desea conocer cómo será el terreno una vez realizado el movimiento de tierra, se puede utilizar la herramienta "Paste", que permite pegar superficies. Al utilizar este comando, el programa calcula una nueva malla que incluye ambos modelos de terreno: topografía y proyecto. Para cumplir con los objetivos antes mencionados se debe seguir el siguiente procedimiento:

### 5.6.1. Crear la "Surface" del camino:

La representación tridimensional que se puede ver en la Figura V.53, es una grilla que no posee información en la base de datos de proyecto, por lo que si se desea contar con este valioso recurso se deberá crear la superficie por medio del comando "Create Road Surface" que se puede encontrar de la forma: Cross Section→Road Output→Create Road Surface, que se muestra en la Figura V.58

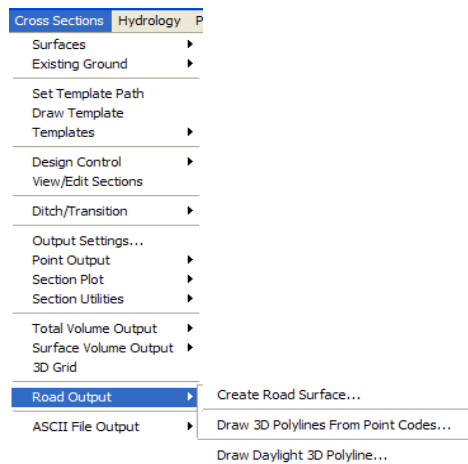
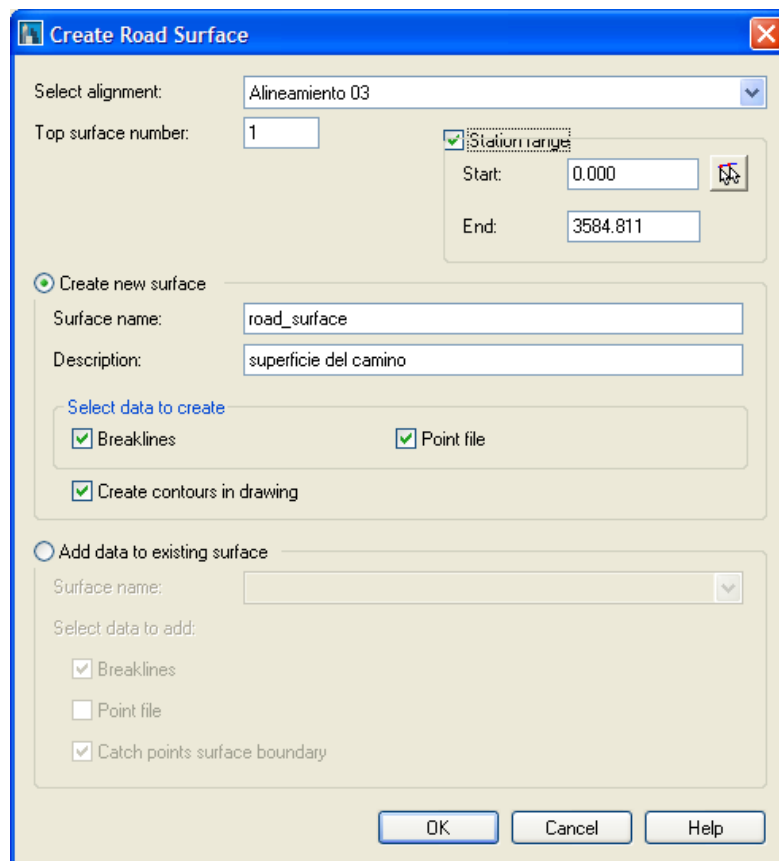


Figura V.58 Ubicación del comando "Create Road Surface"

Una vez ejecutado el comando se accesa al cuadro de diálogo que se muestra en la Figura V.59, en el que será necesario configurar los elementos que a continuación se detallan:



**Figura V.59 Cuadro de diálogo "Create Road Surface"**

*Select Alignment:* En esta casilla se escogerá de la lista desplegada cual es el alineamiento que se tomará como base para la creación de la superficie.

*Top Surface Number:* es el número de uno de los puntos de referencia con que fue creada la sección transversal, para el caso de la sección típica del proyecto, solamente se tiene un punto de referencia, el número 1, por lo que es el único que aparece en la casilla correspondiente.

*Station Range:* permite introducir el rango de kilometraje del camino de cual se desea obtener la superficie, el programa por omisión presenta los datos correspondientes al inicio y al final del alineamiento completo, de no requerirse todo deberá especificarse cual es el rango que realmente será calculado.

Posteriormente se presentan dos recuadros en los que es posible ya sea Crear una Superficie Nueva (“Create New Surface”) o bien agregar la superficie generada a una de las ya existentes. En esta ocasión se generará una superficie nueva, para la cual se especificará la siguiente información:

*Surface Name:* Se especificará en esta casilla el nombre que se desea asignar a la nueva superficie, este deberá ser diferente al de las superficies ya existentes, y de preferencia deberá asignar un nombre relacionado con el camino.

*Description:* Se detallará una descripción personalizada, que resuma las características de la superficie o bien que la identifique y distinga de las ya existentes.

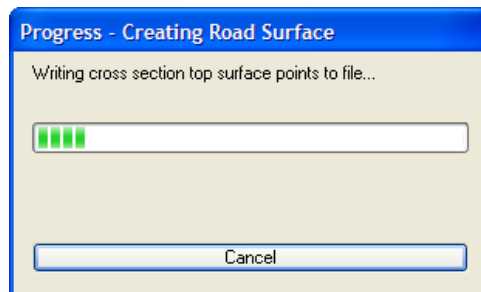
*Select Data to Create:* Permite confirmar por medio de check boxes, que parámetros se desea sean creados para la superficie nueva.

*Breaklines:* Permite generar la información de la superficie como breaklines, de ser así, el programa genera un breakline para cada uno de los estacionamientos a lo largo del mismo, conectando los puntos del “top surface” asignados a la sección típica. Para este caso no es factible generar la superficie de esta forma, ya que solamente se tiene un punto de control de este tipo.

*Point File:* Permite generar la información de la superficie como un archivo de puntos en formato ASCII, este archivo de puntos es agregado al folder "Point Files" de la nueva superficie en el Terrain Model Explorer y es creado con un nombre que presenta el siguiente patrón: <nombre del alineamiento> - Top Surface <numero del top surface> Point File.txt

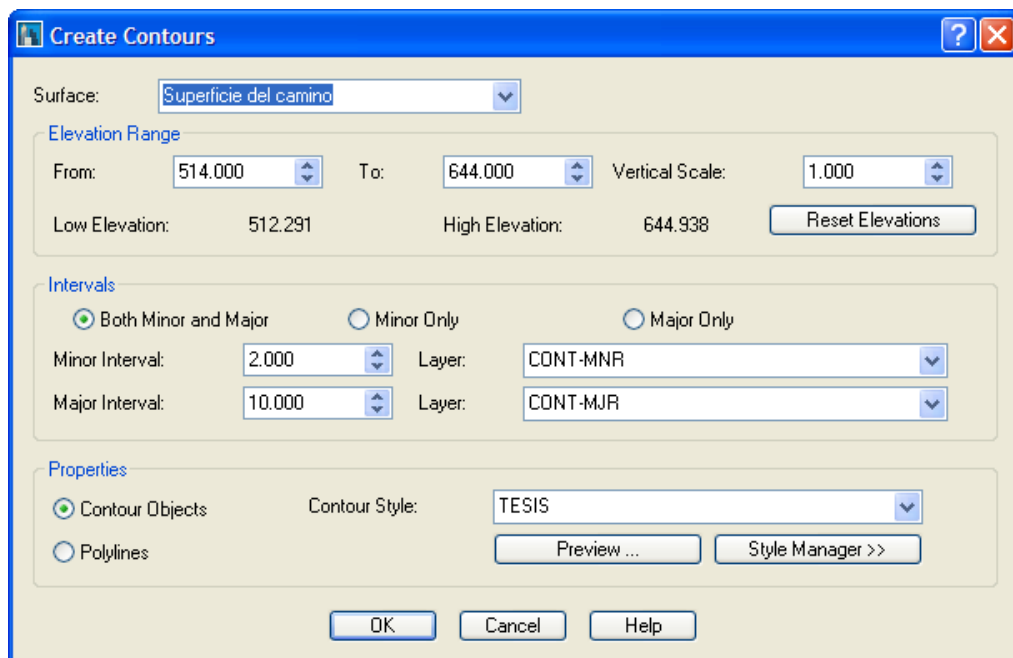
*Create Contours in Drawing:* crea las curvas de nivel representativas de la superficie que se generará y las incluye en los layer que le sean indicados.

Una vez se han configurado los parámetros antes mencionados, el programa comienza la creación de los parámetros necesarios para la conformación y representación gráfica de la superficie, mientras esto se ejecuta, el programa brinda información acerca de las tareas que en el momento se están ejecutando a través de un cuadro como el que se muestra en la Figura V.60, que fue capturado en el momento en que se estaba escribiendo a la base de datos el archivo correspondiente a los puntos del "top surface".



**Figura V.60 Cuadro de Progreso del "Create Road Surface"**

Terminado este proceso aparece en pantalla el cuadro de diálogo correspondiente al “Create Contours”, que ya fue explicado en detalle en “b. Generación de Curvas de Nivel” de la sección 4.6.4 Curvas de Nivel, por lo que en esta ocasión solamente será mostrado el cuadro de diálogo con la configuración correspondiente a las curvas de nivel que se generarán para representar la superficie del camino, esto puede verse en la Figura V.61.



**Figura V.61 Cuadro de diálogo “Create Contours” de la superficie del camino**

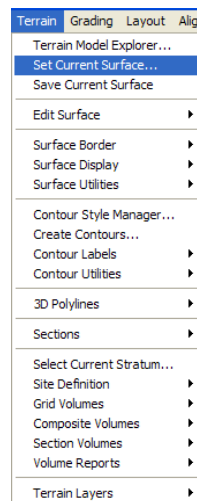
Con esto queda creada la superficie del camino y representada por las curvas de nivel que a su vez se generaron, por lo que el siguiente paso es unir la topografía original del terreno (surface “Rosat-Llanitos) con la topografía del camino (surface “road\_surface”), siendo esto lo que se expondrá en el siguiente punto.



### 5.6.2. Unión de dos superficies

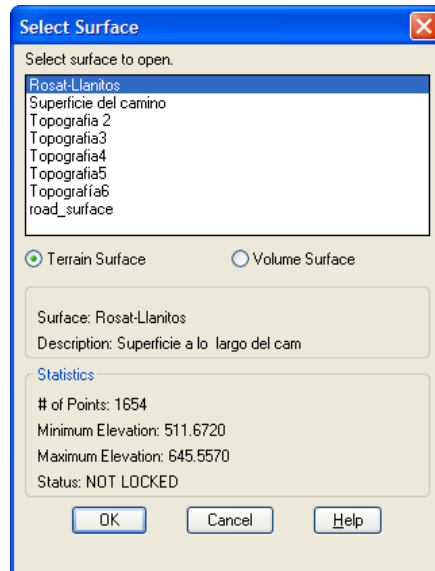
Terrain→Edit Surface→Paste Surface

Una vez que ya se ha creado la superficie del camino hay que unirla con la superficie que representa la topografía original del terreno, esto es un procedimiento sencillo que se ejecuta por medio del comando “Paste Surface”, previo a esto debe asegurarse que la superficie actual en el programa sea a la que se desea pegar la información de la superficie del camino, esto puede hacerse por medio del comando “Set Current Surface” del menú “Terrain”, como se ilustra en la Figura V.62



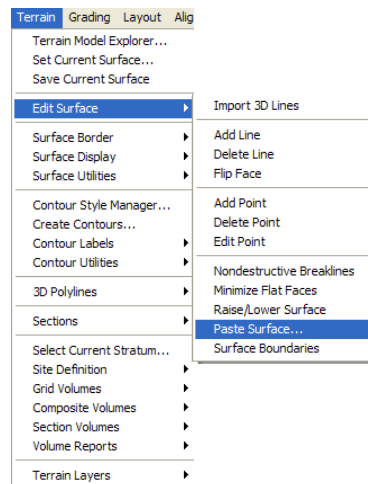
**Figura V.62 Ubicación del comando “Set Current Surface”**

En el cuadro de diálogo que se despliega al ejecutar este comando se escoge la superficie que se necesita sea la actual, para este caso será la superficie nombrada “Rosat-Llanitos” como puede verse en la Figura V.62a

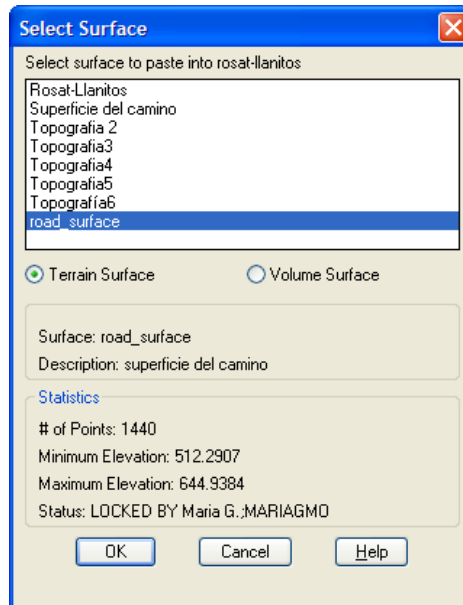


**Figura V.62a Ubicación del comando “Set Current Surface”**

Hecho esto podemos pegar la superficie del camino a la superficie del terreno natural. Se accede al comando de la forma en que se muestra en la Figura V.63, con lo que se accede al cuadro de diálogo de la Figura V.64 y del que se darán más detalles a continuación de la misma.



**Figura V.63 Ubicación del comando “Paste Surface”**



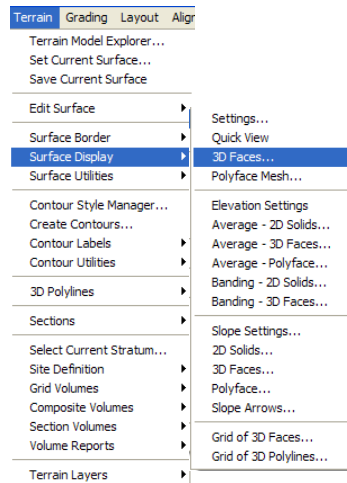
**Figura V.64 Selección d la superficie a pegar en la topografía actual**

Al ejecutar el comando se confirma la unión de las superficies en la línea de comando del programa. El resultado de esto es la unión de las superficies y su comportamiento como una sola entidad, claro está que hasta este punto no se puede visualizar, para lo que deberá generarse nuevamente la creación de los 3D Faces de la nueva superficie, que es lo que se detalla en el siguiente punto.

### **5.6.3. Crear una nueva representación 3D de la superficie**

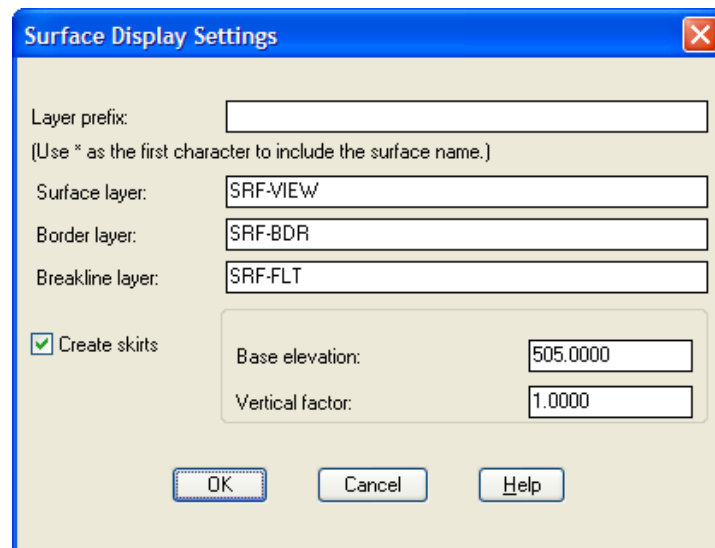
Terrain→Surface Display→3D Faces...

La representación de la superficie tridimensional del la nueva superficie puede hacerse de varias formas, pero para este caso, se abordará solamente una el 3D Faces..., al que se puede acceder de la forma en que aprecia en la Figura V.65



**Figura V.65 Ubicación del comando 3D Faces...**

Al ejecutar el comando se aprecia el cuadro de diálogo que se muestra en la Figura V.66, en el se configuran los parámetros que de detallarán a continuación de la figura



**Figura V.66 Cuadro de diálogo del comando 3D Faces...**

*Layer Prefix:* permite adjudicar un prefijo a los layer que se crearán a partir de la ejecución de este comando.

*Surface Layer:* Por medio de esta casilla se puede asignar un nombre al layer en el que se almacenará la información gráfica de la superficie creada.

*Border Layer:* Por medio de esta casilla se puede asignar un nombre al layer en el que se almacenará la información gráfica correspondiente al borde de la superficie creada.

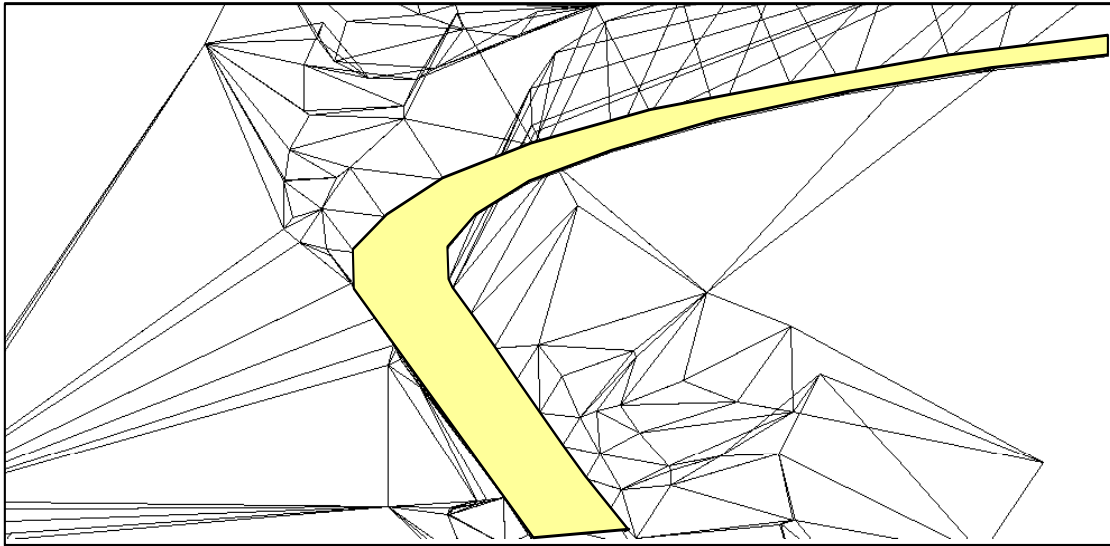
*Breakline layer:* Por medio de esta casilla se puede asignar un nombre al layer en el que se almacenará la información gráfica correspondiente a los breaklines de la superficie creada.

*Create Skirts:* si esta casilla de verificación es activada el programa creará 3D Faces que unan la base de la superficie con la línea de borde.

*Base Elevation:* permite estipular cual es la cota base de la superficie a crear, tiene íntima relación con “Border” y “Create Skirts”.

*Vertical Factor:* corresponde al factor de escala vertical, con el que se exagerará la superficie para cuestiones de visualización.

En la Figura V.67 puede verse como la superficie del camino ha sido unida a la superficie de la topografía del terreno natural la cual ha sido resaltada con un programa de edición de imagen, mostrando claramente las secciones de corte para el caso de la figura y además de relleno.



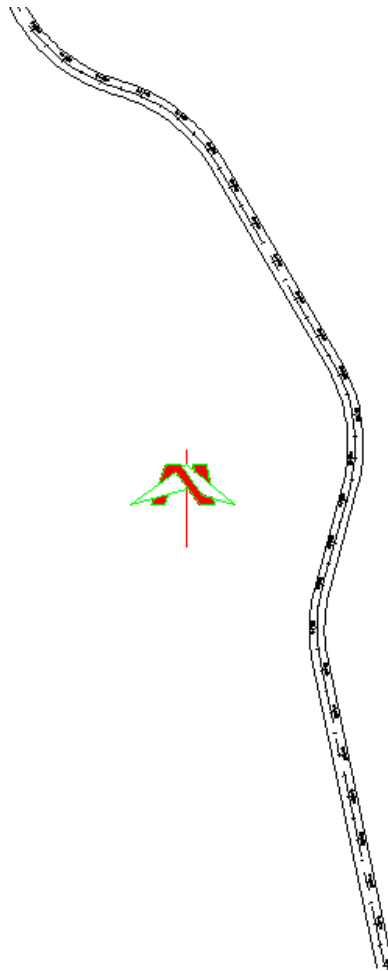
**Figura V.67 Resultado de la union de la superficie del terreno y del camino.**

## **5.7. DRENAJE SUPERFICIAL**

Para el caso del drenaje superficial se analizará a manera de ejemplo una de las sub-cuencas, que se generan en el camino, para ejemplificar el cálculo del tiempo de concentración y determinar el flujo al que serán sometidas las cunetas. El Autodesk Land Desktop 2004 permite hacer cálculos de secciones de canal, determinar el tiempo de concentración, tomando en cuenta los tipos de flujo que pudiesen producirlo, las pendientes de los terrenos y otros factores que a su tiempo de describirán, cabe aclarar que este apartado no pretende hacer análisis exhaustivos de tipo hidrológico, sino más bien dar una pequeña muestra de las capacidades de análisis del programa y a la vez despertar el interés en los lectores a profundizar más en el tema, para poder utilizar este programa como herramienta de análisis hidrológico.

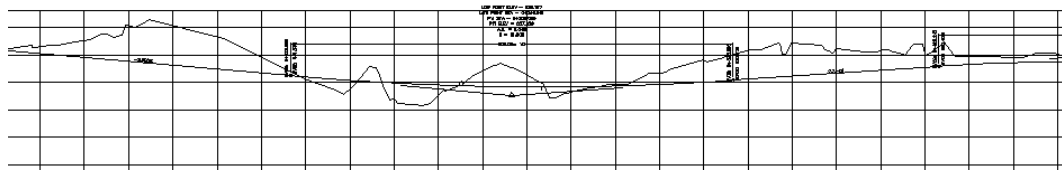
Se determinará en primera instancia el sector ó sub-cuenca a analizar, este se puede ubicar desde el estacionamiento 0+0.00 hasta el 0+500.00 que comprende en el

alineamiento vertical a la primera curva vertical del camino en el sentido Ayutuxtepeque-Llanitos, en la Figura V.68 se puede apreciar en planta el tramo en cuestión.



**Figura V.68** Tramo de la carretera que se presenta en la sub-cuenca de análisis.

En la Figura V.69 se puede apreciar el mismo tramo de la Figura V.68, pero esta vez en el alineamiento vertical.



**Figura V.69** Tramo de la carretera que se presenta en la sub-cuenca de análisis.

### **5.7.1. Modificación de las configuraciones del menu hydrology**

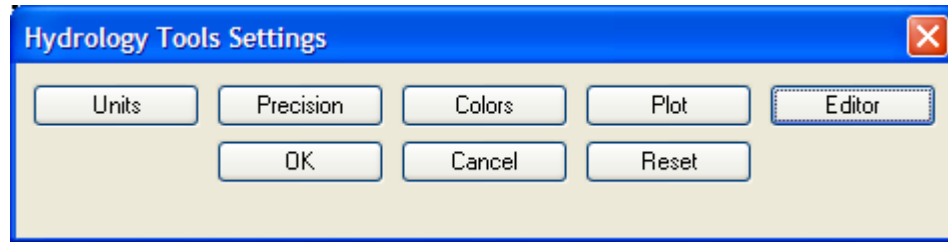
Muchos cuadros de diálogo controlan los valores y configuraciones asociadas con los análisis hidrológicos. Es posible acceder a estos cuadros de diálogo usando el comando “Drawing Settings” de el menu “Projects”, desde el comando “Settings” en el menu “Hydrology” o bien por medio de la selección de ciertos botones en los cuadros de diálogo del menú “Hydrology”.

Además de los cambios de las unidades de hidrología, precisión y configuraciones de ploteo, es posible especificar cual editor de archivos ASCII se utilizará para visualizar y editar los archivos de entrada o salida de los procesos y análisis hidrológicos. Es posible además retornar a las configuraciones por omisión del programa, con la simple ejecución de un comando.

Cuando se definen estas configuraciones antes de que se comience con los trabajos de análisis, los cambios efectuados a las configuraciones, se aplicarán a todas las subsecuentes tareas. Es posible además guardar estas configuraciones a un prototipo de proyecto para poder ser usadas en un futuro.

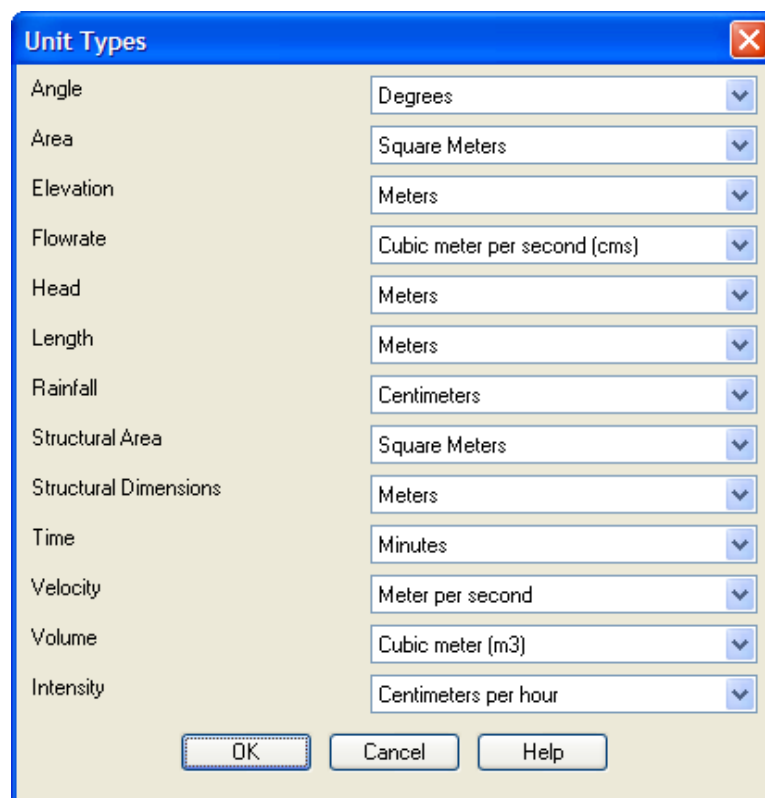
En la Figura V.70 podemos cuales son los campos en los cuales es posible manipular la configuración del programa.





**Figura V.70 Cuadro de diálogo “Hydrology Tools Settings”..**

A continuación se presentarán cada uno de los cuadros de diálogo, correspondientes a cada uno de los botones que se aprecian en la Figura V.70

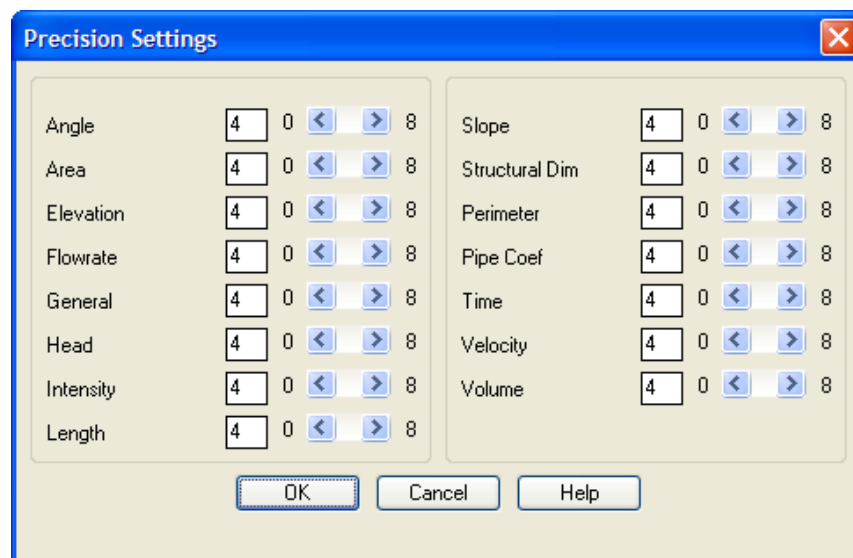


**Figura V.71 Cuadro de diálogo Unit Types**

En la Figura V.71 se muestra el cuadro de diálogo correspondiente al “Unit Types” en el cual, como puede verse en la figura brinda la oportunidad de cambiar las

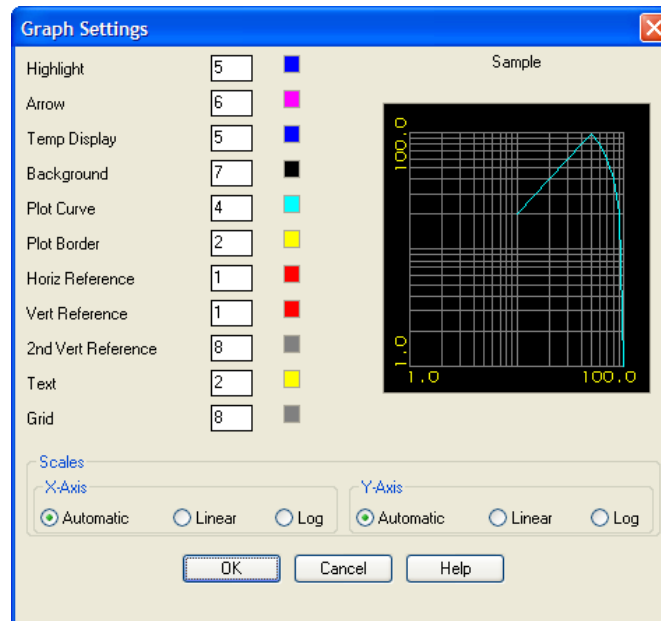
unidades para cada uno de los campos mostrados, según la conveniencia o necesidad del usuario.

Para las configuraciones de precisión de los campos que se muestran en la Figura V.72, pueden manejarse precisiones desde 0 hasta 8 dígitos, adaptando cada uno según se necesite, se pueden lograr resultados coherentes con las demandas del usuario.



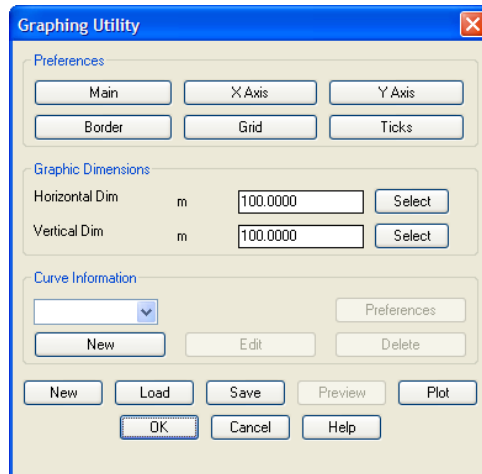
**Figura V.72 Cuadro de diálogo “Precision Settings”**

Las configuraciones de despliegue de información gráfica pueden ser manipuladas con el cuadro de diálogo “Graph Settings”, correspondientes al botón “Colors” que puede apreciarse en la Figura V.70. Las opciones del cuadro de diálogo “Graph Settings” pueden verse en la Figura V.73, en el que además pueden configurarse las escalas tanto horizontal como vertical, escogiendo entre escalas automáticas, lineales o logarítmicas.



**Figura V.73 Cuadro de diálogo “Graph Settings” correspondientes al botón “Colors”**

En el cuadro de diálogo de la Figura V.74, puede configurarse aquellas opciones de graficación correspondientes a los diversos tipos de gráficos que es posible representar por medio del programa. Cada uno de los botones del recuadro “Preferences” conlleva a otro cuadro de diálogo, los cuales serán descritos en forma general a continuación:



**Figura V.74 Cuadro de diálogo “Graphing Utility” correspondientes al botón “Plot”**

*Main:* permite configurar etiquetas de ejes principales de las gráficas, color y layer en el que se ubicarán.

*X Axis:* configura la precisión con que se desplegarán los datos en el eje de las abscisas, los títulos que presentará el eje como principal y secundarios, así como el layer al que se le adjuntará esta información, el color de los textos a este respecto y los límites de graficación

*Y Axis:* configura la precisión con que se desplegarán los datos en el eje de las ordenadas, los títulos que presentará el eje como principal y secundarios, así como el layer al que se le adjuntará esta información, el color de los textos a este respecto y los límites de graficación.

*Border:* permite decidir si colocar o no bordes en el gráfico, de ser la respuesta afirmativa, pregunta cuales se colocarán, layer y color al que se les asignará.

*Grid:* Se presentan aquí opciones para seleccionar si se colocará o no líneas de grilla, en cual eje irán, uno, ambos o ninguno; marcas auxiliares en los ejes, layer y color de destino.

*Thicks*: Personaliza los marcadores de los ejes, permitiendo decidir si colocarlos o no, de ser afirmativa la respuesta, indicar la posición en la que se colocarán, permite además colocar marcas intermedias, layer al que se adjuntarán y color a asignar, las marcas se pueden personalizar por ejes, por lo que es posible asignar diferente configuración al eje de las abscisas que al de las ordenadas.

En el recuadro "*Graphic Dimensions*" se establece el tamaño en escala de dibujo, que tendrá la gráfica al ser importada al dibujo.

En el recuadro "Curve Information", es posible graficar curvas a partir de información de pares de puntos que pueden introducirse de forma manual para posteriormente ser graficadas, en este mismo recuadro por medio del botón "Preferences" se puede asignar el tipo de salida gráfica de la información introducida, como por ejemplo, línea X-Y, gráfico de barras, gráfico de símbolos, asignación de layer, color y símbolo en el caso de haber escogido un gráfico con representación simbólica.

Para finalizar con este cuadro de diálogo se tienen los botones "New", "Load", "Save", "Preview", "Plot". Que corresponden a la creación de una nueva configuración, la carga de una configuración existente, guardar a configuración en curso, previsualizar gráficamente la configuración establecida e imprimir una muestra de las configuraciones establecidas.

Una vez establecidas las configuraciones correspondientes a las características del proyecto, es posible y seguro comenzar a ejecutar tareas de análisis de datos hidrológicos.

Dadas las características del proyecto y según los alcances de este trabajo, nos limitaremos en este apartado a la descripción y especificaciones de la escorrentía y capacidad de los cordones cuneta, de ser necesarios.

En la Figura V.75, se pueden ver las opciones que presenta el submenú “Runoff” correspondiente al cálculo de la escorrentía, de los comandos que en el se pueden ver trataremos únicamente: “Time of Concentration” y “Rational Method”, que corresponden al cálculo del tiempo de concentración de las aguas de la sub-cuenca y la aplicación del método racional para la determinación del rango de flujo o “Flowrate”

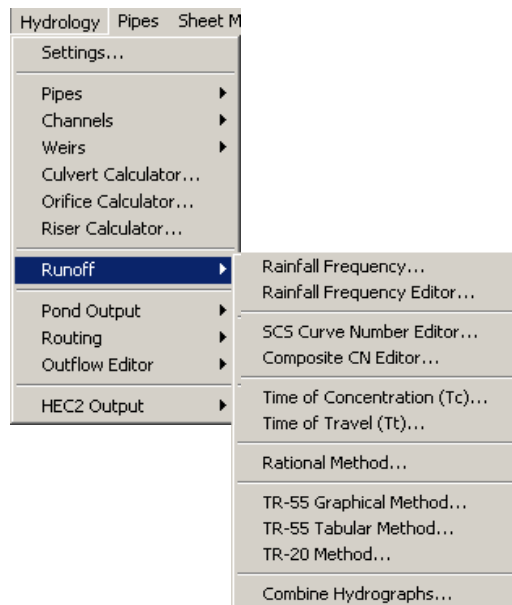


Figura V.75 Ubicación del Submenú “Runoff” y comandos contenidos en el mismo.

### 5.7.2. Determinación del tiempo de concentración (tc)

El tiempo de concentración es el tiempo que le toma a la escorrentía viajar desde el punto hidráulicamente más distante de la cuenca o subcuenca, hasta el punto específico de desagüe. El Tc puede ser una combinación de tres tipos de flujo: laminar,

concentrado superficial y de canal abierto, cada uno de los cuales usa diferentes ecuaciones para sus cálculos correspondientes y a la vez requiere de diferentes tipos de datos de entrada. El desarrollo (dígase urbanizaciones) de una cuenca, usualmente disminuyen el tiempo de concentración e incrementan la descarga pico.

El Autodesk Land Desktop 2004 toma en cuenta tres tipos de flujo (los que fueron mencionados en el párrafo anterior) para el cálculo de el tiempo de concentración, mismos que a continuación se describirán de forma resumida como sigue:

*Sheet flow:* Este es un tipo de flujo muy superficial sobre superficies planas. Esta es la primera componente del  $T_c$  y comienza en el punto hidráulicamente más distante. Este tipo de flujo ocurre normalmente a profundidades de 3 cm o menores y la longitud máxima de la lámina de agua es de aproximadamente 90 metros, los datos utilizados para efectuar estos cálculos son: la longitud del flujo, la pendiente, la cantidad de lluvia para 24 horas en un evento con período de retorno de 2 años y la rugosidad de la superficie, medida mediante el coeficiente de Manning.

*Shallow Concentrated flow:* Este tipo de flujo generalmente ocurre después de un máximo de 90 metros de flujo laminar. La velocidad promedio del flujo concentrado promedio es determinada en base a las pendientes de la cuenca y los materiales de los canales (pavimentados o no pavimentados). Una forma más simple de describirlo es agua fluyendo por drenajes naturales, en ondonadas y elevaciones.

*Open Channel Flow:* este tipo de flujo comienza en el punto donde la información topográfica de la sección transversal del canal ha sido obtenida, donde los canales son visibles desde fotografías aéreas.

Una vez descritos los tipos de flujo que el programa toma en cuenta para el cálculo del tiempo de concentración, podemos pasar al cálculo del mismo. En la Figura V.75 puede verse la forma de llegar a esta calculadora del Tiempo de concentración (Tc), la cual despliega el cuadro de diálogo que se muestra en la Figura V.76

**Figura V.76 Cuadro de diálogo “Time of Concentration Calculator”**

Si solamente se desea calcular el tiempo de concentración se recomienda usar este cuadro de diálogo, pero si lo que se pretende es calcular el flujo que se generará en la subcuenca, deberá abrirse desde el cuadro de diálogo Rational Method... cuya ubicación puede también ser vista en la Figura V.75.

Se describirá a continuación la forma de operar de la calculadora de tiempos de concentración que se muestra en la Figura V.76,

*Description:* en el cuadro description se colocará una descripción para el cálculo de tiempo de concentración a ejecutar

*Sheet:* si se dispone de la información del flujo laminar se introduce en este recuadro, pero si se desea calcular en el momento, el programa brinda la oportunidad de hacerlo sin tener que cerrar este cuadro de diálogo, por medio del acceso directo que posee con las calculadoras para cada uno de los tipos de flujo, a las que puede accederse por



medio “Select” que aparece al lado derecho de cada caja. Al presionar este botón con el mouse se despliega el cuadro de diálogo que se muestra en la Figura V.77

**Figura V.77 Cuadro de diálogo “Sheet Flow Calculator”**

*Description:* permite escribir una descripción de los cálculos a realizar

*Mannings´s n:* solicita el coeficiente “n” de Manning, para estipular la rugosidad de la superficie de drenaje, si no se conoce se presiona el botón “Select” y el programa muestra una lista de la que se puede seleccionar el coeficiente de Manning más adecuado a las necesidades, es más, permite introducir en la lista coeficientes personalizados con sus respectivas descripciones.

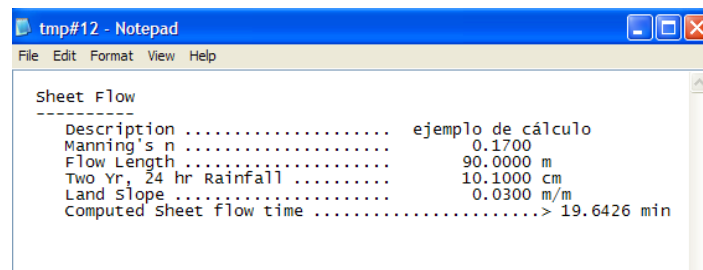
*Flow Length:* Permite digitar la distancia que recorrerá el flujo hasta llegar al punto de desagüe, puede hacerse manualmente o gráficamente.

*Two-yr 24-hr Rainfall:* permite introducir la cantidad de lluvia en cm para un evento de lluvia de 24 horas con un período de retorno de 2 años.

*Land Slope:* Permite digitar la pendiente del terreno por la que transitará el flujo. El dato de la pendiente se escribe en metros de altura por cada metro de longitud recorrida.

*Sheet Flow Time:* aquí se presenta el cálculo que el programa efectúa con base en la información proporcionada por el usuario. El dato proporcionado se da en minutos.

Se brinda además la opción de escribir los datos y resultados en un archivo de texto, por medio del botón “Output”, como el que se muestra en la Figura V.77a



```

Sheet Flow
-----
Description ..... ejemplo de cálculo
Manning's n ..... 0.1700
Flow Length ..... 90.0000 m
Two Yr, 24 hr Rainfall ..... 10.1000 cm
Land Slope ..... 0.0300 m/m
Computed Sheet flow time ..... > 19.6426 min

```

**Figura V.77a Salida de los cálculos del “Sheet Flow” a un archivo de texto**

*Shallow:* si se dispone de la información solicitada puede ésta introducirse manualmente en la caja correspondiente, de no ser así se deberá proceder de manera similar que en el punto anterior, calculando lo necesario por medio de la calculadora para este tipo de flujo. El cuadro de diálogo correspondiente a la selección del botón “Select” puede verse en la Figura V.78

Parameter	Unit	Value	Action
Description		lateral del camino	
Surface		<input type="radio"/> Paved <input checked="" type="radio"/> Unpaved	
Flow Length	m	450.0000	Select
Watercourse Slope	m/m	0.2000	Select
Average Velocity	mps	2.1993	
Shallow Flow Time	min	3.4102	

**Figura V.78 Cuadro de diálogo “Shallow Flow Calculator”**

*Description:* permite digitar una descripción identificativa para los cálculos a ejecutar.

*Surface:* se solicita confirmación de las condiciones de la superficie por la cual circulará el flujo, esta puede ser pavimentada (Paved) o No Pavimentada (Unpaved), esto está íntimamente relacionado con los coeficientes de rugosidad que el programa utilizará para el cálculo.

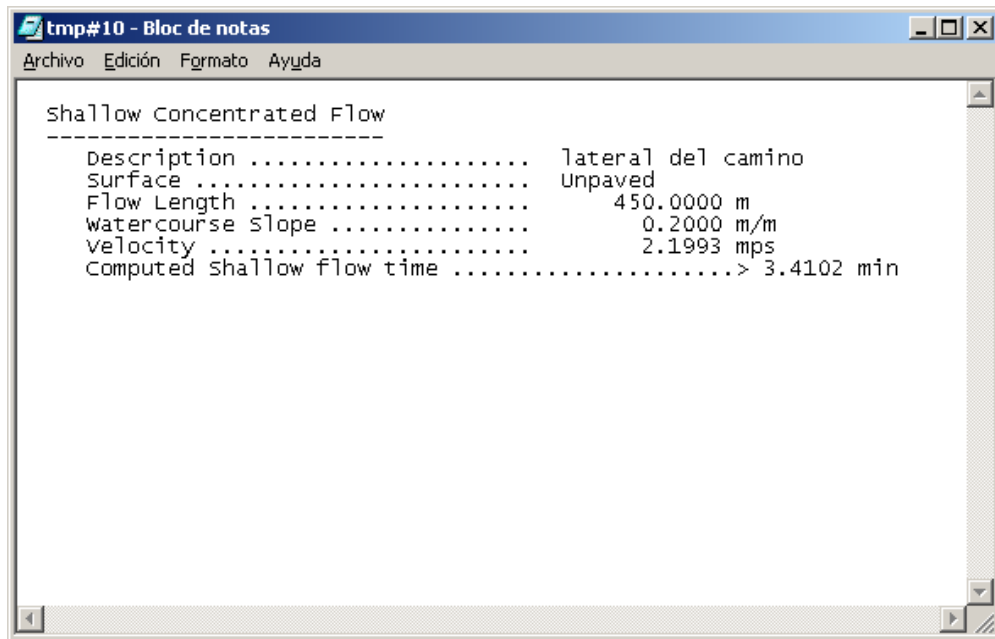
*Flow Length:* longitud medida en metros que tendrá que recorrer el flujo para llegar al punto de desagüe. Puede introducirse manual ó gráficamente por medio del botón “Select” a la derecha de esta opción.

*Watercourse Slope:* Pendiente promedio de la superficie por la que escurrirá el agua, se solicita en metros en altura, por cada metro horizontal.

*Average Velocity:* Velocidad promedio del flujo, calculada a partir de los datos proporcionados por el usuario.

*Shallow Flow Time:* Tiempo de concentración calculado para este tipo de flujo según la información introducida por el usuario.

De igual manera que para el “Sheet Flow” puede efectuarse salida de los resultados a un archivo de texto, como el que se muestra en la Figura V.78



```

tmp#10 - Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ayuda

shallow Concentrated Flow
-----
Description ..... lateral del camino
Surface ..... Unpaved
Flow Length ..... 450.0000 m
Watercourse Slope ..... 0.2000 m/m
Velocity ..... 2.1993 mps
Computed shallow flow time .....> 3.4102 min

```

**Figura V.78a** Archivo de texto conteniendo los datos de entrada y resultados del cálculo del “Shallow Concentrated Flow”

*Channel:* si se dispone de la información solicitada puede esta introducirse manualmente en la caja correspondiente, de no ser así se deberá proceder de manera similar que en el punto anterior, calculando lo necesario por medio de la calculadora para este tipo de flujo. El cuadro de diálogo correspondiente a la selección del botón “Select” puede verse en la Figura V.79

Parameter	Unit	Value	Action
Description		cunetas pendiente negativa	
Cross Section Area	m <sup>2</sup>	0.0068	
Wetted Perimeter	m	0.3732	
Channel Slope	m/m	0.0361	Select
Manning's n		0.0130	Select
Flow Length	m	250.0000	Select
Hydraulic Radius	m	0.0182	
Velocity	mps	1.0121	
Channel Flow Time	min	4.1170	

**Figura V.79 Cuadro de diálogo "Channel Flow Calculator"**

*Description:* permite digitar una descripción identificativa para los cálculos a ejecutar.

*Cross Section Area:* permite introducir el área hidráulica de la sección transversal.

*Wetted Perimeter:* se introduce aquí el perímetro mojado de la sección de canal.

*Channel Slope:* indica la pendiente longitudinal del canal en metros por cada metro de avance horizontal.

*Manning's n:* coeficiente de Manning correspondiente a la rugosidad de las paredes del canal.

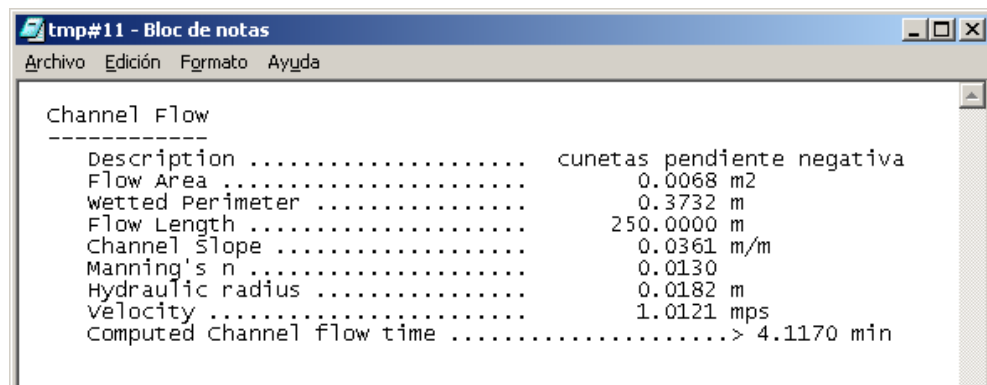
*Flow Length:* longitud medida en metros que tendrá que recorrer el flujo para llegar al punto de desagüe. Puede introducirse manual ó gráficamente por medio del botón "Select" a la derecha de esta opción.

*Hdraulic Radius*: resultado de cálculo que contiene la información referente al Radio hidráulico de la sección de canal., dado en metros.

*Velocity*: velocidad media del flujo según los datos proporcionados por el usuario.

*Channel Flow Time*: Cálculo del tiempo de concentración para este tipo de flujo según los datos introducidos por el usuario.

Puede efectuarse salida de los resultados a un archivo de texto, como el que se muestra en la Figura V.80



```

tmp#11 - Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ayuda
Channel Flow
-----
Description ..... cunetas pendiente negativa
Flow Area ..... 0.0068 m2
Wetted Perimeter ..... 0.3732 m
Flow Length ..... 250.0000 m
Channel Slope ..... 0.0361 m/m
Manning's n ..... 0.0130
Hydraulic radius ..... 0.0182 m
Velocity ..... 1.0121 mps
Computed Channel flow time ..... > 4.1170 min

```

**Figura V.80** Archivo de texto conteniendo los datos de entrada y resultados del cálculo del “Channel Flow”

Una vez se ha introducida la información correspondiente a cada uno de los flujos que participarán en la escorrentía se puede ver claramente que el programa brinda el resultado del cálculo del Tiempo de Concentración Total en la Parte inferior del cuadro de diálogo “Time of Concentration Calculator”, como puede verse en la Figura V.81, para el caso se produjo como resultado un tiempo de concentración de 12.0638 minutos con aporte de los tipos de flujo “Shallow” y “Channel”.

Figura V.81 Resultado de cálculo del Tc con aportes del “Shallow Flow” y “Channel Flow”

Una vez se ha determinado el tiempo de concentración se puede solicitar al programa un resumen de los cálculos y resultados, por medio del botón “Output” que puede verse en la Figura V.81. El resultado de esta solicitud es el que se muestra en la Figura V.82

```

Shallow Concentrated Flow
-----
Description ..... lateral del camino
Surface ..... Unpaved
Flow Length ..... 450.0000 m
watercourse slope ..... 0.2000 m/m
velocity ..... 2.1993 mps
computed shallow flow time .....> 3.4102 min

Channel Flow
-----
Description ..... cunetas pendiente negativa
Flow Area ..... 0.0068 m2
Wetted Perimeter ..... 0.3732 m
Flow Length ..... 250.0000 m
Channel Slope ..... 0.0361 m/m
Manning's n ..... 0.0130
Hydraulic radius ..... 0.0182 m
velocity ..... 1.0121 mps
computed channel flow time .....> 4.1170 min

Channel Flow
-----
Description .....
Flow Area ..... 0.0068 m2
Wetted Perimeter ..... 0.3732 m
Flow Length ..... 240.0000 m
Channel Slope ..... 0.0274 m/m
Manning's n ..... 0.0130
Hydraulic radius ..... 0.0182 m
velocity ..... 0.8817 mps
computed channel flow time .....> 4.5366 min

*****
Total Time of Concentration .....> 12.0638 min
*****

```

Figura V.82 Resumen de datos y resultados del cálculo del Tiempo de Concentración (Tc).

Una vez explicado esto, podemos entrar en materia al método racional. La forma de acceder a el podemos verla en la Figura V.75, lo que nos lleva al cuadro de diálogo que se muestra en la Figura V.83 y que se detalla a continuación del mismo.

La calculadora del método racional simplifica de gran manera los cálculos de la esorrentía, ya que no se ve el usuario o diseñador en la necesidad de calcularlos por el mismo o bien de interpolar datos en curvas. La información que el programa requiere es la siguiente: coeficiente de esorrentía (usado generalmente para eventos lluviosos grandes), factor de frecuencia, factor de ajuste (para los coeficientes de superficie), área y tiempo de concentración; con esa información el programa calcula el flujo pico.

Los datos que se requieren para el cálculo del flujo pico , deben incluir (cuando se usa el método racional), lo siguiente:

*Coeficiente de Esorrentía (Runoff Coefficient C):* este factor representa el uso del suelo. El rango de valores típicos para este coeficiente va desde 0.10 hasta 0.95. donde 0.10 podría representar un area boscosa y 0.95 podría representar un area de parqueo pavimentada.

*Area de Drenaje (Drainage Area A):* toda el area que contribuye con el recogimiento para el punto de interés y está medida en nuestro sistema de unidades en metros cuadrados (  $m^2$  ). Cabe aclarar que la calculadora respeta las unidades actuales de la configuracion de menu hydrology.

*Intensidad de Lluvia (Rainfall Intensity I ):* es usada para hacer los cálculos de la esorrentía pico. Estos valores están basados en los tiempos de concentración y la frecuencia de lluvia para la cual se desea diseñar. Cuando se requiere hacer cálculos por metodos manuales es necesario hacer referencia a curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia), para determinar la intensidad de lluvia, dado



el tiempo de concentración y el período de retorno para el cual se desea o se requiere diseñar.

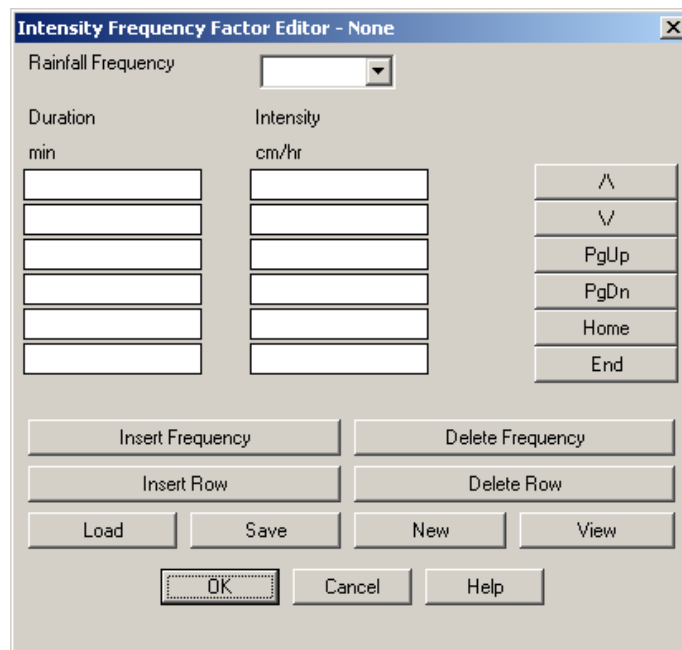
**Figura V.83** Resumen de datos y resultados del cálculo del Tiempo de Concentración (Tc).

*Description:* puede digitarse un área para hacer una descripción general del área.

*Rainfall Frequency:* de la parte baja del cuadro de diálogo, deberá hacerse clic en el botón IDF. El cuadro de diálogo de Intensidad-Duración-Frecuencia puede verse en la Figura V.84.

En este cuadro se pueden cargar, guardar, modificar o hacer nuevas curvas introduciendo información coherente en las casillas correspondientes, el período de retorno es solicitado por el programa automáticamente al introducir el primer dato ya sea de duración o intensidad. Si se posee información tabulada puede introducirse, duraciones en la columna de la izquierda e intensidades en la columna de la derecha. Pueden insertarse o borrarse períodos de retorno por medio de los botones “Insert

Frecuency” y “Delete Frecuency”, respectivamente. Es posible además insertar o borrar filas para pares ordenados de la curva con los botones “Insert Row” y “Delete Row” respectivamente. Los cuatro botones de la penúltima fila de botones corresponden de izquierda a derecha a las acciones de: Carga de archivos \*.idf, guardar el período de retorno actual, generar un nuevo período de retorno y previsualización de la gráfica generada con la información.



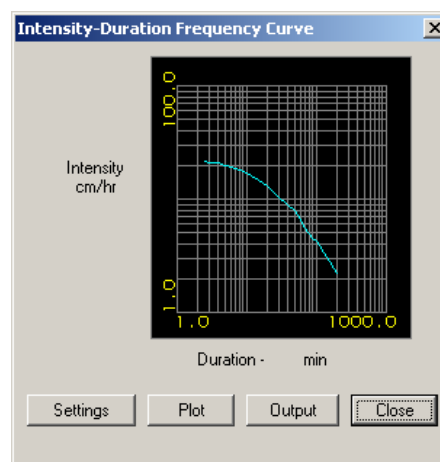
**Figura V.84 Cuadro de diálogo Intensity Frecuency Factor Editor**

A continuación y a manera de ejemplo se puede ver en la Figura V.85 un archivo generado a partir de las lecturas de una curva IDF para San Salvador, estación ITIC y período de retorno de 5 años.

Duration min	Intensity cm/hr
2.5000	21.6000
3.0000	21.0000
4.0000	20.7000
5.0000	19.8000
6.0000	19.2000
7.0000	18.6000

**Figura V.85 Datos para una curva IDF de San Salvador con estación ITIC y período de retorno de 5 años**

Con esta información puede ser generada la curva IDF correspondiente, misma que se puede previsualizar por medio del botón “View” y cuyo resultado puede apreciarse en la Figura V.86



**Figura V.86 Datos para una curva IDF de San Salvador con estación ITIC y período de retorno de 5 años**

De no apreciarse inconsistencia en la información tabulada y la información gráfica, se continúa con la introducción de información en el cuadro de diálogo del método racional y al hacerlo se ve que ya aparece un período de retorno de 5 años en el recuadro Rainfall Frequency, como se ve en la Figura V.87

Area Description	Drainage Area m <sup>2</sup>	Coef.	Adj. Factor	Time of Conc min	Rainfall Intensity cm/hr	Flowrate cms	
							^
							v
							PgUp
							PgDn
							Home
							End

Area Coef CmpCoef Factor Tc IDF Delete

New Load Save Output OK Cancel Help

**Figura V.87 Carga del “Rainfall Frequency” a partir de la información generada en el cuadro de diálogo “Intensity Frequency Factor Editor”**

*Area Description:* puede introducirse en esta columna, una descripción representativa del área a calcular.

*Drainage Area m<sup>2</sup> :* se introducen en esta columna los valores de las áreas de aporte que se calcularán. También es posible hacer clic en el botón Area en la parte inferior del cuadro de diálogo, para calcular las áreas por medio del dibujo en áreas o por medio de polilíneas cerradas.

*Coef.:* introduzca el coeficiente de escorrentía que mejor represente la relación entre escorrentía y lluvia. Si el usuario no sabe cuál puede ser un valor adecuado para hacer esta representación puede ver los que el programa tiene almacenados tanto para tipos como usos de suelos discriminando unos de otros por medio de las descripciones que cada uno presenta. Estos coeficientes pueden ser vistos al hacer clic en el botón *Coef* en la parte baja del cuadro de diálogo *Rational Method*.

*CmpCoef:* Si el área a analizar está compuesta por varios tipos de suelos o por varios usos de suelos, existe la posibilidad de calcular un coeficiente ponderado, que toma como criterio básico de peso las magnitudes de las áreas.

*Adj. Factor:* este es un factor de ajuste para el flujo pico, y está en función de los períodos de retorno, se encuentran tabuladas por período y factor, pudiendo decidirse si se aplican o no en los cálculos, por medio de un cuadro de cheque.

*Time of Conc min:* Puede introducirse manualmente o por medio del botón *Tc* que se encuentra en la parte baja del cuadro de diálogo. Al hacer clic en este botón se llega al cuadro de diálogo de la Figura V.81, con esa información y al hacer click en *OK* automáticamente se traslada el dato al cuadro de diálogo *Rational Method*.

Con los datos hasta el momento introducidos se llega a lo que se muestra en la Figura V.88.

El análisis se ha dividido en dos partes, las áreas en las que existe bastante presencia de vegetación y aquellas pavimentadas, mismas que se ven claramente en las dos filas de la Figura V.88

Para cada caso, se han realizado cálculos independientes para los coeficientes de ajuste y tiempo de concentración.

**Rational Method - Subcuenca 01.rat**

Description: Analisis para Subcuenca 01

Rainfall Frequency: 5 year

Area Description	Drainage Area m2	Coef.	Adj. Factor	Time of Conc min	Rainfall Intensity cm/hr	Flowrate cms	
zonas/vegetacion	20090.802	0.1500	0.0000	12.0638	16.2951	0.1353	^
pavimento p(-)	1802.0968	0.8000	0.0000	3.0000	21.0000	0.0834	v
pavimento p(+)	1786.7971	0.8000	0.0000	3.0000	21.0000	0.0827	PgUp
							PgDn
							Home
							End

Area Coef CmpCoef Factor Tc IDF Delete

New Load Save Output OK Cancel Help

**Figura V.88 Resultados de los cálculos efectuados por el cuadro de diálogo del “Rational Method”**

Para finalizar con la descripción de cuadro de diálogo, con los botones de la última fila del cuadro se pueden hacer (de izquierda a derecha) las siguientes tareas:

*New*: permite crear un nuevo archivo, limpia la información de las casillas y ésta se perderá si no ha sido guardada por medio del botón Save

*Load*: carga un archivo existente, previamente guardado por el usuario.

*Save*: permite guardar en un archivo la información existente en el cuadro de diálogo, para que pueda ser cargada posteriormente por medio del botón Load.

*Output*: se pueden efectuar salidas de texto de los datos y los resultados imprimir los resultados en un archivo de tipo texto con extensión txt (si el NOTEPAD fue el archivo que por omisión se configuró como editor de texto en el botón “Editor” de la Figura V.70).

Con la información que se brinda como resultado, un ingeniero especialista en hidráulica podrá tomar bases para ejecutar el diseño de la red hidráulica de desalajo de aguas lluvias.

Esta calculadora del Método racional brinda como puede verse en la Figura V.88 una razón de flujo (Flowrate) que se expresa en metros, aparentando ser unidad de longitud, pero en realidad es un equivalente, esto puede verse claramente en la cuarta fila de la Figura V.71 en la que la Razón de flujo se mide en metros cúbicos por segundo y entre paréntesis se expresan cms.

Para el cálculo del agua drenada de la subcuenca se tomaron en cuenta tres criterios: la escorrentía del lateral izquierdo del camino (viendo hacia el norte) y la de cada una de las tangentes verticales de esa curva, las áreas de influencia son las que se detallan en la segunda columna (Drainage area). Zonas/vegetación representa el área lateral del camino se tomo en consideración la vegetación y un porcentaje de construcciones (casas) presentes en el area; pavimento p(-) representa la escorrentía de la tangente vertical con pendiente negativa de la curva y por ende pavimento p(+) representa la escorrentía de la tangente vertical con pendiente positiva de la curva. No se consideró el lado derecho del camino como zona de recogimiento puesto que la topografía en ese punto presenta una quebrada, por lo que el agua recibida por la misma ira directo al cauce de la quebrada.

El recogimiento total calculado por el programa es de 0.3014 cm, es decir, 0.3014m<sup>3</sup>/seg.

**CAPITULO VI**

**CONCLUSIONES Y**

**RECOMENDACIONES**



## CONCLUSIONES

1. Para que este software pueda brindar los resultados esperados, el usuario debe tener sólidos conocimientos de CAD y de las áreas de ingeniería que abarca el mismo.
2. La utilización de este software como plataforma de diseño, dibujo y cálculo de caminos no garantiza de ninguna manera resultados precisos y exactos si no se acompañan del conocimiento y experiencia adecuada de las ramas de ingeniería concernientes a este tipo de trabajos.
3. La utilización de este software como herramienta de diseño, dibujo y cálculo de caminos acompañada de conocimiento y experiencia, sí facilita y garantiza la obtención de resultados confiables y precisos, además de tener la posibilidad de plantear un mayor número de alternativas posibles, si se compara con procedimientos convencionales de diseño, dibujo y cálculo.
4. El alineamiento horizontal del camino existente presenta varias curvas que no cumplen con los mínimos establecidos por la Dirección General de Caminos, que es el ente regulador base para este trabajo, por lo que se mejoró de manera general, estableciendo curvas que cumplen con los mínimos establecidos.
5. El radio mínimo diseñado para el alineamiento horizontal del camino fue de 75 metros aún cuando la normativa exige únicamente 67 metros para caminos caracterizados como planos.
6. Se trató en la manera de lo posible de conservar el alineamiento horizontal del camino actual, se logró en aproximadamente un 70% del alimeamiento, pero se cambió en algunos puntos de manera obligada para cumplir con los requisitos mínimos establecidos.

7. En la manera de lo posible se diseñaron las curvas horizontales con giros contrarios, en curvas consecutivas, en aquellas que no fue posible se debió a que los cambios producirían excesiva compra de derechos de vía.
8. En el alineamiento vertical se diseñó con una pendiente máxima de 6.00%. La pendiente máxima para este tipo de caminos se establece como del 7%, por lo tanto se cumple con este requisito.
9. El criterio de Apariencia se cumple para tres de las cuatro curvas verticales en cumpio del proyecto, es decir, presentan un  $K \geq 30$ . En la curva en la que no se cumple este criterio se debe a la presencia de una obra de paso a conservar, convirtiéndose en un punto obligado.
10. El Criterio de Comodidad se cumple para todos los casos de curvas verticales en cumpio de proyecto, es decir,  $K \geq v^2/395=6.33$ , donde  $v=50$  km/h (velocidad de diseño del proyecto).
11. El criterio de drenaje se cumple para todas las curvas verticales del proyecto, es decir,  $K \leq 43$ . Para los casos en que este criterio numérico no se cumple, se presentan características especiales como la ausencia del punto más bajo de la curva, lo que evita posibles estancamientos de agua.
12. En todas las curvas se cumple con el criterio de seguridad, ya que la distancia de visibilidad es mayor, o al menos igual a la distancia de parada.
13. Se estableció una sección transversal del la vía con un ancho de rodaje de 5.0 metros, como lo establece la norma.
14. El diseño de estabilización de taludes requiere de un previo estudio de los niveles de amenaza, riesgo y del mecanismo de falla del talud en cuestión.

15. Los taludes en las áreas de corte se establecieron para las áreas más desfavorables con una relación de taludes de 4:1 como máximo, para suelos arenolimosos, como los que se encuentran a lo largo del camino.
16. Después de realizar la estabilización se debe continuar con el mantenimiento y control del talud para garantizar la seguridad.
17. El bombeo de la sección transversal para drenar el agua se estableció como el 2% a cada lado del eje.
18. Los volúmenes de corte y relleno encontrados sostienen una relación de 1.43
19. Se determinó la escorrentía superficial de las subcuencas del proyecto, mediante el uso del método racional, aplicado por el software. Para un evento lluvioso con período de retorno de 5 años, para una curva Intensidad-Duración-Frecuencia de San Salvador.

## RECOMENDACIONES

1. Continuar con la investigación y profundización de las capacidades de programas como el Autodesk Land Desktop, como herramientas de diseño y análisis de información, topográfica, hidrológica, etc.
2. Que se realicen investigaciones de los temas presentados en este trabajo, pero de una manera más específica, como por ejemplo, diseño de secciones transversales y todas sus variaciones de diseño, como ensanches en curvas, peraltes; cálculo de volúmenes de terracería y compensación de curva masa incluyendo costos o interrelacionando el programa con algún programa de análisis de costos de este rubro.
3. A los docentes, promover el uso de programas como computacionales de avanzada con el objeto de hacer cada vez más eficiente el análisis de información necesaria para realizar estudios tanto académicos como profesionales.
4. A los alumnos y en conjunto con los docentes, calibrar los resultados de los programas de análisis con información de proyectos reales y bien definidos, para comparar y afinar resultados.
5. A todas las personas interesadas en el manejo de este programa, fundar una buena base en sus conocimientos de las herramientas de dibujo automatizado CAD.
6. Para obtener mejores resultados con el uso del Autodesk Land Desktop, se deberá realizar una buena configuración de parámetros de diseño y escala a fin de obtener resultados más fidedignos tanto visual como numéricamente.

## BIBLIOGRAFIA

- 📖 **MANUAL CENTROAMERICANO DE NORMAS PARA EL DISEÑO DE LAS CARRETERAS REGIONALES**, Secretaría de Integración Centroamérica SIECA, Convenio USAID No. 596-0181.20, Febrero de 2001.
- 📖 **MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS**, Secretaría de Obras Públicas, México 1976. Primera Edición, Segunda Reimpresión.
- 📖 **TRANSITO**, Apuntes del Curso de Diseño de Vías I de la Carrera de Especialización en Ingeniería de Caminos de Montaña, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan, Argentina, Año 2003
- 📖 **TOPOGRAFIA**, Miguel Montes de Oca, Representaciones y Servicios de Ingeniería, Cuarta Edición Revisada, México, 1969
- 📖 **TOPOGRAFIA**, Wolf/ Brinker, 9ª. Edición, Editorial Alfaomega
- 📖 **TOPOGRAFIA DE OBRAS**, Ignacio de Corral Manuel de Villena, Editorial Alfaomega/Edicions UPC
- 📖 **JAIME SUÁREZ**. Deslizamiento Y Estabilidad de Taludes.
- 📖 **BRAJA M. DAS**. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.
- 📖 **PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA Mecánica de Suelos Aplicada**, Mayo de 2002

# **ANEXOS**

## ANEXO A

### Herramientas De Dibujo: Menu “Lines / Curves”.

En este menú se encuentran las herramientas para dibujar líneas, arcos y espirales (clotoides). Corresponden a comandos distintos de los que provee AutoCAD, con el objeto de facilitar los trabajos específicos de la topografía. Las herramientas y comandos disponibles en este menú pueden apreciarse en la Figura A.1.1 y serán descritos de una manera más detallada a continuación.

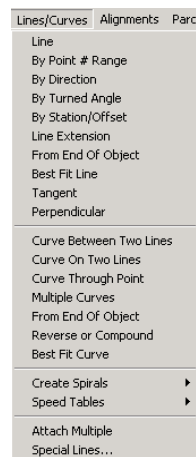


Figura A.1.1 Herramientas disponibles en el menu “Lines / Curves”

### A.1.1 Líneas.

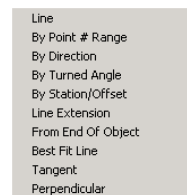


Figura A.1.2 Herramientas para el dibujo de líneas, en el menu “Lines / Curves”

Cada una de las herramientas de la Figura A.1.2 se describen a continuación:

*Line*: Corresponde al mismo comando “Lines” de AutoCAD, con la diferencia que permite utilizar además, los “OSNAP'S” de AutoCAD Land Development Desktop (.g, .p, .n).

*By Point # Range:* Dibuja una línea siguiendo la numeración de los puntos, seleccionados con anterioridad por un rango de números. Por ejemplo, si el rango que se define es: 1-10, 15, 18, 20-23. Entonces la línea que se dibujará, partirá en el número 1 hasta el 10, continuará con el 15, luego con el 18 y finalmente seguirá del 20 al 23, dónde se terminará.

*By Direction:* Dibuja una línea midiendo un azimut y una distancia desde un punto de partida.

*By turned angle:* Dibuja una línea midiendo un ángulo interior y una distancia desde un punto de partida.

*By Station/Offset:* Permite dibujar varias líneas usando como coordenadas de sus vértices, el kilometraje y la distancia transversal a lo largo de un eje definido como alineamiento horizontal.

*Line Extension:* Modifica el largo de una línea existente. Agrega o disminuye su largo en una cantidad o define un largo final nuevo.

*From End Of Object:* Dibuja una línea con su punto de partida en el final de una entidad (línea, arco o espiral). La dirección que utiliza para dibujarla, es la misma que tiene el objeto seleccionado. Es decir, si se trata de una línea, hace una nueva en la misma dirección de la seleccionada. Si se trata de un arco o espiral, dibuja una línea tangente a la entidad. Solamente pide ingresar el largo que se desea para la línea nueva.

*Best fit line:* Ajusta la mejor línea posible entre puntos, que deben ser seleccionados previamente. Para este cálculo utiliza el método de los mínimos cuadrados.

*Tangent:* Dibuja una línea tangente a un arco previamente dibujado.

*Perpendicular:* Dibuja una línea perpendicular a un arco o línea previamente dibujados.



### A.1.2 Arcos.

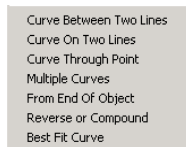


Figura A.1.3 Herramientas para el dibujo de arcos, en el menu "Lines / Curves"

*Curve Between Two Lines:* Se dibuja el arco seleccionando gráficamente las dos tangentes e ingresando alguno de los siguientes datos de la curva : radio, largo de tangente, largo de la cuerda, desarrollo de la curva, etc. Una vez dibujada la curva, las tangentes se ajustan desapareciendo el vértice, como puede verse en la Figura .A.1.4

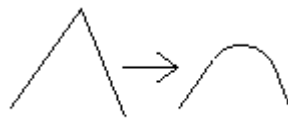


Figura A.1.4 Resultado de la aplicación del comando Curva entre dos líneas

*Curve On Two Lines:* Se dibuja el arco seleccionando gráficamente las dos tangentes e ingresando el radio de la curva. Una vez dibujada la curva, las tangentes permanecen igual, sin desaparecer el vértice.

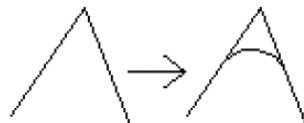


Figura A.1.5 Resultado de la aplicación del comando Curva sobre dos líneas

*Curve Trough Point:* Se dibuja el arco seleccionando gráficamente las dos tangentes e indicando un punto entre ellas, por el cual específicamente deberá pasar.



Figura A.1.6 Resultado de la aplicación del comando Curva a través de un punto

*Multiple Curves*: Permite dibujar varios arcos entre dos tangentes, ingresando las variables que se pueden observar en la Figura A.1.7:

```
Enter number of curves: 2
Enter floating curve #: 1
Enter curve 1 Radius: 60
Enter curve 2 Radius: 60
Length: 40
```

**Figura A.1.7 Resultado de la aplicación del comando Curva a través de un punto**

*Enter number of curves*: Se ingresa la cantidad de arcos que se desean insertar entre las dos tangentes. En el ejemplo se utilizó dos curvas.

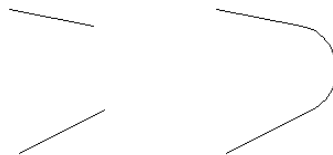
*Enter floating curve #*: El programa pide indicar cuál de las curvas será variable en su largo. En el ejemplo se ingresó que la curva 1 se ajustará, según el espacio que quede disponible, una vez dibujada la otra.

*Enter curve 1 Radius*: Se debe ingresar el radio de la curva 1. No se pide su largo porque este será variable.

*Enter curve 2 Radius*: Se debe ingresar el radio de la curva 2.

*Length*: Se debe ingresar el largo de la curva 2, ya que esta tendrá un tamaño fijo.

El resultado del ingreso de estas variables se muestra en la Figura A.1.8:



**Figura A.1.8 Resultado gráfico posterior a la introducción de las variables mostradas en la Figura A.1.7**

Entre las dos tangentes se dibujaron dos arcos, uno con largo 40 y la otra se ajustó a las condiciones dadas.

*From End Of Object:* Permite dibujar un arco con su punto de partida al final de una entidad (línea, arco o espiral). Después de seleccionar el objeto, se debe ingresar el radio que tendrá el arco. Luego, el programa pide ingresar cualquiera de los siguientes datos de la curva: radio, largo de tangente, largo de la cuerda, desarrollo, etc. Con esa información dibuja, finalmente, el arco.



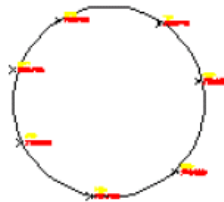
**Figura A.1.9 Representación de resultado de arcos generados por medio del comando From End of Object**

*Reverse or Compound:* Permite dibujar un arco a continuación de un arco existente. Después de seleccionar la curva previamente dibujada hay que indicar si la que será calculada va en el mismo sentido de la primera (compound) o en sentido contrario (reverse). Los datos del arco que se deben ingresar son los mismos que en el comando anterior.



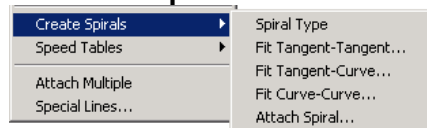
**Figura A.1.10 Representación de resultado de arcos generados por medio del comando Reverse or Compound**

*Best Fit Curve*: Ajusta un círculo por el método de los mínimos cuadrados a un grupo de puntos seleccionados.



**Figura A.1.11 Representación de resultado de arcos generados por medio del comando Best Fit Curve**

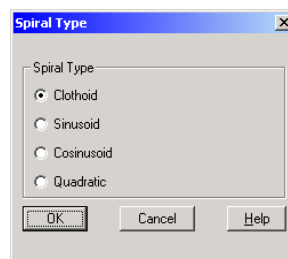
### A.1.3 Espirales o Clotoides “Create Spirals”



**Figura A.1.10 Opciones presentadas por el menú “Create Spirals”**

En la Figura A.1.10 se presenta el menú “Create Spirals” que contiene todas las opciones para el dibujo y creación de espirales. A continuación se hace una pequeña descripción de los elementos que conforman este menú:

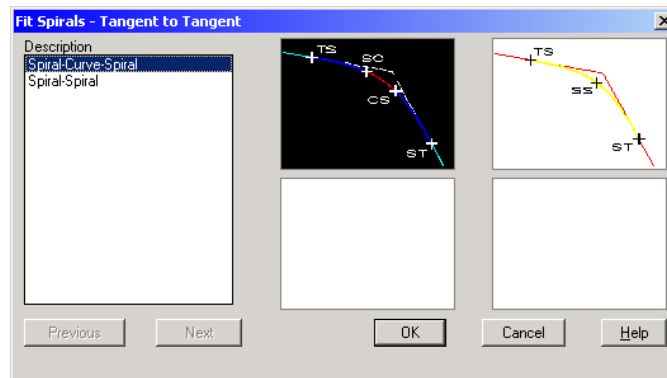
*Spiral Type*: Esta opción permite elegir el tipo de espiral que se va usar. Al seleccionar esta opción ingresa a un cuadro de diálogo dónde aparece una lista con los posibles tipos:



**Figura A.1.11 Tipos de espirales de que dispone el programa**

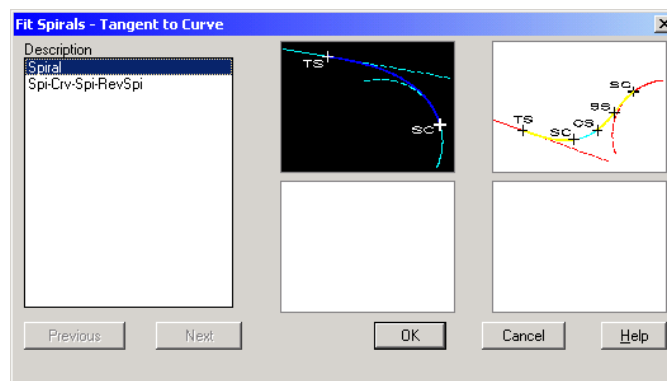
Se considera que no es necesario traducirlas, porque los nombres en inglés son muy similares en español.

*Fit Tangent-Tangent:* Este comando permite dibujar clotoides entre dos tangentes. Ingresa a un cuadro de diálogo, dónde gráficamente se puede seleccionar el tipo de clotoide que se desea dibujar. Ver Figura A.1.12



**Figura A.1.12 Opciones existentes en el menú Fit Tangent-Tangent**

*Fit Tangent-Curve:* Este comando permite dibujar clotoides entre una tangente y una curva circular. Ingresa a un cuadro de diálogo, dónde gráficamente se puede seleccionar el tipo de clotoide que se desea dibujar. Ver Figura A.1.13



**Figura A.1.13 Opciones existentes en el menú Fit Tangent-Curve**

*Fit Curve-Curve*: Este comando permite dibujar clotoides entre dos curvas circulares. Ingresa a un cuadro de diálogo, dónde gráficamente se puede seleccionar el tipo de clotoide que se desea dibujar. Ver Figura A.1.14

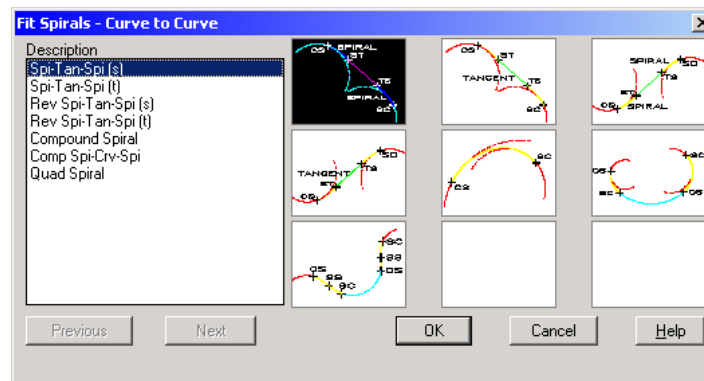


Figura A.1.14 Opciones existentes en el menú Fit Curve-Curve

*Attach Spiral*: Este comando permite dibujar clotoides a continuación de alguna entidad. Ingresa a un cuadro de diálogo, dónde gráficamente se puede seleccionar el tipo de clotoide que se desea dibujar. Ver Figura A.1.15

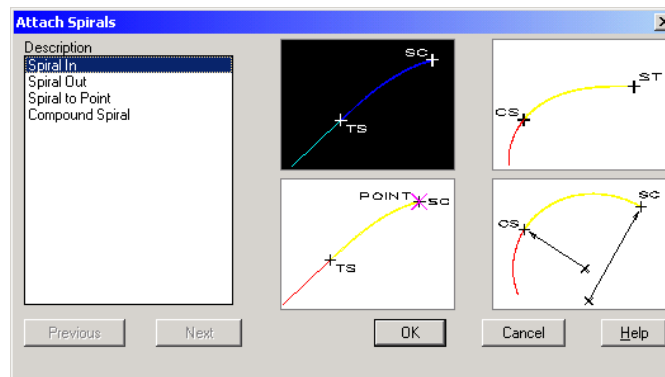
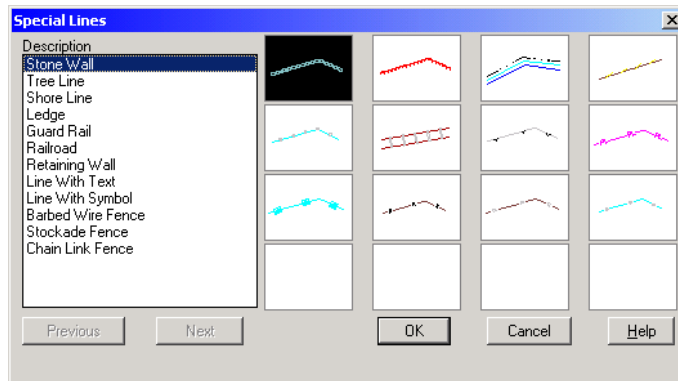


Figura A.1.15 Opciones existentes en el menú Attach Spirals

#### A.1.4 Líneas Especiales “Special Lines”

Este menú da acceso a una librería de líneas especiales, que aumentan las posibilidades gráficas para la generación de planos topográficos. A continuación se

presenta el cuadro de diálogo que se despliega al usar este comando. En él se puede seleccionar la línea que se desea utilizar.

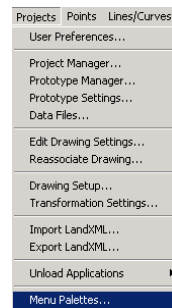


**Figura A.1.16** Líneas especiales disponibles en el menú “Special Lines...”

## ANEXO B

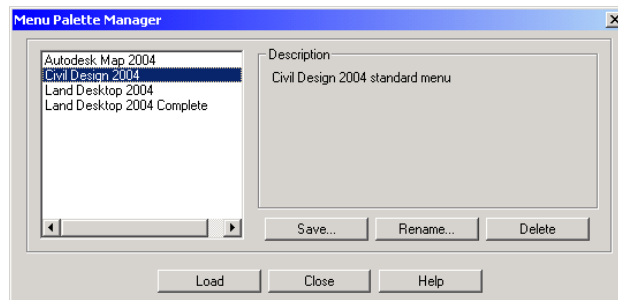
Como ya se mencionó, los comandos que se utilizaran para la generación del eje pertenecen al programa Autodesk Civil Design 2004, que es una herramienta que trabaja bajo la plataforma del Autodesk Land Desktop 2004. La forma de cargar las aplicaciones de este programa al Land Desktop se describirán a continuación:

En primera instancia se deberá acceder a la ventana Menú Palette Manager por medio del menú Projects, como puede verse en la Figura V.1



**Figura V.1 Acceso al Menú Palette Manager, desde el menú Projects**

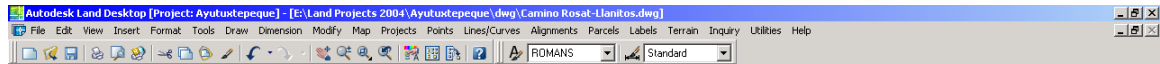
El cuadro de diálogo del Menú Palette Manager, tendrá un aspecto similar al que se muestra en la Figura V.2, en la que puede verse resaltada la opción Civil Design 2004 y en la que a su derecha se aprecia una breve descripción del menú respectivo.



**Figura V.2 Cuadro de diálogo Menú Palette Manager**



Bastará con hacer clic en el botón “Load” en la parte inferior izquierda del cuadro de diálogo para cargar la barra de menú correspondiente al Civil Design 2004, los cambios antes y después de la carga de los menú podrán ser vistas en las Figuras V.3 y V.4 respectivamente.



**Figura V.3 Vista de la barra de menú del Autodesk Land Desktop 2004, antes de efectuar la carga de la barra de menú del Civil Design 2004**



**Figura V.4 Vista de la barra de menú del Autodesk Land Desktop 2004, posterior a la carga de la barra de menú del Civil Design 2004**

## ANEXO C

## NORMAS DE DISEÑO\*

## CLASIFICACIÓN VECINAL

CRITERIO DE DISEÑO	TERRENO PLANO	TERRENO ONDULADO	TERRENO MONTAÑOSO
VELOCIDAD DE DISEÑO	50 Km/h	40 Km/h	30 Km/h
PENDIENTE MÁXIMA	7%	10%	15%
RADIO MÍNIMO CURVAS HORIZONTALES	67.00 M	52.00 M	22.00 M
DISTANCIA MÍNIMA DE VISIBILIDAD	90.00 M	60.00 M	45.00 M
ANCHO DE LA VÍA	5.00 M	5.00 M	5.00 M
ANCHO DE RODAMIENTO EN LOS PUENTES	3.00 M	3.00 M	3.00 M
ANCHO MÍNIMO DEL DERECHO DE VÍA	15.00 M	15.00 M	15.00 M
CARGA DE DISEÑO PARA PUENTES	H 15.44	H 15.44	H 15.44
TIPO DE SUPERFICIE	REVESTIDA	REVESTIDA	REVESTIDA

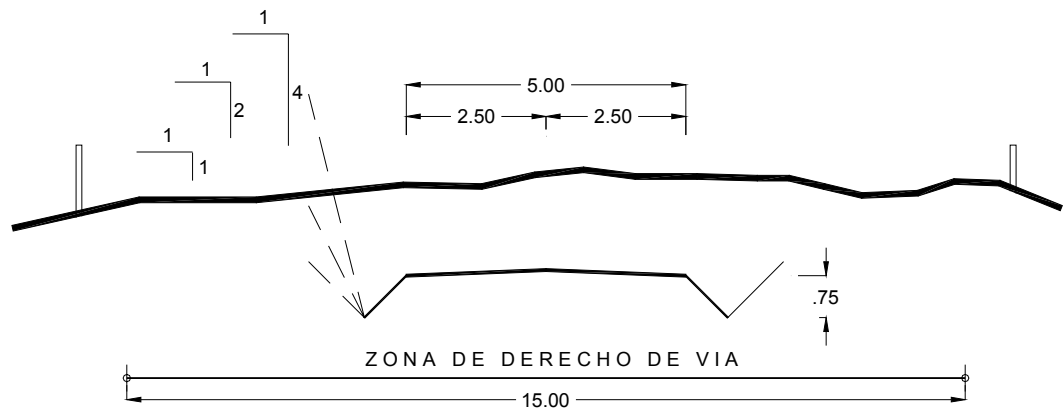
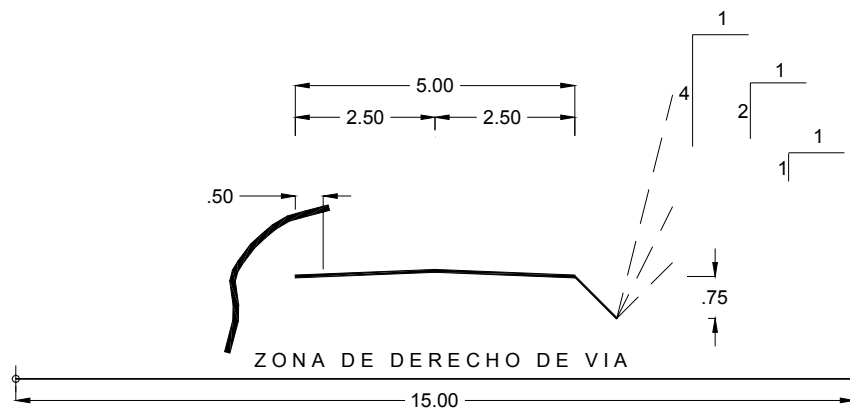
**TABLA C.1 NORMAS DE DISEÑO, PARA CLASIFICACIÓN VECINAL, SEGÚN LA DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS**

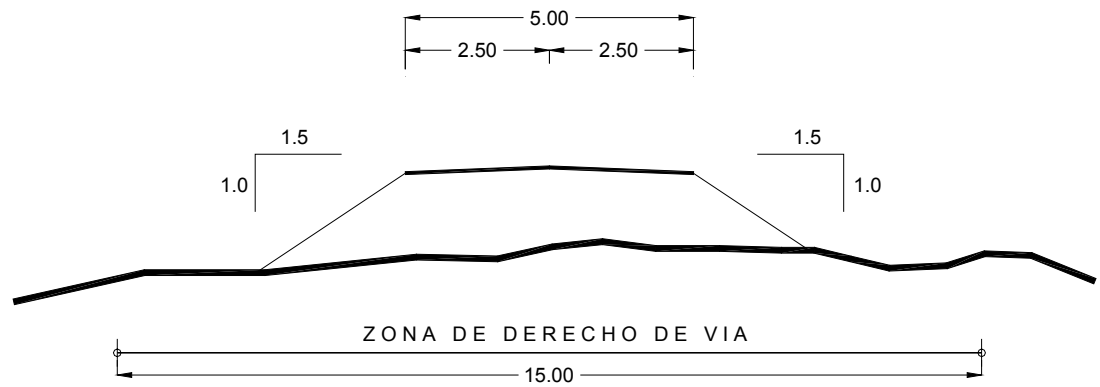
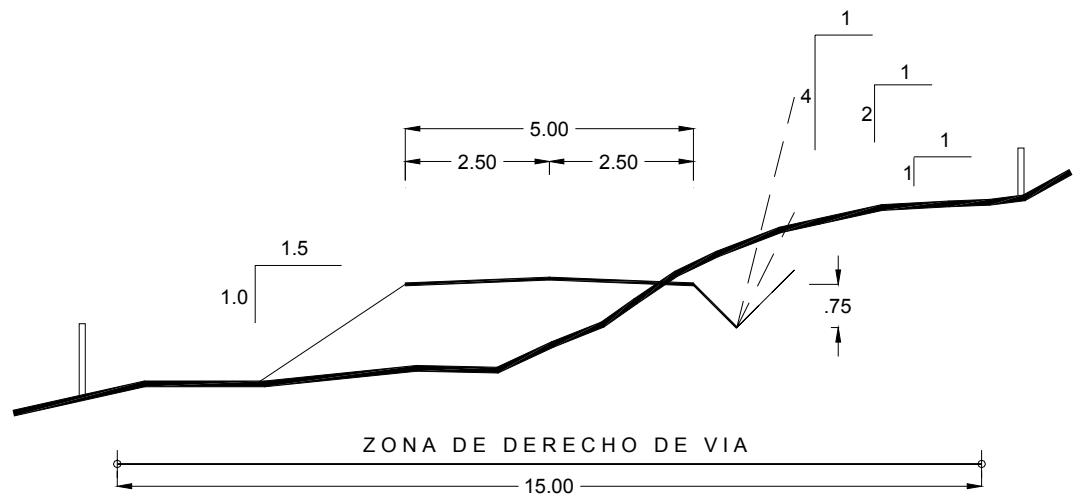
**NOTA:**

**LA PENDIENTE MÁXIMA (15 %) NO PODRÁ TENER UNA LONGITUD MAYOR DE 200 MTS, DEBIENDO TENER DESPUÉS UN DESCANSO NO MENOR DE 300 MTS. CON UNA PENDIENTE MÁXIMA DE 5%.**

**EL RELLENO DE LA ENTRADA DE TUBERÍA DEBE TENER UN MÍNIMO DE 0.60 M.**

\* Fuente: Dirección General de Caminos de El Salvador

**SECCIONES TÍPICAS CLASIFICACIÓN VECINAL.****SECCION TRANSVERSAL EN CORTE****SECCION TRANSVERSAL EN CORTE BALCON**

**SECCIONES TÍPICAS CLASIFICACIÓN VECINAL.****SECCION TRANSVERSAL EN RELLENO****SECCION TRANSVERSAL EN RELLENO Y CORTE**

**ANEXO D**  
**PLANOS DE PROYECTO**

PROYECTO:  
 CAMINO VECINAL QUE CONDUCE  
 DE LA COMUNIDAD EL ROSAT AL  
 CANTON LOS LLANITOS

UBICACION:  
 MUNICIPIO DE AYUTUXTEPEQUE,  
 DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR

PRESENTAN:  
 ALEXANDER ANTONIO FERRUFFINO ALVAREZ  
 VICTOR MANUEL IZAGUIRRE RODRIGUEZ

DOCENTES DIRECTORES:  
 ING. JORGE OSWALDO, RIVERA FLORES  
 (COORDINADOR)  
 ING. MAURICIO ERNESTO, VALENCIA

CONTENIDO:  
 ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y  
 ALINEAMIENTO VERTICAL  
 EN EL TRAMO ENTRE LOS  
 ESTACIONAMIENTOS  
 0+000.0 AL 0+840.0

ESCALA:  
 INDICADAS

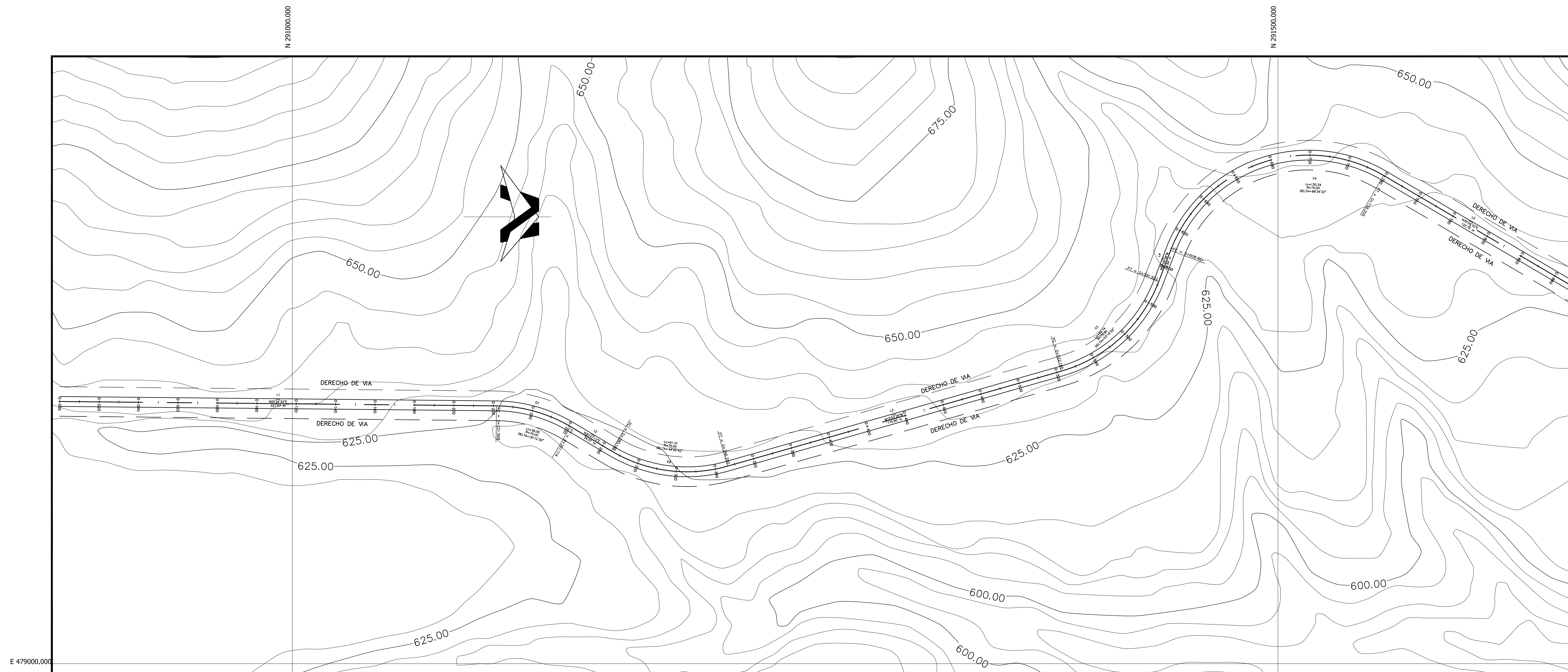
FECHA:  
 MARZO DE 2005



HOJA:

1

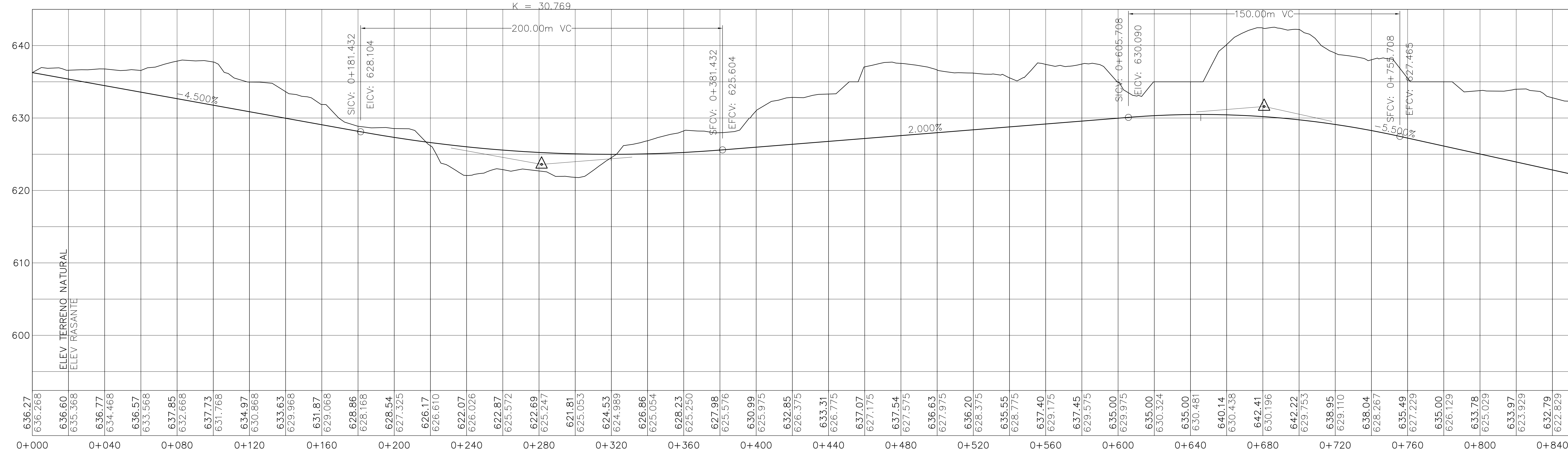
5



**PLANIMETRIA**  
 ESCALA 1:1000

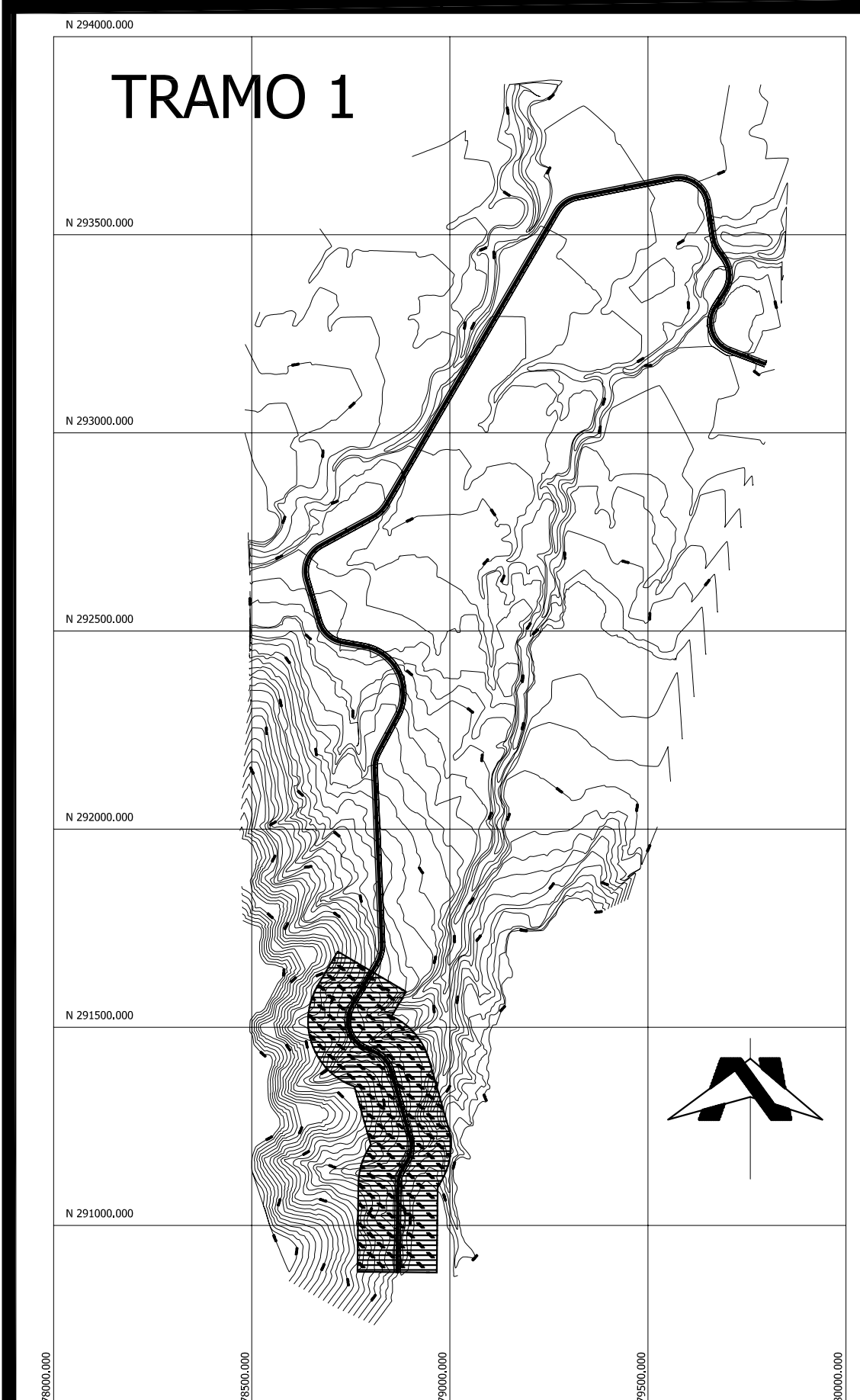
PUNTO MAS BAJO ELEV = 624.989  
 PUNTO MAS BAJO STA = 0+319.893  
 PIV STA = 0+281.432  
 PIV ELEV = 623.604  
 D.A. = 6.500  
 K = 30.769

PUNTO MAS ALTO ELEV = 630.490  
 PUNTO MAS ALTO STA = 0+645.708  
 PIV STA = 0+680.708  
 PIV ELEV = 631.590  
 D.A. = -7.500  
 K = 20.000



**PERFIL LONGITUDINAL**  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
 ESCALA VERTICAL 1:250

TRAMO 1



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD DE INGENIERIA Y  
 ARQUITECTURA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:  
 CAMINO VECINAL QUE CONDUCE  
 DE LA COMUNIDAD EL ROSAT AL  
 CANTON LOS LLANITOS

UBICACION:  
 MUNICIPIO DE AYUTUXTEPEQUE,  
 DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR

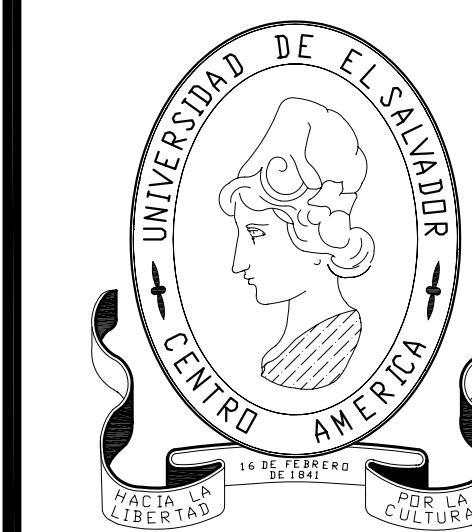
PRESENTAN:  
 ALEXANDER ANTONIO FERRUFINO ALVAREZ  
 VICTOR MANUEL IZAGUIRRE RODRIGUEZ

DOCENTES DIRECTORES:  
 ING. JORGE OSWALDO, RIVERA FLORES  
 (COORDINADOR)  
 ING. MAURICIO ERNESTO, VALENCIA

CONTENIDO:  
 ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y  
 ALINEAMIENTO VERTICAL  
 EN EL TRAMO ENTRE LOS  
 ESTACIONAMIENTOS  
 0+840.0 AL 1+680.0

ESCALA:  
 INDICADAS

FECHA:  
 MARZO DE 2005

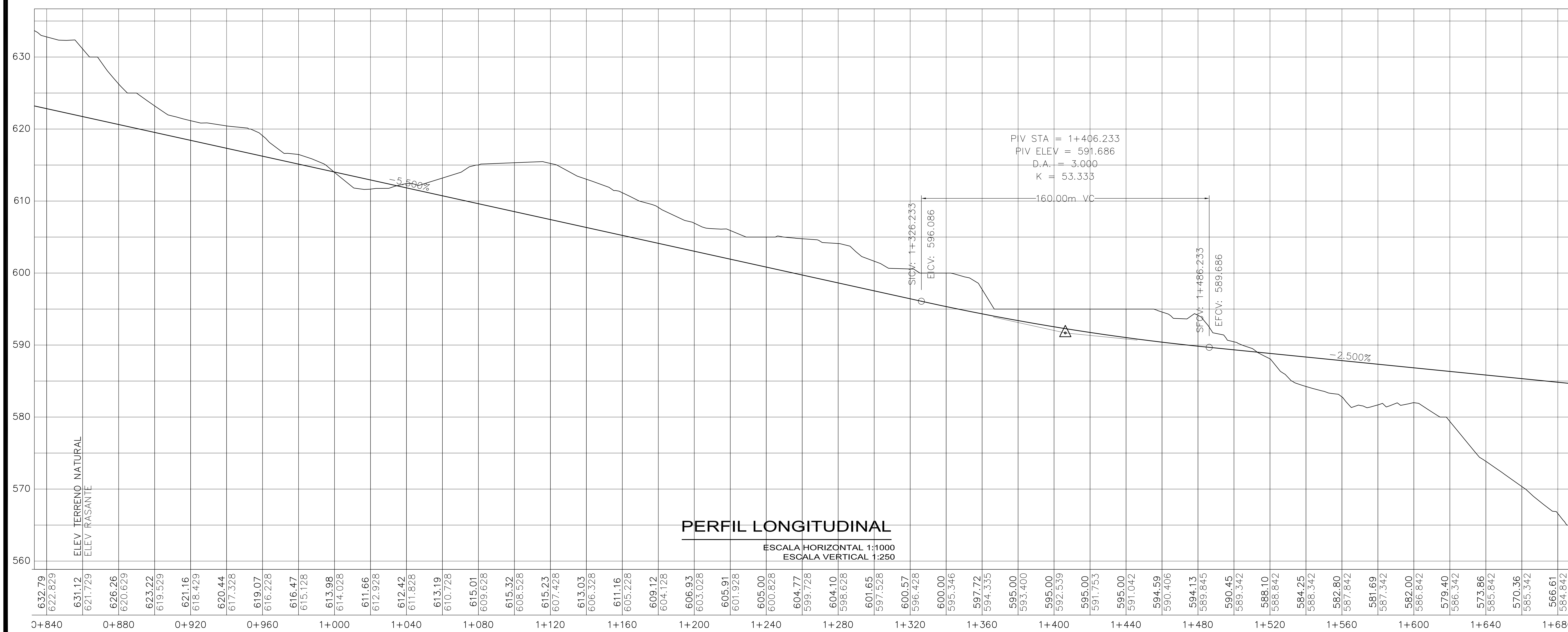
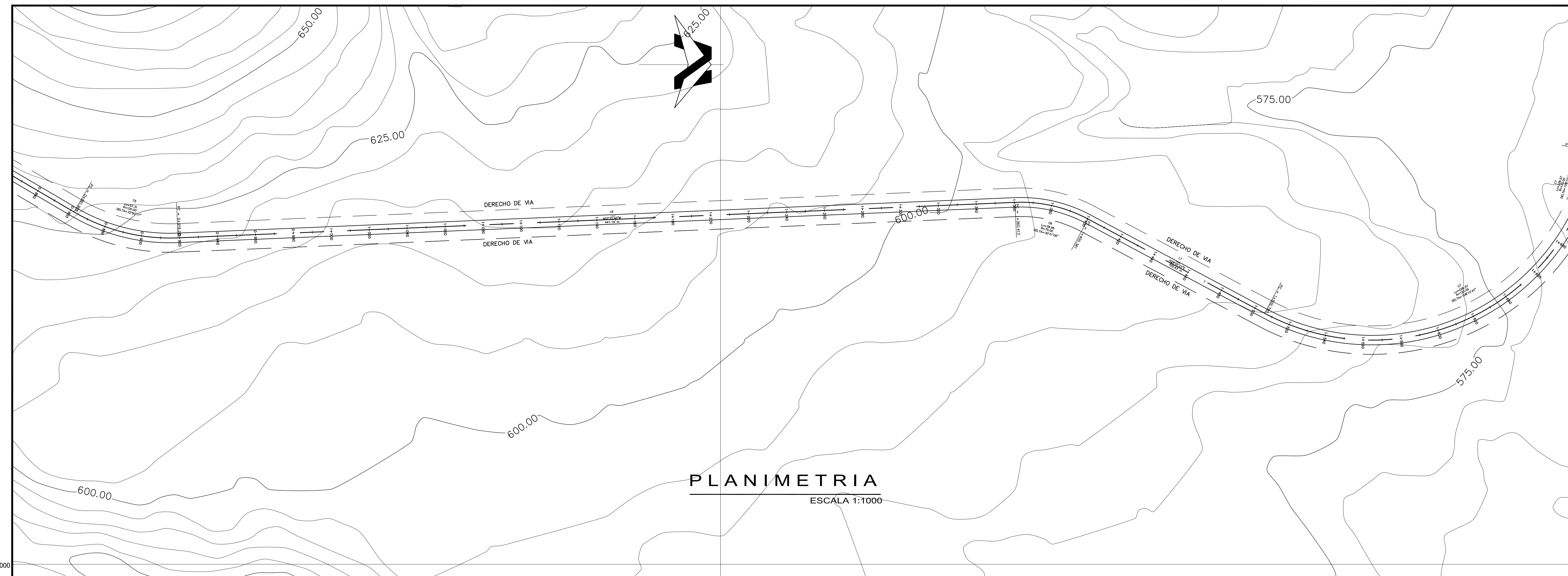
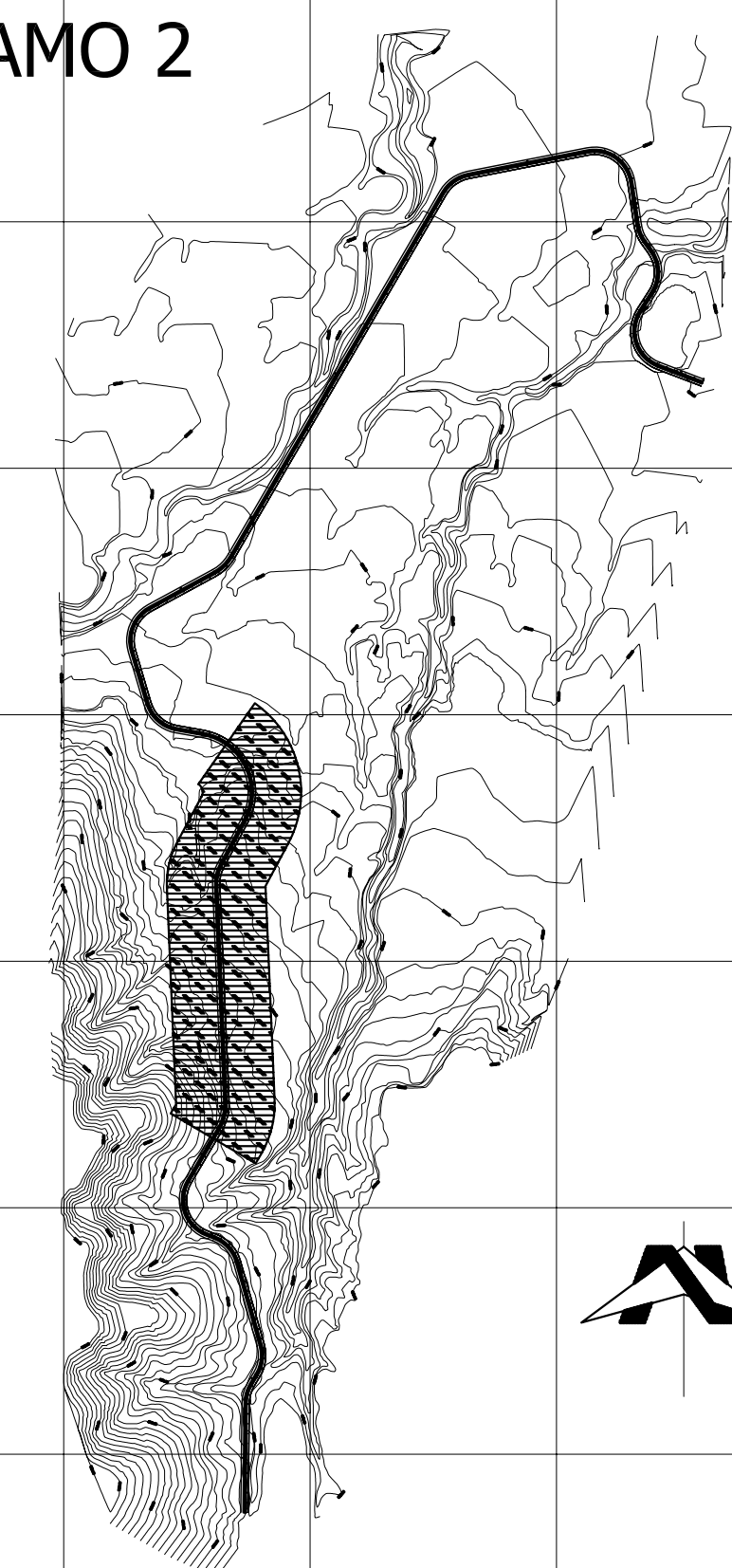


HOJA:

2

5

TRAMO 2





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD DE INGENIERIA Y  
 ARQUITECTURA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:  
 CAMINO VECINAL QUE CONDUCE  
 DE LA COMUNIDAD EL ROSAT AL  
 CANTON LOS LLANITOS

UBICACION:  
 MUNICIPIO DE AYUTUXTEPEQUE,  
 DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR

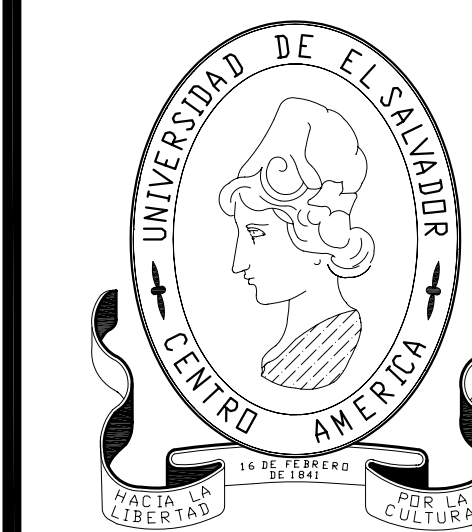
PRESENTAN:  
 ALEXANDER ANTONIO FERRUFINO ALVAREZ  
 VICTOR MANUEL IZAGUIRRE RODRIGUEZ

DOCENTES DIRECTORES:  
 ING. JORGE OSWALDO, RIVERA FLORES  
 (COORDINADOR)  
 ING. MAURICIO ERNESTO, VALENCIA

CONTENIDO:  
 ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y  
 ALINEAMIENTO VERTICAL  
 EN EL TRAMO ENTRE LOS  
 ESTACIONAMIENTOS  
 1+680.0 AL 2+500.0

ESCALA:  
 INDICADAS

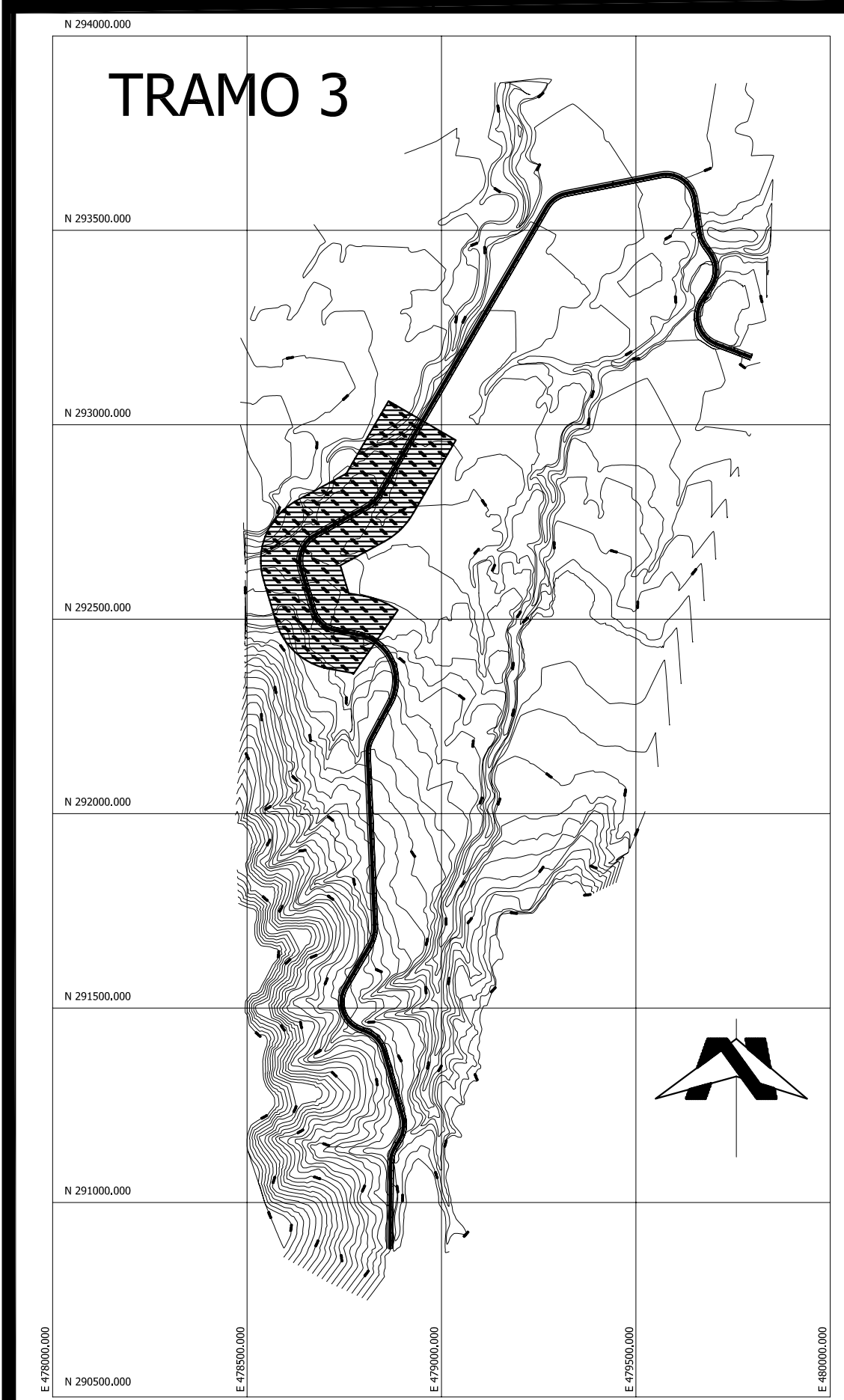
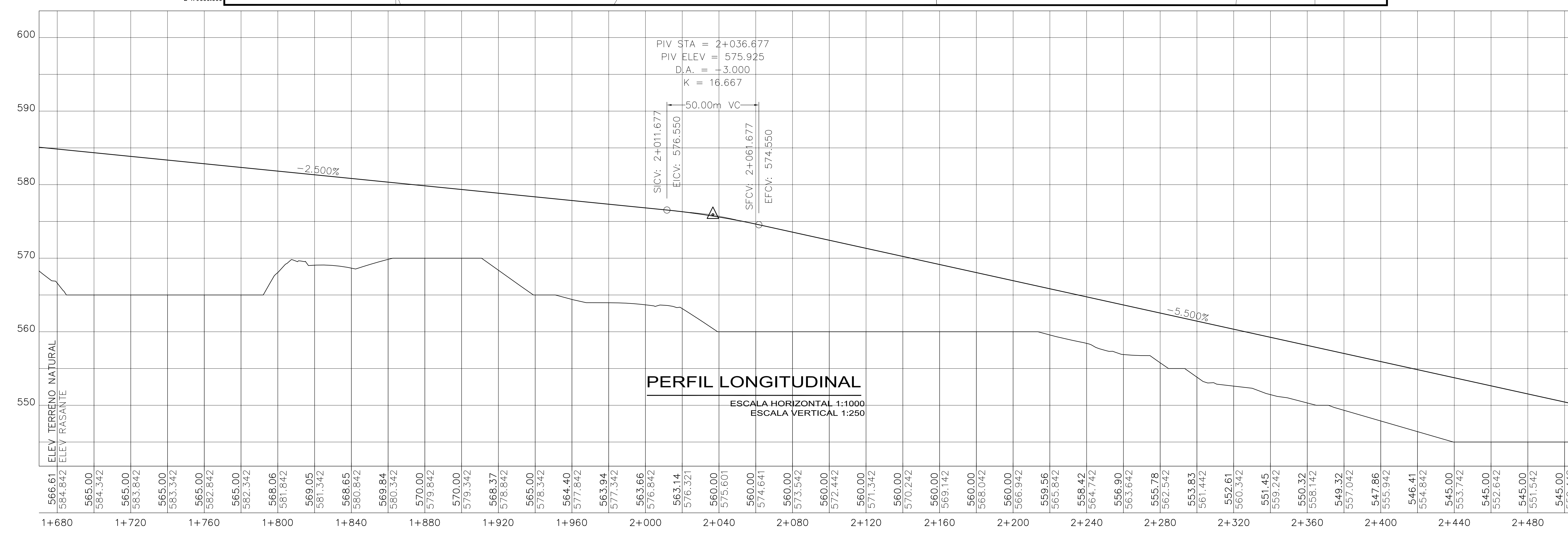
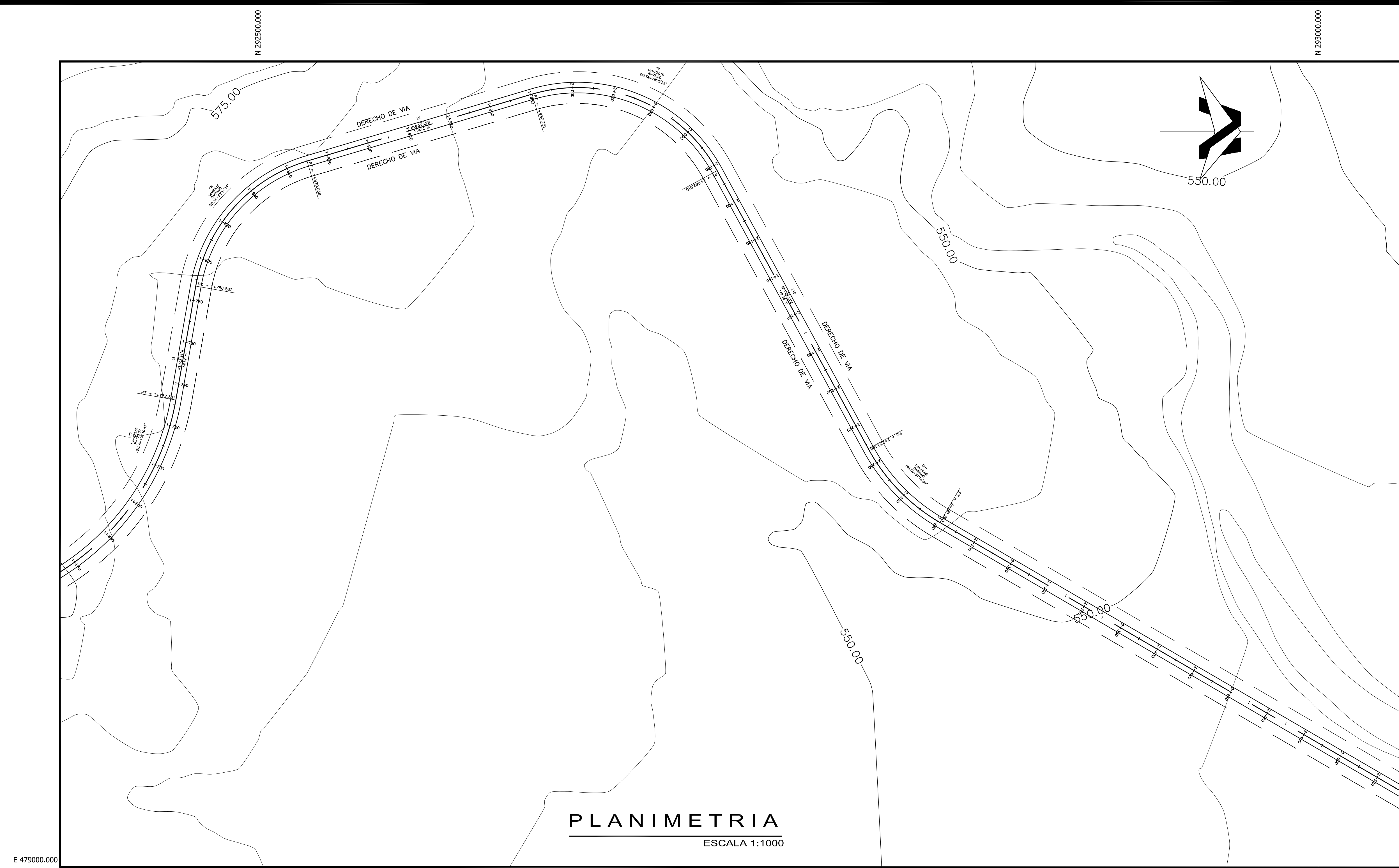
FECHA:  
 MARZO DE 2005



HOJA:

3

5





PROYECTO:  
 CAMINO VECINAL QUE CONDUCE  
 DE LA COMUNIDAD EL ROSAT AL  
 CANTON LOS LLANITOS

UBICACION:  
 MUNICIPIO DE AYUTUXTEPEQUE,  
 DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR

PRESENTAN:  
 ALEXANDER ANTONIO FERRUFINO ALVAREZ  
 VICTOR MANUEL IZAGUIRRE RODRIGUEZ

DOCENTES DIRECTORES:  
 ING. JORGE OSWALDO, RIVERA FLORES  
 (COORDINADOR)  
 ING. MAURICIO ERNESTO, VALENCIA

CONTENIDO:  
 ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y  
 ALINEAMIENTO VERTICAL  
 EN EL TRAMO ENTRE LOS  
 ESTACIONAMIENTOS  
 2+520.0 AL 3+240.0

ESCALA:  
 INDICADAS

FECHA:  
 MARZO DE 2005



HOJA:

4

5

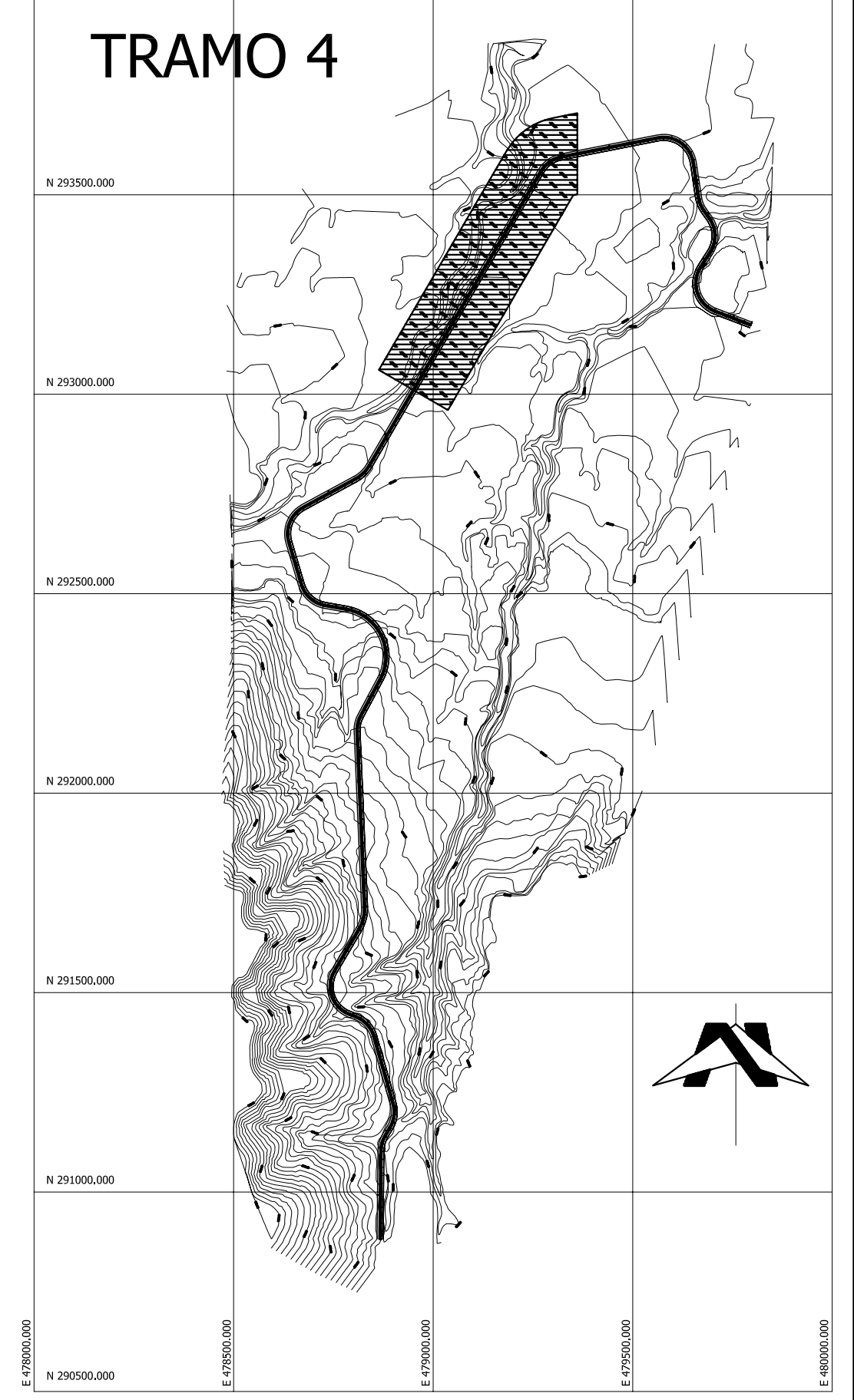
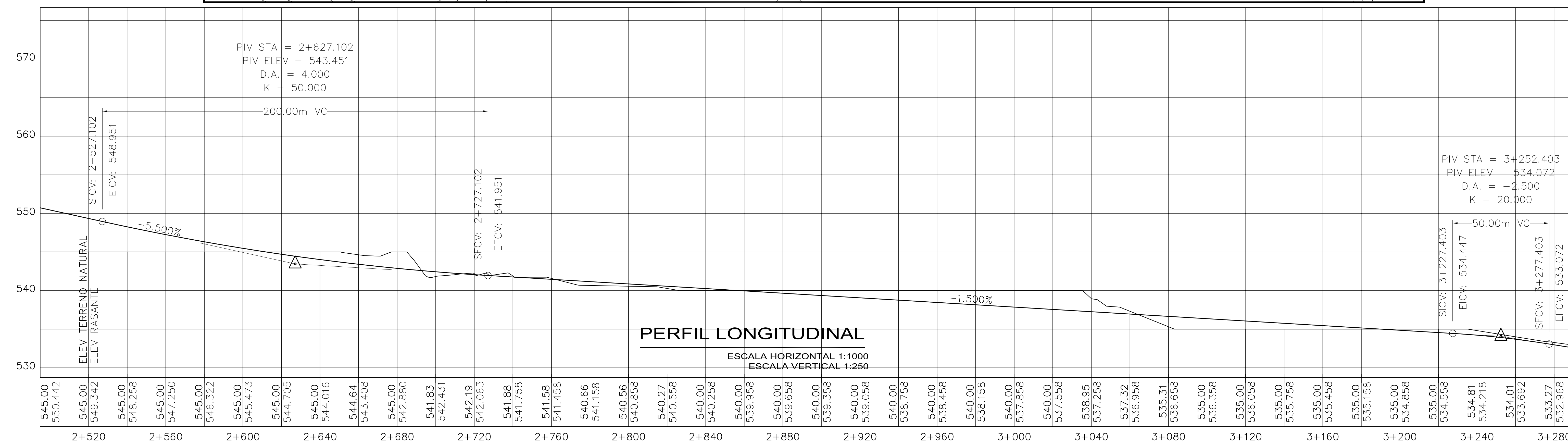
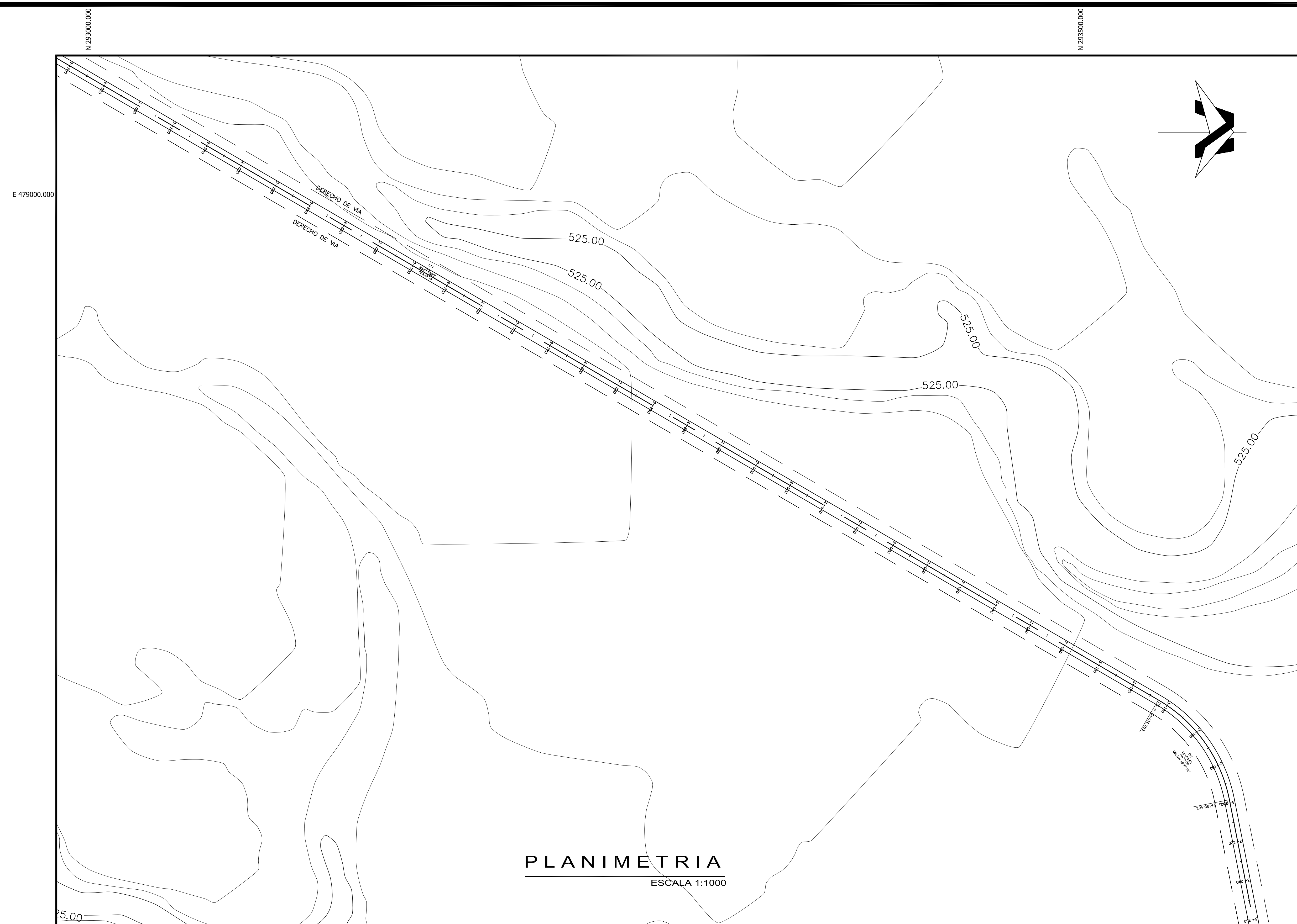
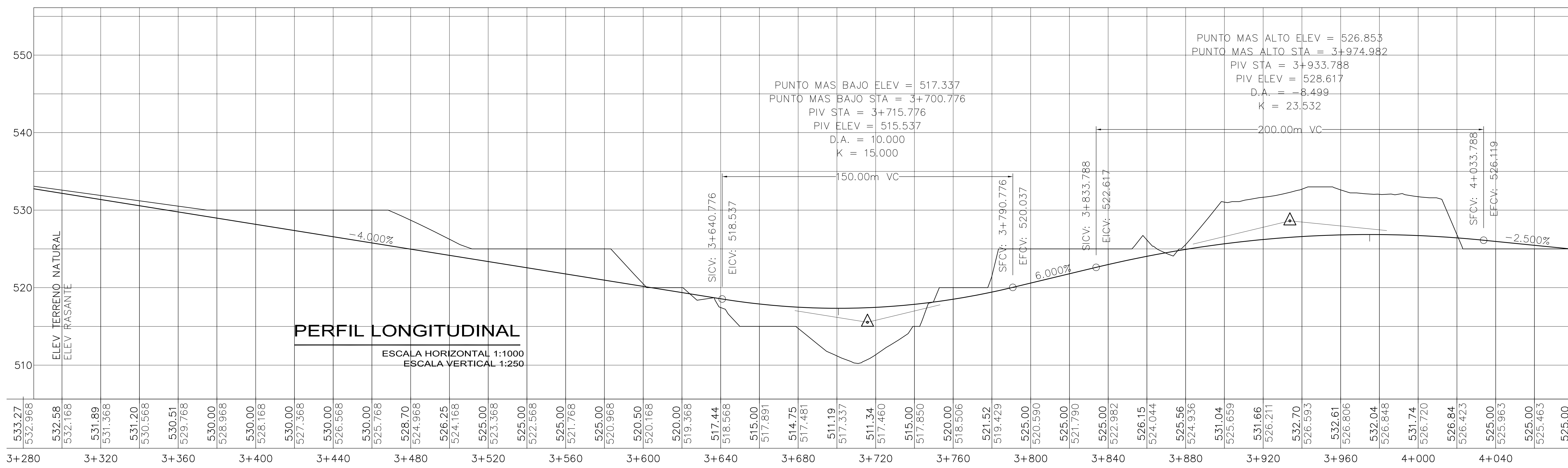
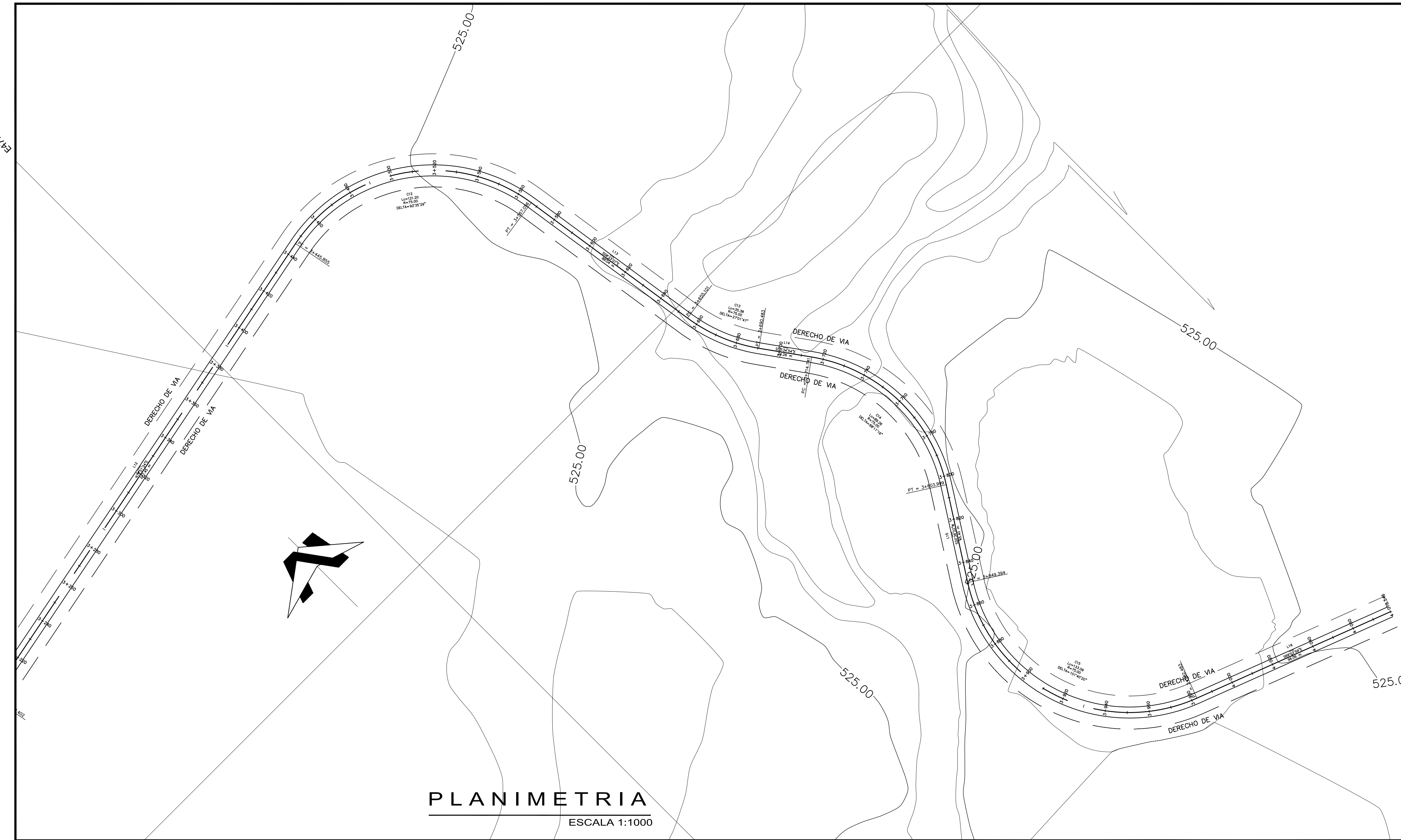


TABLA DE TANGENTES		
LINEA	LONGITUD	RUMBO
L1	221.57	N00°34'34"E
L2	24.07	N30°47'13"E
L3	175.90	N15°53'29"W
L4	16.94	N69°09'58"W
L5	122.70	N30°24'33"E
L6	441.19	N02°25'43"W
L7	105.43	N28°05'23"E
L8	54.52	N80°05'24"W
L9	110.72	N16°33'50"W
L10	149.28	N61°28'33"E
L11	853.49	N30°13'58"E
L12	247.45	N78°51'24"E
L13	88.04	S08°33'07"E
L14	24.26	S35°34'54"E
L15	45.40	S32°36'22"W
L16	96.06	S69°03'59"E

TABLA DE CURVAS HORIZONTALES			
CURVA	LONGITUD	RADIO	DELTA
C1	39.55	75.00	30°12'39"
C2	61.10	75.00	46°40'42"
C3	69.74	75.00	53°16'29"
C4	130.34	75.00	99°34'32"
C5	57.31	100.00	32°50'17"
C6	39.95	75.00	30°31'06"
C7	226.57	120.00	108°10'47"
C8	83.16	75.00	63°31'34"
C9	102.15	75.00	78°02'23"
C10	49.08	90.00	31°14'36"
C11	63.65	75.00	48°37'26"
C12	121.20	75.00	92°35'29"
C13	35.38	75.00	27°01'47"
C14	89.26	75.00	68°11'16"
C15	133.09	75.00	101°40'20"

TABLA DE ABREVIATURAS Y SIGNIFICADOS	
ABREVIATURA	SIGNIFICADO
SICV	ESTACIONAMIENTO INICIAL DE CURVA VERTICAL
EICV	ELEVACION INICIAL DE CURVA VERTICAL
SFCV	ESTACIONAMIENTO FINAL DE CURVA VERTICAL
EFCV	ELEVACION FINAL DE CURVA VERTICAL
PUNTO MAS BAJE ELEV	ELEVACION DE PUNTO MAS BAJE DE CURVA VERTICAL
PUNTO MAS BAJE STA	ESTACIONAMIENTO DE PUNTO MAS BAJE DE CURVA VERTICAL
PIV STA	ESTACIONAMIENTO DE PUNTO DE INTERSECCION DE TANGENTES VERTICALES
PIV ELEV	ELEVACION DE PUNTO DE INTERSECCION DE TANGENTES VERTICALES



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:  
CAMINO VECINAL QUE CONDUCE  
DE LA COMUNIDAD EL ROSAT AL  
CANTON LOS LLANITOS

UBICACION:  
MUNICIPIO DE AYUTUXTEPEQUE,  
DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR

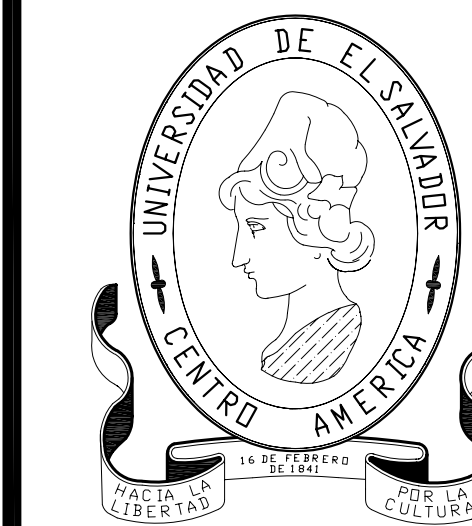
PRESENTAN:  
ALEXANDER ANTONIO FERRIFINO ALVAREZ  
VICTOR MANUEL IZAGUIRRE RODRIGUEZ

DOCENTES DIRECTORES:  
ING. JORGE OSWALDO, RIVERA FLORES  
(COORDINADOR)  
ING. MAURICIO ERNESTO, VALENCIA

CONTENIDO:  
ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y  
ALINEAMIENTO VERTICAL  
EN EL TRAMO ENTRE LOS  
ESTACIONAMIENTOS  
3+240.0 AL 4+078.0

ESCALA:  
INDICADAS

FECHA:  
MARZO DE 2005



HOJA:  
5  
5

