



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**PROPUESTA DE CÁLCULO DE VOLÚMENES DE
TRABAJO PARA CONTROL DE OBRA PARA
CARRETERAS, POR MEDIO DE AUTODESK LAND
DESKTOP**

Williams Eduardo Palencia Andrino

Asesorado por el Ingeniero Armando Fuentes Roca

Guatemala, febrero de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE CÁLCULO DE VOLÚMENES DE
TRABAJO PARA EL CONTROL DE OBRA PARA
CARRETERAS, POR MEDIO DE AUTODESK LAND
DESKTOP**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

WILLIAMS EDUARDO PALENCIA ANDRINO

ASESORADO POR EL ING. ARMANDO FUENTES ROCA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|--------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| VOCAL I | Inga. Glenda Patricia García Soria |
| VOCAL II | Inga. Alba Maritza Guerrero de López |
| VOCAL III | Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón |
| VOCAL IV | Br. Luis Pedro Ortíz de León |
| VOCAL V | Br. José Alfredo Ortíz Herincx |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|--------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| EXAMINADOR | Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila |
| EXAMINADOR | Ing. Marco Antonio García Díaz |
| EXAMINADOR | Ing. Carlos Salvador Gordillo García |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los aspectos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA DE CÁLCULO DE VOLÚMENES DE
TRABAJO PARA EL CONTROL DE OBRA PARA
CARRETERAS, POR MEDIO DE AUTODESK LAND
DESKTOP,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 30 de septiembre de 2008.



Williams Eduardo Palencia Andrino

Guatemala, 21 de Julio de 2009

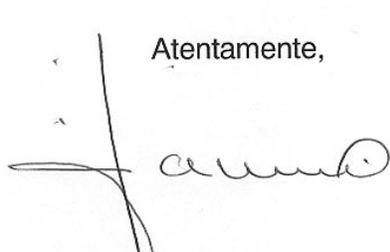
Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Director de Escuela Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Estimado Ingeniero

Por este medio me permito informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DE CALCULO DE VOLUMENES DE TRABAJO PARA EL CONTROL DE OBRA PARA CARRETERAS POR MEDIO DE AUTODESK LAND DESKTOP** el cual cumple con los objetivos trazados, desarrollado por el estudiante universitario **Williams Eduardo Palencia Andrino**, de la carrera de ingeniería civil.

Por lo anterior, agradezco de antemano la atención que le sirvan prestar a la presente.

Atentamente,



Handwritten signature of Armando Fuentes Roca, consisting of a stylized 'A' followed by 'rmando'.

Ing. Armando Fuentes Roca
Colegiado No. 2999
Asesor

ARMANDO FUENTES ROCA
Ingeniero Civil
Col. 2999

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Guatemala,
10 de noviembre de 2009

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **PROPUESTA DE CÁLCULO DE VOLÚMENES DE TRABAJO PARA EL CONTROL DE OBRA PARA CARRETERAS POR MEDIO DE AUTODESK LAND DESKTOP**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Williams Eduardo Palencia Andrino, quien contó con la asesoría del Ing. Armando Fuentes Roca.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC


Ing. Fernando Amílcar Boiton Velásquez
Coordinador del Área de Topografía y Transportes

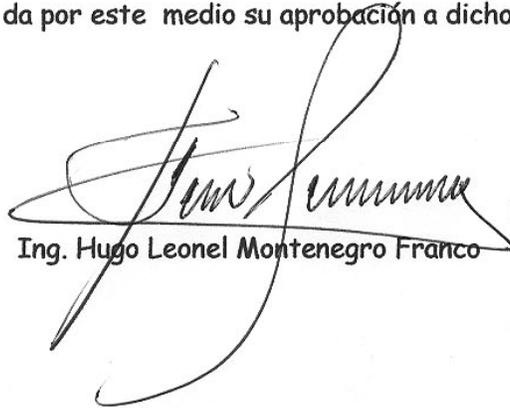
/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Armando Fuentes Roca y del Coordinador del Área de Topografía y Transportes, Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez, al trabajo de graduación del estudiante Williams Eduardo Palencia Andrino, titulado PROPUESTA DE CÁLCULO DE VOLÚMENES DE TRABAJO PARA CONTROL DE OBRA PARA CARRETERAS, POR MEDIO DE AUTODESK LAND DESKTOP, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, enero de 2010

/bbdeb.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.047.2010

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE CÁLCULO DE VOLÚMENES DE TRABAJO PARA CONTROL DE OBRA PARA CARRETERAS, POR MEDIO DE AUTODESK LAND DESKTOP,** presentado por el estudiante universitario **Williams Eduardo Palencia Andrino,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, febrero de 2010



/gdech

AGRADECIMIENTOS A:

- DIOS** Por darme infinitas bendiciones a lo largo de mi vida y ayudarme a seguir adelante a pesar de cualquier obstáculo.
- Mi familia** Mi esposa Elisa Agustín, que con su amor manifestado de muchas maneras particularmente en su insistente paciencia y entendimiento y a mi hijita querida Melisa Fernanda, quien es una gran motivación para seguir adelante.
- Eduardo Palencia y Dora Andrino** Queridos y amados padres, de quienes he recibido el mejor ejemplo de lucha para enfrentar la vida.
- Familias** Ramírez Agustín, Gudiel Duque, Gómez de la Guardia, por brindarme su amistad.
- Ingenieros** Armando Fuentes Roca y Jorge Arévalo Valdez, por su apoyo y gran experiencia profesional brindada durante el proceso de este trabajo de graduación.

ACTO QUE DEDICO A:

| | |
|---------------------|---|
| DIOS | Por ser el amigo que nunca falla. |
| MI ESPOSA | Por su gran apoyo incondicional y a mi querida hija |
| MIS PADRES | Por estar a mi lado para apoyarme. |
| MIS HERMANOS | David Estuardo Palencia, Hugo Armando Palencia y Claudia Marisol de la Guardia, por apoyarme en todo momento. |
| MIS AMIGOS | Ronal Gudiel, Olga López, Jorge García, muy agradecido por su valiosa amistad y especialmente a Lorena Ramírez, por su ayuda incondicional durante tantos años. |

MI FAMILIA EN GENERAL

LA FACULTAD DE INGENIERÍA

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

TODOS LOS QUE COMPARTIERON ESTE TRIUNFO CONMIGO

QUE DIOS Y LA VIRGEN LES BENDIGA

ÍNDICE GENERAL

| | |
|-------------------------------------|-------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | VII |
| GLOSARIO | XI |
| RESUMEN | XIX |
| OBJETIVOS | XXI |
| INTRODUCCIÓN | XXIII |
| | |
| 1. CONCEPTOS TOPOGRÁFICOS | 1 |
| 1.1. Levantamientos topográficos | 2 |
| 1.2. Planimetría | 3 |
| 1.2.1. Levantamientos | 3 |
| 1.2.2. Poligonal abierta | 3 |
| 1.2.3. Poligonal cerrada | 3 |
| 1.2.4. Datos geométricos | 6 |
| 1.2.4.1. Acimutes | 4 |
| 1.2.4.2. Rumbos | 5 |
| 1.2.4.3. Ángulos | 6 |
| 1.2.4.3.1 Ángulos horizontales | 6 |
| 1.2.4.3.2 Ángulos verticales | 6 |
| 1.2.4.3.3 Ángulos interiores | 6 |
| 1.2.4.6. Unidades de medida angular | 8 |

| | | |
|------------|--|----|
| 1.2.4.6.1. | Radian | 8 |
| 1.2.4.6.2. | División sexagesimal | 8 |
| 1.2.4.6.3. | División centesimal | 9 |
| 1.2.5. | Distancias | 10 |
| 1.2.5.1. | Distancias directas | 10 |
| 1.2.5.2. | Distancias indirectas | 10 |
| 1.2.6. | Teoría de errores | 11 |
| 1.2.6.1. | Error material | 12 |
| 1.2.6.2. | Error real | 13 |
| 1.2.6.3. | Error sistemático | 13 |
| 1.2.6.4. | Error accidental o fortuito | 14 |
| 1.2.6.5. | Comparación entre los errores sistemáticos y fortuitos | 15 |
| 1.2.6.6. | Errores groseros | 17 |
| 1.2.6.7. | Errores y tolerancias | 18 |
| 1.2.7. | Errores en medición con cinta | 19 |
| 1.2.7.1. | Error por temperatura | 20 |
| 1.2.7.2. | Corrección por tensión | 21 |
| 1.2.7.3. | Corrección por catenaria | 21 |
| 1.2.7.4. | Corrección combinada | 23 |
| 1.3. | Altimetría | 23 |
| 1.3.1. | Nivelación | 23 |
| 1.3.1.1. | Nivelación diferencial | 24 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1.3.1.2. | Micrómetro de laminas de caras paralelas (anteojo de caras paralelas) | 25 |
| 1.3.1.3. | Errores por nivelación | 26 |
| 1.3.1.4. | Errores accidentales | 26 |
| 1.3.1.5. | Errores por reverberación | 26 |
| 1.3.2. | Taquimetría | 27 |
| 1.3.2.1. | Taquímetro electro óptico | 27 |
| 2. | MOVIMIENTO DE TIERRAS USANDO EL MÉTODO TRADICIONAL | 29 |
| 2.1. | Alineamiento horizontal | 29 |
| 2.2. | Calculo de perfil longitudinal | 29 |
| 2.3. | Línea de subrasante | 31 |
| 2.4. | Calculo de sección transversal | 34 |
| 3. | MOVIMIENTO DE TIERRAS POR MEDIO DE AUTODESK LAND DESKTOP | 35 |
| 3.1. | Generalidades | 36 |
| 3.2. | Descripción del programa Autodesk Land Desktop | 37 |
| 3.3. | Calculo de volúmenes | 38 |
| 3.4. | Método para configurar el programa | 38 |
| 3.5. | Alineamiento horizontal | 41 |
| 3.5.1. | Definición de alineamiento | 41 |
| 3.5.2. | Creación de tangentes y curvas | 42 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 3.5.3. | Rotulado del alineamiento | 45 |
| 3.6. | Importar puntos al programa | 48 |
| 3.7. | Modelamiento digital de terrenos: Menú "Terrain" | 53 |
| 3.7.1. | Modelamiento digital de un terreno | 54 |
| 3.8. | Curvas de nivel | 59 |
| 3.8.1. | Programa para interpolar curvas | 59 |
| 3.9. | Perfil | 62 |
| 3.9.1. | Línea de subrasante | 67 |
| 3.10 | Secciones transversales | 71 |
| 3.11 | Tabla de volúmenes | 74 |
| 3.12 | Ejemplo Practico | |
| 3.12.1. | Cálculo de volúmenes | |
| 3.12.1.1. | Libreta de topográfica | 78 |
| 3.12.1.2. | Ingreso de topografía | 79 |
| 3.12.1.3. | Interpolación de topografía | 80 |
| 3.12.1.4. | Curvas de nivel | 82 |
| 3.12.1.5. | Alineamiento horizontal | 83 |
| 3.12.1.6. | Perfil de carretera | 84 |
| 3.12.1.7. | Niveles de subrasante | 85 |
| 3.12.1.8. | Secciones transversales | 86 |
| 3.12.1.9. | Sección típica | 88 |
| 3.12.1.10 | Movimiento de tierras | 90 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 3.12.1.11 | Planilla final de volúmenes | 91 |
| 4. | CONCEPTOS GENERALES SEGÚN LA DIRECCION GENERAL DE CAMINOS DGC | 91 |
| 4.1. | Definiciones | 92 |
| 4.1.1. | Excavación no clasificada | 92 |
| 4.1.2. | Excavación no clasificada de desperdicio | 92 |
| 4.1.3. | Excavación no clasificada para préstamo | 93 |
| 4.1.4. | Sub excavación (material inapropiado) | 93 |
| 4.1.5. | Remoción y prevención de derrumbes | 94 |
| 4.2. | Requisitos de construcción | |
| 4.2.1. | Renglones de trabajo | 95 |
| 4.2.1.1. | Excavación | 96 |
| 4.2.1.2. | Excavación no clasificada | 97 |
| 4.2.1.3. | Excavación de desperdicio | 98 |
| 4.2.1.4. | Excavación para préstamo | 99 |
| 4.2.1.5. | Sub excavación (inapropiado) | 100 |
| 4.2.1.6. | Remoción y prevención | 101 |
| 4.2.1.7. | Cortes en roca | 101 |
| | CONCLUSIONES | 103 |
| | RECOMENDACIONES | 105 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 107 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|---------------------------------------|----|
| 1. | Medición de acimutes. | 2 |
| 2. | Rumbos y cuadrantes. | 5 |
| 3. | Medición de distancias | 10 |
| 4. | Sección transversal | 34 |
| 5. | Cálculo de sección | 35 |
| 6. | Comando de creación de proyectos | 38 |
| 7. | Nombre de proyectos | 39 |
| 8. | Configuración de proyecto | 39 |
| 9. | Configuración del dibujo | 40 |
| 10. | Configuración de unidades de medida | 41 |
| 11. | Configuración de capas | 42 |
| 12. | Configuración de alineamientos | 43 |
| 13. | Definición de nombre del alineamiento | 43 |
| 14. | Propiedades de curva | 44 |
| 15. | Ruta configuración de etiquetas | 45 |
| 16. | Configuración de etiquetas | 46 |
| 17. | Eje central del proyecto | 47 |
| 18. | Ruta configuración de puntos | 48 |

| | | |
|-----|---|----|
| 19. | Propiedades de configuración para importar puntos | 49 |
| 20 | Ruta para importar puntos | 50 |
| 21 | Ventana para importar puntos | 50 |
| 22 | Libreta de topografía digital | 51 |
| 23 | Vista de puntos importados al programa | 52 |
| 24 | Ruta para ver el menú de terreno | 53 |
| 25 | Ruta para crear una superficie | 54 |
| 26 | Creación de una superficie | 55 |
| 27 | Superficie creada para modelo digital | 56 |
| 28 | Propiedades de la superficie | 57 |
| 29 | Propiedades de la superficie | 57 |
| 30 | Ruta para importar líneas en tres dimensiones | 58 |
| 31 | Ruta para crear curvas de nivel | 60 |
| 32 | Cuadro de dialogo para configuración de curvas | 61 |
| 33 | Curvas de nivel | 62 |
| 34 | Ruta para configurar perfiles | 63 |
| 35 | Ventana de configuración de perfiles | 64 |
| 36 | Ruta para dibujar perfiles | 64 |
| 37 | Ventana de configuración de escala | 66 |
| 38 | Ruta para crear tangentes en perfil vertical | 67 |
| 39 | Ruta para crear curvas verticales | 68 |
| 40 | Diseño de curvas verticales | 68 |

| | | |
|----|---|----|
| 41 | Ruta para definir la subrasante | 69 |
| 42 | Ruta para definir curvas verticales | 70 |
| 43 | Perfil | 71 |
| 44 | Ruta para dibujar una sección para carretera | 72 |
| 45 | Ruta para definir la sección para carretera | 73 |
| 46 | Sección transversal | 74 |
| 47 | Ruta para crear la tabla de volúmenes | 75 |
| 48 | Libreta de topografía | 79 |
| 49 | Grupo de puntos importados | 80 |
| 50 | Interpolación de puntos topográficos | 81 |
| 51 | Curvas de nivel | 83 |
| 52 | Alineamiento horizontal | 84 |
| 53 | Perfil de terreno natural | 85 |
| 54 | Perfil de terreno natural y línea de subrasante | 86 |
| 55 | Sección transversal | 87 |
| 56 | Sección transversal | 88 |
| 57 | Sección típica | 89 |
| 58 | Sección típica | 90 |

TABLAS

| | | |
|------|--|----|
| I. | Tabla de nivelación para obtener un perfil | 31 |
| II. | Volúmenes de movimiento de tierras | 76 |
| III. | Tabla de movimiento de tierras | 91 |

GLOSARIO

| | |
|--|---|
| <i>Alignments</i> (Alineamiento) | Es un módulo de Autodesk Land Desktop en el que se guardan todos los ejes de carretera que sean creados dentro del programa. |
| Comando | Instrucción que al ser ejecutada realiza un proceso. |
| <i>Cross section</i> (Sección transversal) | Este comando es útil para la creación de secciones a todo lo largo del eje de la carretera. |
| <i>Design control</i> (Control de diseño) | Este comando nos ayudara a definir la sección típica que se utilizará y el tipo de talud, además nos permite indicar el kilometraje entre los cuales será válida la definición. |
| <i>Design</i> (Diseño) | Módulo de civil survey (topografía civil) que cubre las áreas de diseño de alineamientos horizontales, alineamientos verticales, perfiles, secciones transversales y cálculo de volúmenes de movimiento de tierras. |
| DTM (Modelo de terreno digital) | Es un módulo de Autodesk Land desktop en el cual se pueden guardar superficies y curvas de nivel. |
| <i>Entity</i> (Entidad) | Es cualquier objeto dibujado, puede ser línea, polilínea, arco o una combinación de éstos. |
| <i>Export</i> (Exportar) | Envía o exporta archivos creados dentro de Autodesk Land |

desktop hacia otros programas.

Import (Importar) Permite importar y visualizar archivos creados en otros programas.

Labels
(Etiquetas) Son etiquetas o anotaciones que se crean para identificar estacionamientos en el alineamiento de la carretera.

Profiles (Perfiles) Módulo útil para creación de perfiles de terreno, donde se establecen kilometrajes de inicio y final del proyecto, además nos permite establecer cotas de referencia para el perfil.

Programa En adelante se abreviara la frase “Autodesk Land desktop” por la palabra programa.

Talud Son cortes de terreno hechos por la ampliación de las carreteras. Que son únicamente en secciones de corte.

Tangents
(Tangentes) Gráficas que se pueden apreciar al ver un perfil longitudinal del terreno, con su subrasante ya diseñada.

Template
(plantilla) Este comando es útil para dibujar la plantilla o sección típica de la carretera, colocándole los anchos que deberá llevar y los bombeos que se consideraron en el diseño.

Terrain (Terreno) Esta opción nos permite crear un modelo de terreno con la

información que el topógrafo proporciona de campo. Además nos permite estudiar y conocer mejor el terreno modelado analizando sus elevaciones y pendientes.

| | |
|--|---|
| <i>Vertical curves</i> (Curvas verticales) | Comando que permite por medio de selección de íconos dibujar curvas verticales en perfiles de carreteras. |
| <i>Project</i> | Comando utilizado para la creación de un proyecto. |
| <i>Reassociate drawing</i> | Aplicación definida para asociación de un dibujo dentro del programa. |
| <i>Create Project</i> | Es útil para la creación de proyectos. |
| <i>Layer</i> | Capa. |
| <i>New</i> | Nuevo. |
| <i>Fillet</i> | Corte. |
| <i>Alignment</i> | Alineamiento. |
| <i>Define from polyline</i> | Definir como polilínea. |

| | |
|--|--|
| <i>Station labels settings</i> | Configuración de etiquetas. |
| <i>Station labels</i> | Etiquetas de estacionamientos. |
| <i>Station points labels</i> | Etiqueta en puntos específicos del alineamiento. |
| <i>Perpendicular labels</i> | Etiquetas perpendiculares. |
| <i>Station read along road</i> | Lectura de etiquetas a lo largo del eje. |
| <i>Plus sign localization</i> | Localización de etiquetas. |
| <i>Station labels increment</i> | Separación entre etiquetas. |
| <i>Station tick increment</i> | Separadores intermedios |
| <i>Create</i> | Crear. |
| <i>Points</i> | Puntos. |
| <i>Points settings</i> | Configuración de puntos. |
| <i>Insert</i> | Insertar. |

| | |
|---|---|
| Marker | Marcador. |
| AutoCAD POINT for marker Import points | Marcas de puntos para autocad. Importar puntos. |
| Civil Design | Diseño Civil. |
| Terrain Terrain Model Explorer Create new surface Points files | Terreno. Explorar modelo de terreno. Crear nueva superficie. Archivos de puntos. |
| Add point from AutoCAD objects Edit Surface | Adicionando puntos de autocad. Editar superficie. |
| Import 3D lines | Importar líneas 3 dimensiones. |
| Create contours | Crear curvas. |
| Surface | Superficie. |
| Set current surface | Colocar superficie en uso |

| | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| Profiles settings | Configuración de perfiles. |
| Values | Valores. |
| Profiles | Perfiles. |
| Station increments | Distancia entre estaciones. |
| Sight distance values | Valores de visualización. |
| Create profiles | Crear perfiles. |
| Full profile | Perfil completo. |
| Station range | Rango de estaciones. |
| Datum elevation entry | Rango de elevaciones. |
| Profile creation parameters | Parámetros para creación de perfil. |
| Left | Izquierdo. |
| Right | Derecho. |
| Create tangets | Crear tangentes |
| Label | Etiqueta |

| | |
|--|--------------------------------------|
| <i>Vertical curves</i> | Curvas verticales |
| <i>Cross Section</i> | Secciones transversales |
| <i>Scale</i> | Escala |
| <i>Draw template</i> | Dibujar plantilla |
| <i>Define template</i> | Definir plantilla |
| <i>Pick finish ground reference point</i> | Punto referencia para plantilla |
| <i>Is template symmetrical</i> | Plantilla simetrica |
| <i>Select template surface</i> | Selección de planilla para superfice |
| <i>Datum number</i> | Elevación inicial |
| <i>Save template</i> | Guardar plantilla |
| <i>total volumen output</i> | Volumen total de la producción |
| <i>Volumen table</i> | Tabla de volumen |

RESUMEN

El presente trabajo de graduación orienta al profesional y al estudiante de ingeniería civil al proceso de cálculo para la determinación de cantidades de trabajo para un proyecto de vías terrestres, en la actualidad los programas que existen son herramientas de suma importancia para el nivel competitivo que actualmente se vive en Guatemala, y este caso no es la excepción, ya que se basa en un programa muy completo y eficaz para el cálculo de volúmenes de trabajo para el control de obras, y en nuestro caso el cálculo que se realiza es el movimiento de tierras, cortes de materiales, rellenos de materiales, etc.

Además de profundizar al respecto de movimiento de tierras, se analizan conceptos topográficos para un mejor entendimiento cuyo objeto es enlazar la información teórica con la práctica.

La importancia de comprender cada uno de los aspectos antes mencionados es para complementar las fases de diseño y ejecución de obra con normas o especificaciones técnicas, cuyo caso en este trabajo de graduación son las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos.

OBJETIVOS

Generales:

1. Que la comunidad de ingeniería civil tenga a la disposición documentos de ayuda para conocer este tipo de proyectos de Control de Obra de carreteras.
2. Que se conozcan métodos para calcular volúmenes relacionados con carreteras.

Específicos:

1. Comprender los conceptos básicos de topografía.
2. Comprender y analizar cada uno de los pasos que se deben realizar para renglones de trabajo de una carretera.
3. Que se comprenda de una manera rápida y sencilla los criterios para la creación de secciones originales de una carretera, y secciones de avance para poder calcular volúmenes de movimiento de tierras.
4. Determinar la diferencia de los distintos tipos de trabajos que se realizan en las excavaciones de una carretera y además conocer los métodos constructivos que existen según la Dirección General de Caminos.

INTRODUCCIÓN

Actualmente se observa como avanza la tecnología de una manera acelerada, en la que se ponen a la disposición de profesionales y estudiantes de la ingeniería civil diversas herramientas para trabajar proyectos con una mejor calidad y exactitud.

Las estaciones totales han revolucionado los métodos de trabajo en la topografía, ya que son muy útiles para transferir información a la computadora y así de esta manera se puede trabajar de una manera rápida y digitalizada.

La idea fundamental de este trabajo es detallar los procedimientos y uso de una herramienta muy útil para cálculo de movimiento de tierras, aclarando a los lectores que únicamente se enfoca este documento en lo que se refiere al cálculo de volúmenes y no al diseño geométrico de carreteras.

El programa Autodesk land desktop, es un programa que consta de varios módulos o herramientas, los cuales abarcan las áreas de geometría y generación de modelos tridimensionales.

Algo muy importante y que no debe descartarse al momento de utilizar la tecnología para desarrollar proyectos de ingeniería civil, es el criterio suficiente que se debe tener para el desarrollo de la cuantificación de movimiento de tierras.

1. CONCEPTOS TOPOGRÁFICOS

Es una de las disciplinas más antiguas, y se puede considerar como la ciencia y arte de determinar las posiciones relativas de puntos situados por encima, sobre y debajo de la superficie terrestre, es decir, conocer los elementos necesarios para localizar un punto en el espacio, estos pueden ser: dos distancias y una elevación; o una distancia, una dirección y una elevación.

Algunas ciencias que auxilian a la topografía son: la geometría plana, la trigonometría plana y la matemática en general, por lo que es indispensable que toda persona que se dedique a la misma, debe tener dominio de estas ciencias, ya que el programa también lo requiere.

Cuando hablamos de topografía, encontramos ante una disciplina de vital importancia en todos los procesos relacionados con la ingeniería en general. Tanto es así que se trata de una asignatura en común en la gran mayoría de carreras técnicas que se estudian en nuestro país. A nadie le pasara desapercibido que en casi cualquier tipo de proyecto o estudio, será necesario disponer de un modelo a escala reducida sobre el que vamos a plasmar nuestras ideas, es decir, a construir. Posteriormente la topografía también será fiel aliada para materializar en el terreno todo aquello que se ha proyectado.

1.1 Levantamientos topográficos

Consiste en determinar y recolectar datos en el campo para construir un plano en el campo donde muestre la configuración de la superficie de la tierra y la situación de los objetos naturales y artificiales.

Para que un levantamiento topográfico sea confiable debe mantenerse un control estricto de calidad y exactitud de los aparatos así como utilizar métodos de levantamientos que permitan comprobar los datos en el mismo lugar y esto es recomendable hacerlo diariamente, lo más común es que se confíe en el aparato que se compro pero al finalizar el día siempre se debe comprobar lo que se hizo y no dejar a la suerte del cierre sino que se debe chequear siempre y si es necesario las veces que sean necesarias diariamente sin dejar de considerar las condiciones atmosféricas y climatológicas.

Uno de los mayores avances ha sido la revolución de la informática y de la electrónica en los últimos años; la combinación de equipos informáticos, e instrumentos topográficos, el desarrollo de avanzados programas de cálculos topográficos; la utilización ya generalizada de estaciones totales que permiten una toma de datos automática con programas de cálculo topográfico y de CAD¹.

Los levantamientos topográficos para su estudio se dividen en distintos tipos: Planimetría o control horizontal, altimetría o control vertical, taquimetría donde se complementan los dos anteriores al mismo tiempo.

1. Diseño Asistido por computadora (Computed Aided Design)

1.2. Planimetría

En este método se determina la posición horizontal de los elementos topográficos, y nos olvidamos de la posición vertical de esos elementos.

1.2.1. Levantamientos

Consiste en determinar y recolectar datos en el campo para construir un plano donde muestre la configuración de la superficie de la tierra y la situación de los objetos naturales y artificiales.

1.2.2. Poligonal abierta

Es aquella poligonal que no tiene control y consta de un conjunto de líneas unidas, y además consiste en determinar en el terreno la configuración y localización de los objetos a lo largo de una línea propuesta donde regularmente se utiliza en carreteras, líneas de transmisión, canales, tuberías, ferrocarril etc., trazando la línea en el terreno y calculando el volumen de terracería.

1.2.3. Poligonal cerrada

La poligonal cerrada es la que tiene control aunque aparentemente es abierta pero si tiene control es cerrada. Además las poligonales cerradas se pueden cerrar sin tomar en cuenta el norte magnético que es el más inexacto.

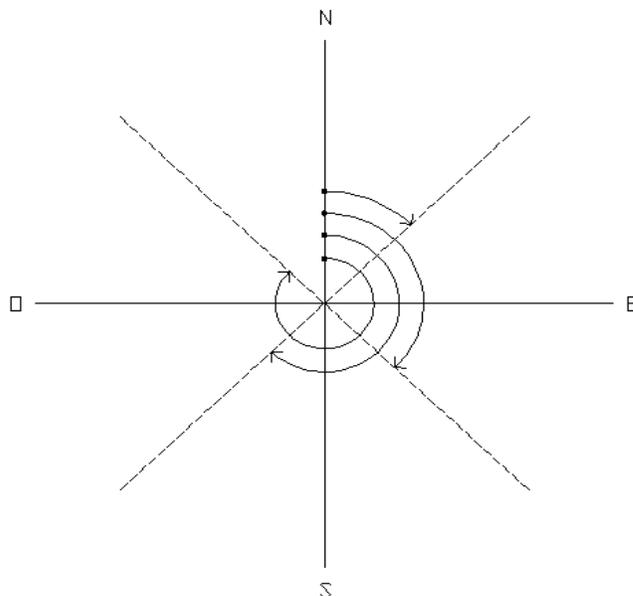
1.2.4. Datos geométricos

La base de todo trabajo topográfico es la medición de distancias y ángulos, estos últimos pueden ser: Acimutes, rumbos, deflexiones, y la selección de los mismos depende del objetivo del levantamiento.

1.2.4.1. Acimutes

Es el ángulo horizontal con las características siguientes: es medido el cero a partir del Norte, se indican solo con un valor numérico, su rango va de cero a 360 grados o de cero a 400g y en sentido horario, además pueden ser verdaderos, magnéticos, arbitrarios, directos e inversos, astronómico (Ver figura 1.).

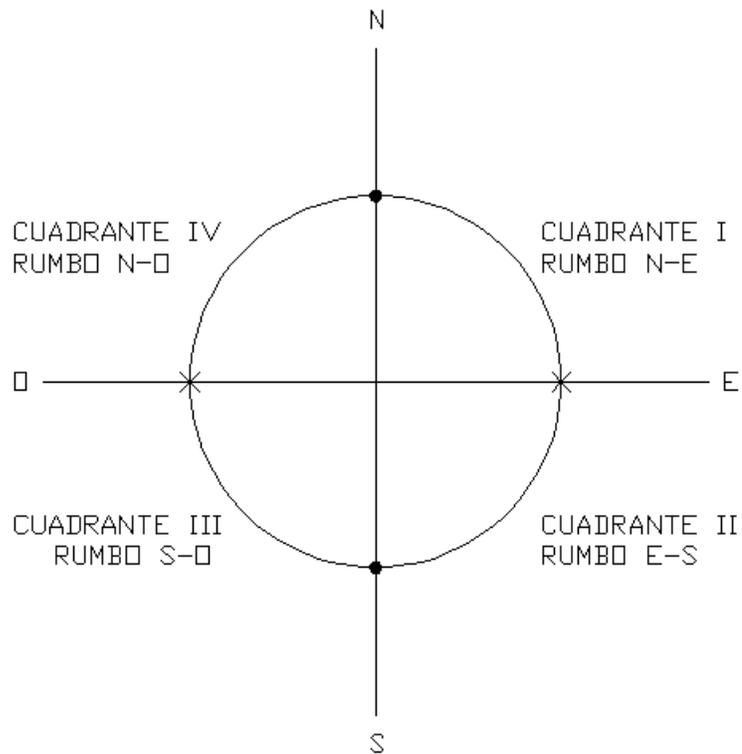
Figura 1. Medición de Acimutes



1.2.4.2. Rumbos

Es el ángulo horizontal que forma una línea recta con el eje vertical y el horizontal, y posee las características siguientes: es medido ya sea desde el norte o desde el sur (según el cuadrante) hacia el oeste o hacia el este y su rango va de cero a 90 grados Ver figura 2.

Figura 2. Rumbos y sus cuadrantes



1.2.4.3. Ángulos

Se denomina ángulo a la sección del plano que queda comprendida entre dos semirrectas que se originan de un mismo punto y están colocadas en dos direcciones.

1.2.4.3.1. Ángulos horizontales

El ángulo horizontal es formado por dos líneas rectas situadas en un plano horizontal, el valor del ángulo horizontal se utiliza para definir la dirección de un alineamiento a partir de una línea que se toma como referencia.

1.2.4.3.2. Ángulos verticales

El ángulo vertical sirve para definir el grado de inclinación de un alineamiento sobre el terreno. Si se toma como referencia la línea horizontal, la línea vertical se llama ángulo de pendiente, el cual puede ser positivo o de elevación o negativo o de depresión y este es el ángulo que se conoce como pendiente de una línea, el cual puede ser expresado tanto en ángulo como en porcentaje.

1.2.4.3.3. Ángulos interiores

Este método se usa generalmente en poligonales cerradas. Consiste básicamente en medir los ángulos internos de un polígono, ya sea en sentido horario u antihorario, siguiendo la poligonal hacia la izquierda o hacia la derecha.

Al realizar un levantamiento topográfico de una poligonal cerrada, utilizando este método, se debe cumplir con la condición angular siguiente:

$$S = 180^\circ \times (N - 2) \text{ "ángulo interno"}$$

$$S = 200g \times (N - 2) \text{ "ángulo interno"}$$

$$S = 180^\circ \times (N + 2) \text{ "ángulo externo"}$$

$$S = 200g \times (N + 2) \text{ "ángulo externo"}$$

De donde:

S = sumatoria de ángulos internos o externos

N = número de vértices del polígono

El método de deflexiones ha sido usado tradicionalmente en los levantamientos planimétricos de poligonales abiertas, debido a que se corrige el error de colimación (inclinación hacia arriba o hacia abajo del eje director del anteojo del teodolito después de centrar el nivel de burbuja) que pueda tener el teodolito y se minimizan los probables errores en las lecturas de los valores angulares entre cada estación.

Al inicio del capítulo se definió el concepto de deflexión y se manifestó que al medir poligonales abiertas hay que buscar el procedimiento para verificar la exactitud del levantamiento, un método adecuado para lograr esto es convertir las poligonales abiertas en poligonales cerradas, lo cual se logra cerrando polígonos cada cierto número de estaciones con el objeto de calcular

el error angular y a su vez en el error en distancia que se obtiene de cada polígono.

1.2.4.4. Unidades de medida angular

1.2.4.4.1. Radian

Es aquel ángulo determinado en la circunferencia; cuya longitud de arco es igual al radio de la circunferencia

La circunferencia es igual a 2π

$$\frac{180}{20} = \frac{\pi}{x}$$

$$\frac{180}{\pi} = \frac{20}{x}$$

$$X = \frac{\pi}{9}$$

1.2.4.4.2. División sexagesimal

1 círculo = 360° = 4 ángulos rectos

1 ángulo recto = 90°

1° = 60 minutos

1' = 60 segundos

1.2.4.4.3. División centesimal

1 círculo = 400 gon = 4 ángulos rectos

1 ángulo recto = 100 gon

1^g = 100 minutos

1^c = 100 segundos

Relaciones entre gon y grados,

$$400^g = 360^\circ$$

$$1^g = \frac{360^\circ}{400}$$

$$1^g = 0.90^\circ$$

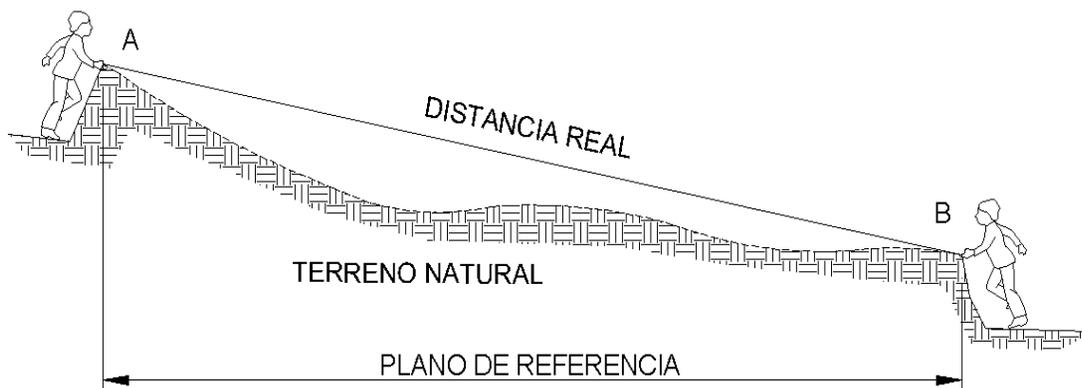
1.2.5. Distancias

Sea el segmento AB definido por los puntos A, B, hablamos de distancia del punto A al punto B cuando ese segmento le asignamos un número real positivo.

Ejemplo: Primero se ubica el primer punto denominado A, el cual es el punto de partida para la medición, luego se observa el punto denominado B,

para así determinar la distancia real que existe entre ellos, de la misma forma como se observa en la figura 3.

Figura 3 Medición de distancias



1.2.5.1. Distancias directas

Es la comparación de longitudes con una unidad definida y del mismo tipo es decir por yuxtaposición.

1.2.5.2. Distancias indirectas

Una medida es indirecta cuando no se puede obtener la distancia de forma directa, muchas veces debido a la forma del terreno y se obtiene ayuda auxiliándose con algún cálculo, se mide algo pequeño y se calcula la distancia más grande para obtener la distancia que se necesita.

1.2.6. Teoría de errores

En esta sección se alude a la necesidad que tiene el Ingeniero civil en conocer los errores propios de las mediciones y de los cálculos. Toda magnitud observada o medida obtiene errores de cuantía desconocida debido a múltiples causas, por lo cual una medida nunca es realmente exacta. Una de las misiones importantes del ingeniero civil consiste en mantener las mediciones dentro de ciertos límites de precisión impuestos por la clase y finalidad del levantamiento. Para ello es necesario que conozca bien las causas de los errores, apreciando el efecto de varios errores combinados sobre la medición de que se trate y familiarizándose con el procedimiento que debe seguirse para mantener la precisión requerida y la debida adecuación entre las precisiones con que se miden ángulos y distancias. Pudieran citarse muchos casos en que topógrafos con mucha experiencia han puesto de manifiesto una ignorancia en este asunto tan ridícula como lamentable.

Al hablar de mediciones u observaciones en general hay que distinguir entre exactitud y precisión Según la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, exactitud es “aproximación absoluta a la verdad” , mientras que precisión es “aproximación relativa aparente a la verdad”.(anteriormente, la citada sociedad definía la precisión como “el grado de afinación en la lectura de una observación o el número de cifras con que se efectúa un cálculo”); según el Servicio Geodésico y de Costas de Estados Unidos, exactitud es “el grado de conformidad con un patrón o modelo” y precisión, “el grado de perfección con que se realiza una operación o se establece un resultado”. De estas definiciones, tan acordes entre si, se desprende que una medición puede ser exacta sin ser precisa, y al contrario.

Así, por ejemplo, puede medirse una distancia con gran escrupulosidad, hasta el milímetro con una cinta, y cometerse un error de centímetros si la cinta está afectada por algún error en su longitud; la medición en estos casos es precisa, pero no exacta.

Los errores pueden darse por tres causas principales:

- Imperfección o ajuste defectuoso de los instrumentos o dispositivos con que se hacen las medias. Así por ejemplo una cadena puede ser demasiado larga o un nivel estar mal corregido. Estos se llaman errores instrumentales.
- Limitación de los sentidos de la vista y del tacto, por ejemplo puede cometerse un error al leer el círculo graduado de un teodolito o al apreciar la tensión de una cinta métrica. Estos son errores personales y en estos influye grandemente el cansancio y la distracción que ofrece contestar teléfonos celulares.
- Variación de ciertos fenómenos naturales, como la temperatura, la humedad, el viento, la gravedad, la refracción y la declinación magnética. Por ejemplo la longitud de una cinta metálica puede aumentar o disminuir según suba o baje la temperatura, y las lecturas de una brújula pueden estar afectas por cambios de la declinación magnética. Estos se llaman errores naturales.

1.2.6.1. Error material

Una equivocación o error material es una falta cometida sin intención y debida a poco criterio o a una confusión del observador, y es totalmente

diferente de los errores físicos o matemáticos propiamente tales. En esta tesis se hace siempre la distinción entre errores y equivocaciones: claro está que estas últimas no entran para nada en el estudio y discusión de la teoría de errores, y se descubren y eliminan comprobando todo el trabajo.

1.2.6.2. Error real

El error real es una cantidad dada es la diferencia entre su medida y su valor verdadero. El error real es el resultado de la acumulación de errores diferentes debidos a diversas causas: Algunos tienden quizá a obtener valores mayores que los verdaderos, mientras que otros los obtienen menores. Si el resultado de una medición es mayor que el valor verdadero, se dice que el error es por exceso, o positivo y si es menor, se dice que el error es por defecto, o negativo. Para una sola cantidad medida por observación no puede determinarse exactamente ni el error real ni ninguno de sus componentes, pero pueden fijarse dentro de ciertos límites probables.

Se llama discrepancia a la diferencia entre dos mediciones de la misma cantidad.

1.2.6.3. Error sistemático

Se denomina error sistemático aquel que, en igualdad de condiciones, se repite siempre con la misma magnitud y el mismo signo (que puede ser positivo o negativo). Si no cambian las condiciones durante una serie de medidas, se

dice que el error sistemático es constante; por ejemplo, al medirse una distancia con una cinta errónea por defecto.

Si cambian las condiciones, produciendo variaciones correspondientes a la magnitud del error, se dice que este es un error sistemático variable; por ejemplo al medir una distancia con una cinta metálica durante un tiempo en que varía la temperatura. Todo error sistemático obedece siempre a alguna ley matemática o física, por lo cual puede determinarse y aplicarse la oportuna corrección, y sus efectos tienen características acumulativas. El error puede ser instrumental, personal o natural.

1.2.6.4. Error accidental o fortuito

Error accidental o fortuito es el debido a una combinación de causas ajenas a la pericia del observador, y al que no puede aplicarse corrección alguna; en cada observación, la magnitud y el signo del error accidental son cosas casuales, por cuya razón no pueden ser base de cálculos como lo son la cuantía y el signo de los errores sistemáticos. No obstante, los errores accidentales suelen, en conjunto, obedecer a las leyes de la probabilidad. Puesto que un error accidental puede ser lo mismo positivo que negativo, se produce siempre una cierta compensación, por lo cual estos errores accidentales son designados como errores compensables; también se distinguen con el nombre de “errores irregulares” y “errores ambulantes”. Un ejemplo de error accidental se tiene en la imposibilidad, al medir una distancia con cadena, de colocar la aguja de la división debida. Los errores accidentales continúan actuando aun después de haber eliminado las equivocaciones por comprobación y los errores sistemáticos por corrección.

1.2.6.5. Comparación entre los errores sistemáticos y accidentales

El error sistemático total en un cierto número de observaciones es la suma algebraica de los errores de cada observación. Es decir, que si se mide una distancia con una cinta corta, el error sistemático debido al defecto de la cinta era directamente proporcional a la longitud de la distancia medida.

Ejemplo. 1. La longitud de una alineación, medida con una cinta de 30 m. a 15° C. es de 300 m; al comparar después la cinta con un patrón o modelo, se ve que tiene realmente 30,006 m. El error en la distancia medida será $-0.006 \times 10 = -0.06$ m. Y a longitud real de la alineación será de 300,06 m.

Este ejemplo pone de manifiesto cómo un error sistemático constante aumenta con el número de observaciones. En el ejemplo siguiente veremos el efecto de un error sistemático variable.

Ejemplo 2. Con una cinta de 100 m. se mide una distancia, obteniéndose como resultado 400,00 m. De las temperaturas observadas durante la medición se deduce que en la primera cintada la longitud probable de la cinta era de 99,998 m; en la segunda, de 100,001 m.; en la tercera, de 100,008 m y en la cuarta, de 100,004 m. El error sistemático total debido a la variación de temperatura es la suma de los errores parciales, o sea $+ 0,002 - 0,001 - 0,008 - 0,004 = -0,001$ m = -11 mm; luego la distancia medida será realmente $400,00 + 0,01 = 400.01$ m.

Ocurre con frecuencia que el error sistemático procedente de una causa es de signo contrario al originado por otra causa distinta, de modo que el error total puede ser menor que alguno de los errores parciales. Así, por ejemplo, una

cinta sometida a una cierta tensión y a una temperatura determinada puede tener la longitud debida, es decir, la de la cinta patrón en condiciones normales.

Supongamos que en las circunstancias en que se ha medido una distancia el error producido por la diferencia de tensión entre la cinta y la normal del patrón sea - 0,002 m. en la longitud de cada cintada, y que la diferencia de temperatura respecto a la normal produzca un error de +0,018 m. por cintada; el error real unitario (por cintada) resultante de la combinación de los errores parciales, será - 0,004 m. En muchas observaciones se sigue un orden tal que quedan eliminados los errores sistemáticos o, al menos, reducidos a un valor despreciable; por ejemplo, el error debido a los cambios de temperatura durante una medición con cinta se puede eliminar casi de todo tomando la temperatura y haciendo la corrección correspondiente; los errores de nivelación debidos a un nivel mal corregido se pueden eliminar igualando los distancias en las visuales de frente y de espalda.

Los errores accidentes, como su nombre indica, tienen carácter puramente ocasional y no hay modo de determinarlos ni de eliminarlos, como se hace con los errores sistemáticos. Es decir, que mientras puede eliminarse muy aproximadamente el error producido por los cambios de temperatura (mediante cálculos basados en mediciones físicas), no hay modo análogo de eliminar el error accidental debido a la marcación, en el terreno, de los extremos de la cinta (con las agujas de acero) o a la lectura de la mira en una nivelación. Según el cálculo de probabilidades, los errores accidentales tienden a aumentar proporcionalmente a la raíz cuadrada del número de errores probables. Esto significa que si el error accidental cometido en una cintada fuera de $\pm 0,005$ m., el error accidental total que se tendría en 100 cintadas no pasaría de

$$\pm 0,005 \times \sqrt{100} = \pm 0,05 \text{ m.}$$

Un error sistemático de igual magnitud originaría, en cambio, un error total de $0,005 \times 100 = 0,5 \text{ m.}$ Vemos así que en una serie de observaciones de cantidades independientes, pero homogéneas, los errores accidentales tienen menor importancia que los errores sistemáticos de igual magnitud. Aun cuando los errores accidentales no se puedan eliminar, es posible reducirlos a un valor muy pequeño empleando instrumentos y métodos adecuados. Repitiendo varias veces y del mismo modo la medición de una misma cantidad, se puede tener una idea del error accidental, como veremos más adelante, pero su verdadero valor no es posible determinarlo de manera alguna.

La importancia de los errores sistemáticos, en comparación con los accidentales, depende de la clase de observación de que se trate, del cuidado puesto por el observador y de los instrumentos y métodos empleados en la operación. En general, cuanto menos afinados sean los métodos seguidos, mayores serán los errores sistemáticos en relación con los accidentales.

1.2.6.6. Errores groseros

Se conoce como error material o equivocación; son cometidos al poco criterio o a la confusión, al ser descubierto se elimina el trabajo (no vale nada más que tiempo perdido).

1.2.6.7. Errores y tolerancias

El error medio cuadrático depende del instrumento, método de nivelación del observador, condiciones atmosféricas o condiciones del terreno, este error crece con la raíz cuadrada de la suma de las distancias (calculada en kilómetros).

La distancia que se considera es la distancia entre el aparato y la mira (estadal o estadia) y el error medio cuadrático es dado por la formula:

$$m = \pm k \sqrt{d} \text{ (en km)}$$

Donde:

m = Error medio cuadrático

k = Constante que depende del instrumento y es brindado por el fabricante

La constante del error medio cuadrático es ± 2 mm (esto es para un kilómetro)

Ejemplo:

$$d = 9,000 \text{ metros}$$

$$m = \pm 2 \sqrt{9}$$

$$m = \pm 6 \text{ mm}$$

La definición de tolerancia se describe como tres veces el error medio cuadrático

$$T = 3 \times k \sqrt{d} \text{ (en km)}$$

Si el error de cierre esta dentro de la tolerancia quiere decir que se cometieron errores accidentales no groseros y si no cae dentro de la tolerancia se cometieron errores groseros. Además es el rango que nos indica cual es el error máximo que se puede cometer.

1.2.7. Errores en medición con cinta

Estos errores pueden ser ocasionales, y que a su vez afectan siempre la medición creando errores en ella, y pueden ser por las siguientes razones.

Uno de los aspectos importantes a tomar en cuenta es: cuál de estos errores es el que más podría incidir en la medición, y en efecto cualquiera de estos errores podría darse en cualquier momento ya que depende de que la cinta este en perfecto estado y que la concentración del medidor sea efectiva, pero lo que si no se puede evitar es la temperatura, corrección por tensión y la catenaria de la cinta, pero estos tres aspectos pueden ser calculados de forma matemática y así eliminar todo tipo de errores al momento de medir con cinta cuyos cálculos se mostraran en las siguientes secciones.

- Cinta de longitud errónea.
- Alineación imperfecta.
- Cinta no horizontal o inclinación mal determinada.

- Cinta floja o torcida.
- Defecto de observación.
- Cambio de temperatura.
- Tensión de la cinta.
- Cinta con catenaria.

1.2.7.1. Error por temperatura

La cinta se ve afectada por la temperatura con la que se trabaja, para hacer la corrección se debe saber el coeficiente de dilatación.

Ejemplo:

Coeficiente de dilatación para el acero = 12×10^{-6}

CT = 0.000012

T^0 = temperatura del constructor

T = Temperatura a la que se trabaja

L = longitud medida

$T - T^0 > 0$ Cinta dilatada

$T - T^0 < 0$ Cinta contraída

$CT = 12 \times 10^{-6} (T - T^0) L$

CT = Corrección por temperatura.

CT = Coef dilatación x (T - T^0) x distancia medida

$CT = 12 \times 10^{-6} \times (20^0 - 28^0) \times 20.006$

CT = + 0.0019205 la longitud corregida será = 20.0079205

1.2.7.2. Corrección por tensión

La cinta está garantizada por el fabricante para usarla a una determinada tensión.

$$C_p = \frac{(P - P_o)}{A \times \xi}$$

$$\xi = 21,500 \text{ kg/mm}^2$$

C = Corrección por tensión dado en metros

P = Tensión aplicada

P_o = Tensión de contraste

L = longitud medida

A = Sección transversal

ξ = Modulo de elasticidad del metal en kg/mm²

1.2.7.3. Corrección por catenaria

Para realizar cualquier corrección a una cinta, primero se deberá comparar la cinta con una distancia patrón haciendo las correcciones necesarias, primero se determina su longitud correcta ya que ninguna medida es correcta en un 100% por lo tanto se deberá hacer una alineación entre dos puntos y así determinar la longitud real para aplicar el método de corrección por catenaria.

La corrección por comba siempre se restara y se calcula de la siguiente manera:

$$C = \frac{W^2 \times L^2}{24 P^2} = \frac{W^2 \times L}{24 P^2}$$

Simbología:

Cs = Corrección por pando

W = Peso cinta kg/metro

w = Peso total de la cinta en kg

P = Tensión aplicada en kg

Ejemplo:

Cinta suspendida, la tensión para cinta suspendida será de 8 kg de fuerza

W = peso cinta = 0.11 kg

L = longitud = 20.007

P = tensión = 8 kg

Fórmula:

$$C = \frac{W^2 \times L}{24 P^2} = \frac{(0.11)^2 \times (20.007)}{24 (8)^2}$$

C = 0.00015761

-C+L = - 0.00015761 + 20.007 = 20.006842

Respuesta: La longitud real de la cinta es de = 20.006842

1.2.7.4. Corrección combinada

Siempre que se vaya a aplicar correcciones para varios efectos como la tensión, la temperatura, la catenaria; por comodidad puede combinarse formando una sola corrección por cada longitud de cinta. Como las correcciones son relativamente pequeñas, el valor de cada una de ellas no se ve afectado apreciablemente por los otros, y cada uno de ellos puede calcularse tomando como base la longitud nominal de la cinta.

1.3. Altimetría

Determina la posición vertical de los elementos topográficos, además la posición vertical se puede determinar por medio de cota o altura relativa, cuando se habla de “cota” se hace referencia con el nivel del mar (m.s.n.m. = metros sobre el nivel del mar)

Ejemplo: Guatemala se encuentra a una elevación sobre el nivel del mar promedio de 1,500 metros.

1.3.1. Nivelación

Son procedimientos que deben utilizarse para mediciones en campo. Los puntos fijos de control (RED TOP) deben ser datos bien identificados, ya que son los puntos que determinaran una perfecta nivelación para cada proyecto y mediante ellos se puede verificar el error de cierre en la misma, en este caso que se está tratando el tema de cálculo volúmenes para carretera es

importante mencionar algunos aspectos que se deben realizar al momento de sacar una nivelación.

El nivelador realiza la nivelación con nivel de precisión, calcula las cotas y dibuja el perfil. Conviene fijar las cotas de las estacas intermedias al centímetro y las de los bancos de nivel o puntos de liga o de cambio, al milímetro.

Así mismo, conviene dejar bancos de nivel fuera del eje de línea, a cada quinientos metros en terrenos sensiblemente planos, y a cien metros en montañosos. La nivelación de perfil de cada tramo se comprueba con una nivelación diferencial es decir determinar diferencias de nivel entre dos puntos regresando para cerrar con el banco de nivelación de partida, del respectivo tramo. Además determinara cotas en los cambios de rasante del terreno, y cursos de agua.

1.3.1.1. Nivelación diferencial

El trabajo más común de la topografía es a nivelación y dependiendo de los fines, planes y precisión, se pueden emplear la nivelación diferencial o geométrica.

La nivelación se determina por medio de visuales horizontales dirigidas a miras verticales (estadales). El principio básico es que **“se trata de encontrar la diferencia de altura entre dos puntos”**. Conforme la distancia, la óptica del telescopio (nivel de precisión), ampliara el número de la escala de la mira, de manera que la lectura sea precisa y libre de errores.

La diferencia de alturas que se encuentran a gran distancia se lleva a cabo mediante una red de nivelaciones con múltiples cambios, en la práctica toda nivelación debe ser controlada a fin de detectar posibles errores de lectura y se puede ejecutar de dos maneras:

- 1.- Nivelando hacia atrás (regresando al punto de partida).
- 2.- Partiendo y llegando a puntos de altura conocida por medio de GPS (Sistema de posicionamiento global "Global positioning system").

Es conveniente indicar que el nivel geométrico no se centra únicamente sino que se nivela y su ubicación es independiente de la ubicación de los puntos observados. Al momento de nivelar se ubica el estadal y el nivel se ubica a conveniencia para ver gran cantidad de puntos.

La tolerancia máxima en la precisión de diferencia de alturas es de (+/-) 3 mm x km recorrido. O sea que el máximo error permisible en altura (z, elevación cota) es de 3 mm.

1.3.1.2. Micrómetro de láminas de caras paralelas (anteojo de caras paralelas)

Es un elemento auxiliar de lectura que mide el intervalo entre una división de la escala principal y el índice de lectura (el hilo horizontal del retículo) con lo que aumenta la precisión, por lo tanto se usa mucho en nivelaciones de precisión.

1.3.1.3. Errores por nivelación

El manejo inapropiado del estadal puede hacer que se incurra en este tipo de error, el cual puede eliminarse utilizando un nivel de estadal para poner a plomo el mismo.

1.3.1.4. Errores accidentales

Los errores más comunes de este tipo son: centrado incorrecto de la burbuja del nivel y lecturas del estadal defectuosas. Las lecturas defectuosas son lecturas incorrectas por paralaje (enfoque incorrecto del objetivo), que se presentan por las malas condiciones del tiempo, ahora en la actualidad existen aparatos de medición que se auto nivelan en cada lectura por lo tanto con este tipo de aparatos los errores accidentales se reducen en su totalidad cuando se refiere a enfocar incorrectamente el objetivo.

1.3.1.5. Errores por reverberación

La reverberación es el fenómeno que se produce por refracción de los rayos luminosos. Al subir aire caliente que está en contacto con el suelo provoca que el estadal parezca estar ondulado, impidiendo hacer lecturas precisas; esto se contrarresta elevando la línea de visual del instrumento, este error se puede reducir a medida que se va acercando el aparato al estadal.

1.3.2. Taquimetría

Significa medida rápida que tiene como meta el levantamiento de puntos polarmente con la determinación simultánea de cotas, estos datos sirven para confeccionar planos a escala que más le convenga al diseñador. Existen dos tipos de taquimetría cuando se obtienen los datos números se trata de numérica y en el caso de obtener los datos gráficamente se llama taquigrafía gráfica.

Normalmente el levantamiento taquimétrico se amarra a la red trigonométrica o a un sistema de poligonales. La medición de poligonales se puede localizar simultáneamente con el levantamiento de los puntos. En casos especiales se usa el nivel o la brújula para hacer taquimetría. Lo mas común es el levantamiento taquimétrico con taquímetro electro óptico (estación total) donde el personal necesario únicamente se compone de el observador, el portamiras y eventualmente un anotador (como mínimo dos personas), además existen otros taquímetros de la antigüedad como los teodolitos, planchetas, reductores, y que además queda bien claro especificar al lector que el taquímetro por excelencia sigue siendo la estación total de hoy día.

En la actualidad existen taquímetros más sofisticados como lo son los escaners pero por su costo se continúa utilizando la tecnología antigua que son las estaciones totales.

1.3.2.1. Taquímetro electro óptico

La taquimetría en este tipo de instrumentos se hace en forma similar que el teodolito corriente considerando la diferencia que mide la distancia en forma automática mediante la emisión y recepción de ondas y además se colocan una red de puntos de precisión que son amarrados en distintos puntos del proyecto

para realizar cualquier medición que se requiera para la elaboración de toda la topografía de un proyecto.

2. MOVIMIENTO DE TIERRAS USANDO EL MÉTODO TRADICIONAL

Este método domino el siglo XIX y XX aunque ahora en la actualidad ya no es muy común que se utilice este método de igual forma se hará mención sobre el método tradicional y la forma de cómo se trabaja, ya que aún existen empresas que aun trabajan sus diseños y cálculos de esta manera.

Así de esta forma pasamos al área de gabinete exponiendo el procedimiento que se realiza para poder hacer un cálculo de volúmenes de movimiento de tierras y que además se hará referencia de comparación entre realizar un cálculo a mano y a computadora por medio de Autodesk Land Desktop.

2.1. Alineamiento horizontal

Para realizar el trazo del alineamiento horizontal se comienza con el trazo preliminar o teórico pasando por puntos obligados, para luego definir el alineamiento real (Ver página 41 donde se indica el procedimiento con autodesk land desktop).

2.2. Cálculo de perfil longitudinal

Al momento de efectuar un cálculo a mano se realiza el siguiente procedimiento: Se efectúan medidas equidistantes a lo largo de la alineación para materializar puntos a cada 20 metros o como sea necesario, el inicio del alineamiento tendrá una medida de 0+000 y la medida final será de 0+120 metros.

A lo largo de la alineación efectuamos la nivelación longitudinal, por el método de transporte de cota y usando puntos intermedios y con una precisión del mm.

Hay que efectuar la nivelación de secciones transversales en líneas interesantes o generalmente a cada 40 metros y las secciones transversales tendrán una longitud de 25 metros para cada lado para un total de 50 metros, se hace referencia a algunas medidas pero hay que tomar en cuenta que únicamente son distancias propuestas y que no deberán tomarse como obligatorias.

Para materializar las secciones transversales nos ayudaremos con el penta prisma y por medio de un jalón debe estar aproximadamente perpendicular a la sección longitudinal, hay que tomar en cuenta que se debe nivelar la sección transversal en sus puntos de interés o cambios de nivel (Ver página 62 donde se muestra el cálculo por medio de Autodesk Land Desktop).

Tabla I Tabla de nivelación para obtener un perfil

| NIVELACIÓN | | | | | | |
|--------------|-----------------|---------|------------|--------|------------------------|---------|
| Caminamiento | Punto observado | Espalda | Intermedio | Frente | Horizonte instrumental | COTA |
| A | 00+000.00 | 3.723 | | | 103.723 | 100.000 |
| | 00+020.00 | | 2.670 | 37.230 | | 101.053 |
| | 00+040.00 | | 1.087 | | | 102.636 |
| | 00+044.03 | | | 0.383 | | 103.340 |
| B | 00+044.03 | 3.567 | | | 106.907 | 103.340 |
| | 00+050.50 | | 1.990 | | | 104.917 |
| | 00+056.64 | | | 0.233 | | 106.674 |
| C | 00+056.64 | 2.595 | | | 109.269 | 106.674 |
| | 00+060.00 | | 2.619 | | | 106.650 |
| | 00+080.00 | | 1.009 | | | 108.260 |
| | 00+100.00 | | 2.393 | | | 106.876 |
| | 00+120.00 | | 1.300 | | | 107.969 |

2.3. Línea de subrasante

El cálculo práctico de curvas verticales esta en función de la diferencia algebraica (D) de las pendientes por enlazar, además es condición indispensable que tanto el PCV y el PTV sean equidistantes en su proyección horizontal del PIV.

La curva que uniremos mediante tramos rectos que llamaremos cuerdas, en las que no importa su longitud pero si que su proyección horizontal sea de 20 metros como sugerencia, y que llamaremos estación.

La proyección horizontal total de la curva estará dada en número de estaciones de 20 m o 10 m. y que llamaremos N y que será una función de la diferencia algebraica de las pendientes (D) por enlazar dividido entre la variación límite de pendiente por 20 metros. (V) y que es dato que proporciona la institución.

$$N = \frac{D}{V}$$

D = diferencia expresada en pendiente por 20 metros.

V = variación límite de pendientes por 20 metros.

La diferencia (C) de cotas entre la tangente de entrada o salida y la curva estará dada por la siguiente ecuación:

$$C = k d^2$$
$$k = \frac{1}{2} v$$

en donde:

C = diferencia de cotas entre la tangente escogida y la curva.

K = constante igual a un medio de la variación límite o real

d = número de orden de la estación a partir del PCV o PTV.

Si se amplía el valor de N, entonces habrá que calcular un nuevo valor de la variación, que será V, y ello se calcula por medio de la ecuación:

$$N' = \frac{D}{V'}$$

En donde:

N' = valor ampliado de N

D = diferencia algebraica de pendientes

V' = valor real de la variación de pendientes

Nota = en este caso la diferencia de cotas entre la tangente y la curva se calculará con:

$$C = k' d^2$$

$$k' = \frac{1}{2} v'$$

No se calculará curva vertical si la diferencia de pendientes es igual o menor de 0.5%.

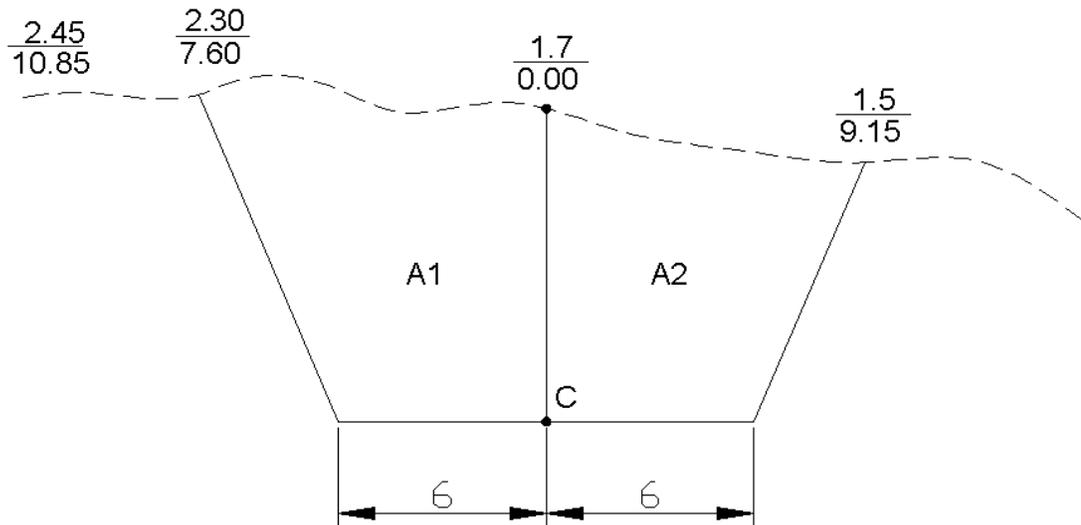
Si el PIV está en estación completa de 20 m., N debe ser par. En cuyo caso tanto el PVC como el PTV quedarán en estación completa de 20 m.

Si el PIV está en media estación, N debe ser impar además las correcciones (C) serán positivas en las curvas cóncavas y las correcciones (C) serán negativas en las curvas convexas.

2.4. Cálculo de sección transversal

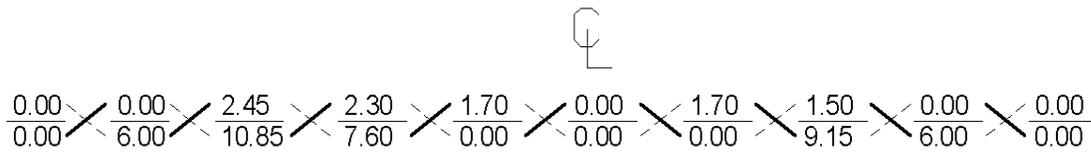
A Continuación se muestra una sección transversal de corte, y que además se muestra el procedimiento para su cálculo.

Figura 4. Sección transversal



Se divide la sección en dos partes A1 y A2, una a la izquierda del eje y la otra a su derecha, se escriben las fracciones en el orden del sentido contrario a las manecillas del reloj para la parte izquierda y en el sentido de las manecillas para la derecha.

Figura 5. Cálculo de sección



$$\text{SUMATORIA PRODUCTOS DIAGONALES DISCONTINUAS} = 18.62 \text{ m}^2$$

$$\text{SUMATORIA PRODUCTOS DIAGONALES CONTINUAS} = 77.13 \text{ m}^2$$

$$\text{DOBLE AREA} = 58.51 \text{ m}^2$$

$$\text{AREA} = 29.255 \text{ m}^2$$

Se consideran todas las distancias y estas positivas (valores de X e Y).
Se multiplica según las diagonales trazadas y se obtiene la diferencia que es la doble área.

3. MOVIMIENTO DE TIERRAS POR MEDIO DE AUTODESK LAND DESKTOP

3.1. Generalidades

La primera idea que viene a la mente al hablar de programas de diseño asistido por computadora es la del dibujo, sin embargo, el uso de estos programas va más allá, ya que éstas son herramientas de modelación y diseño por computadora y no tan solo dibujo.

El término modelación se refiere al uso de programas de diseño que describen el comportamiento de un objeto o suceso real a escala y de bajo costo relativo, así mismo, que permitan trabajar en tres dimensiones, ya que en ingeniería es de suma importancia el uso de modelos para el desarrollo de proyectos; es aquí donde los programas de diseño por computadora juegan un papel importante por ser los sucesores de muchas herramientas de uso en el medio, no se trata de demostrar que las mismas han dejado de ser buenas, porque los principios que utilizan los programas siguen siendo los mismos, la diferencia radica en que proveen resultados más exactos y rápidos, ya que se hará un mayor número de intentos para hallar la solución óptima.

Algunas de las ventajas que ofrece el uso de programas son: en el caso de una carretera, todos los procedimientos de cálculo geométrico pasan a ser parte en su mayoría del proceso automático de la computadora, cálculos como puntos de intersección de líneas, centros de curvas, etc., ya no absorben demasiado tiempo al diseñador o calculista, lo que le permite dirigir su atención al diseño o cálculo propiamente dicho, con lo que se consigue obtener un mejor resultado al terminar el proceso.

3.2. Descripción del programa Autodesk Land Desktop

Autodesk Land Desktop es un programa producido por la compañía Softdesk, con herramientas para el desarrollo de proyectos; tanto en el ámbito de planificación como para el control de la fase constructiva.

Esta aplicación cuenta con varios módulos, los cuales cubren las áreas de geometría, generación digital de modelos de tridimensionales (DTM), cálculo y diseño geométrico de carreteras (DESIGN).

Algo importante que no debe descartarse de Autodesk Land es que utiliza los mismos métodos y principios manuales de cálculo y diseño, es más, el programa tiene una base de datos con las normas de la American Association of States Highway and Transportation Officials (ASSHTO) para el diseño, con opción al cálculo de curvas de acuerdo al criterio del diseñador, todo lo anterior se aúna a la velocidad de procesamiento de la computadora, lo que permite un desarrollo rápido, eficiente, con exactitud y fino detalle de los proyectos.

Claro la experiencia del ingeniero diseñador nunca se puede sustituir por el uso de un programa computarizado, por el contrario, lo que se pretende es hacer más eficiente su labor, por lo que se requiere que la persona que use cualquier aplicación de este tipo posea un alto conocimiento de ingeniería civil.

3.3. Cálculo de volúmenes

En esta sección pasaremos directamente a la computadora y sobre cómo trabajar o calcular volúmenes por medio del Autodesk Land Desktop, y para eso

se deberá realizar el siguiente procedimiento: Inicialmente es necesario recabar toda la información para realizar el proceso.

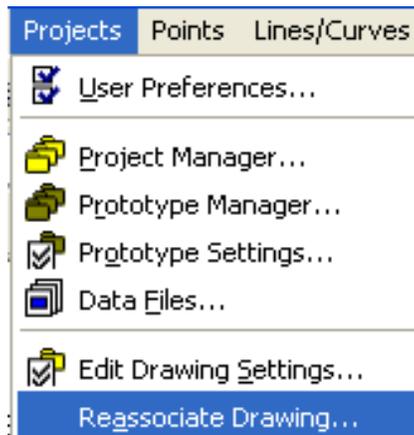
Para efectos de realizar un ejercicio completo y poder describir paso a paso el funcionamiento del programa, se describe a continuación el procedimiento para llevar a cabo el cálculo de volúmenes por medio de Land.

3.4. Método para configurar el programa

Project Manager: Para un mejor control de cada uno de los proyectos (archivos en la computadora) que se desean trabajar es recomendable hacer lo siguiente:

Ingresa al programa y crear un proyecto desde

Figura 6. Comando de creación de proyectos



Seguidamente se debe crear un proyecto como se muestra figura 7 donde se deberá seleccionar el icono “Create Project” donde se desplegara el cuadro de dialogo que se muestra en la figura 10.

Figura 7. Nombre de proyectos

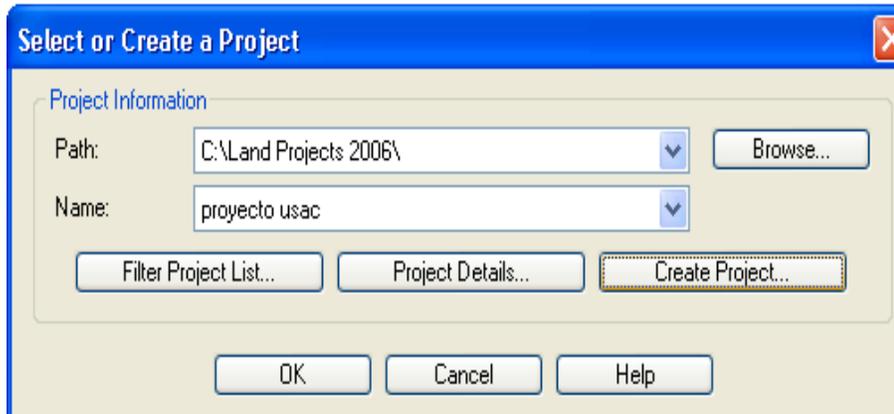
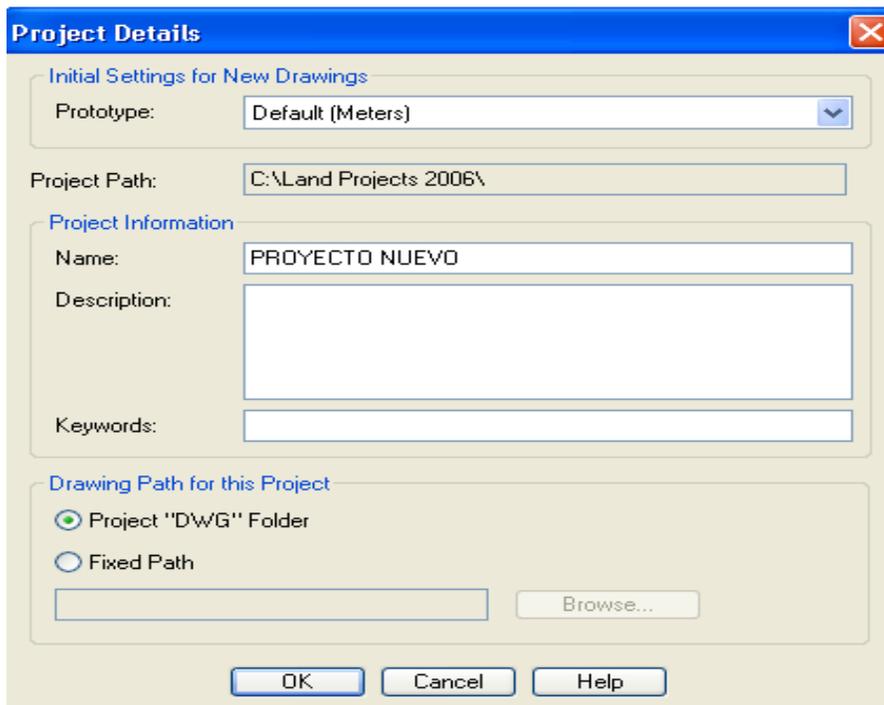


Figura 8. Configuración de proyecto



Es importante definir las dimensionales que se utilizaran en esta propuesta de cálculo de volúmenes. Seguidamente se debe realizar la configuración de unidades de medidas, en la caja de diálogo (Figura 8), que se muestra a continuación donde se presentan las siguientes opciones:

Units: aquí se selecciona el sistema de medidas y la clase de ángulos a usar, generalmente los ángulos son azimuts y el sistema de medidas el métrico.

Scale: se definen aquí las escalas a usar en el proyecto, por lo general en la escala horizontal 1:1000 y en la vertical 1:100

Text style: el tamaño de texto que se adecua 1:1000, en esta parte se debe seleccionar el nombre del estilo "mili.stp". Inmediatamente después de haber realizado las configuraciones se procede a dibujar la línea de la carretera con respecto a todos los datos de la libreta topográfica de línea central. Para obtener el cuadro de dialogo que se muestra en la figura 10 se deben realizar las siguientes órdenes.

Figura 9. Configuración del dibujo

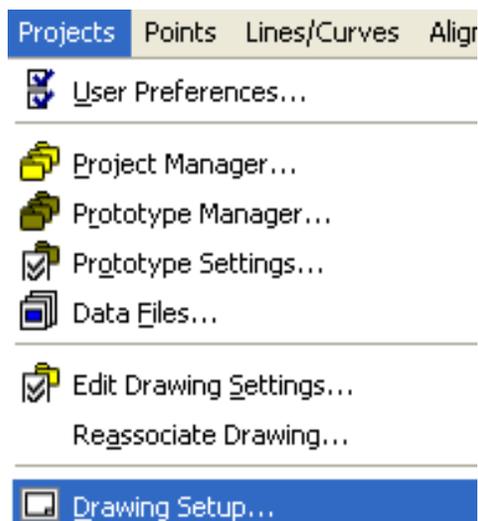
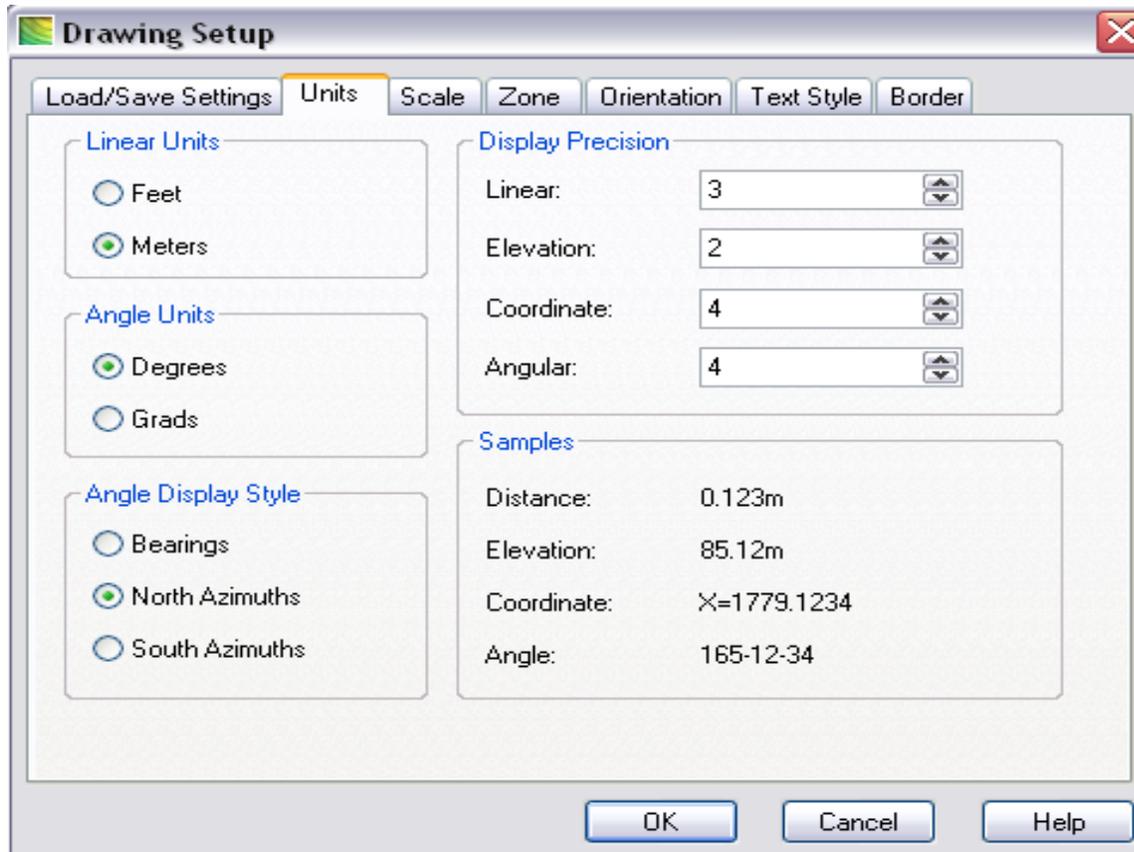


Figura 10. Configuración de unidades de medida



3.5. Alineamiento horizontal

3.5.1. Definición de alineamiento

En un alineamiento horizontal se deben tomar en cuenta aspectos como: un reconocimiento preliminar de campo, datos topográficos confiables y una serie de factores que influyen favorablemente en diseño. El levantamiento de una línea preliminar se lleva a cabo por poligonales abiertas, cuando el punto de salida de una poligonal coincide con el de llegada se llama poligonal cerrada.

Cuando se tiene un punto de salida y un punto de llegada distinto se llama poligonal abierta.

3.5.2. Creación de tangentes y curvas

Enseguida se procede a generar el eje carretero del alineamiento horizontal y sus respectivas curvas horizontales.

Primer paso: crear una layer (capa, “ver icono seleccionado”) con el comando que permite nombrar el eje carretero.

Figura 11. Configuración de capas



Seguido se procede a diseñar el alineamiento horizontal con el comando Line, es importante mencionar que en estos momentos se deben apagar algunos layers, con los comandos de apagar y encender layers de el programa para trabajar con mayor facilidad y visualizar mejor la pantalla.

Una vez que se han trazado las tangentes de todo el proyecto, se procede a diseñar uniendo tangentes por medio de curvas, esto se hace seleccionando el comando fillet colocando el radio según haya sido determinado en la etapa de diseño.

Diseñadas las tangentes y curvas horizontales, se define el alineamiento horizontal con las órdenes siguientes:

Figura 12. Configuración de alineamientos

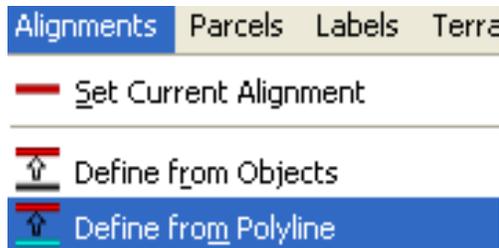


Figura 13. Definición de nombre de alineamiento

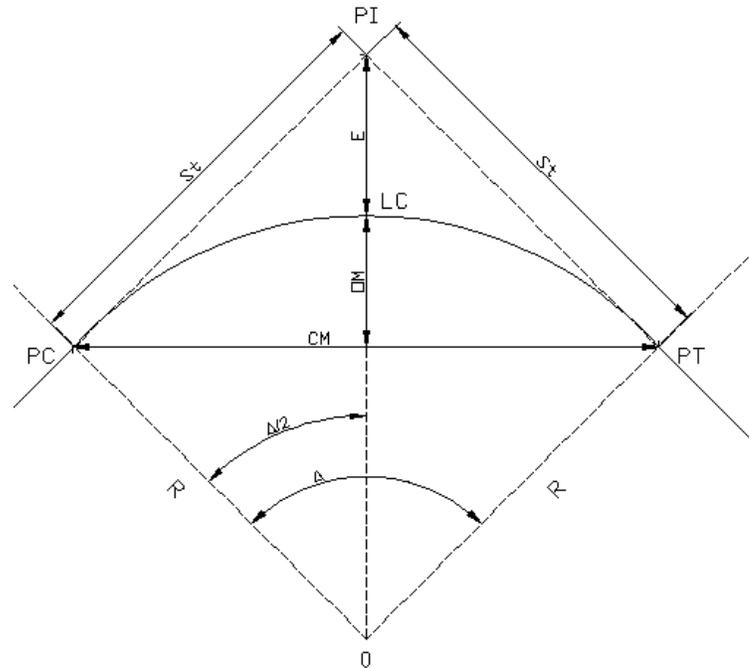


Lo anterior se hace con el propósito de que el programa reconozca en la base de datos el nombre de alineamiento que hemos creado.

Se guarda el trabajo con “ok”

Las características geométricas para el trazo son las siguientes:

Figura 14. Propiedades de curva



- Δ** = Ángulo de deflexión
- PI** = Punto de intersección
- PC** = Principio de curva
- PT** = Principio de tangente
- R** = Radio
- St** = Subtangente
- Lc** = Longitud de curva
- OM** = Ordenada media
- E** = External

3.5.3. Rotulado del alineamiento

Para el rotulado del alineamiento horizontal se debe indicar la siguiente orden con los comandos:

Figura 15. Ruta configuración de etiquetas



Inmediatamente después de estas instrucciones aparece una caja de dialogo, en la cual aparecen las siguientes opciones:

Station labels: coloca los estacionamientos en el eje carretero

Station points labels: Coloca los PC (Principio de curva) y PT (Principio de tangente) de las curvas en el alineamiento.

Perpendicular labels: Se refiere a, si se desea que las etiquetas o rotulado de estacionamientos aparezca perpendicularmente al eje.

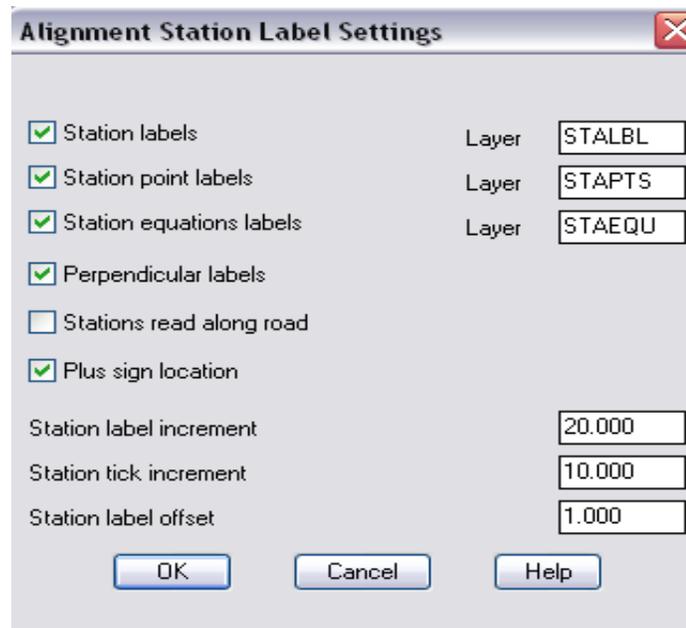
Station read along road: hay que verificar que no esté activado, para que las etiquetas permanezcan en su lugar.

Plus sign localization: asigna automáticamente la separación entre la marca del estacionamiento y la etiqueta.

Station labels increment: indica a qué distancia se quieren colocar las etiquetas, generalmente se usa 20 m.

Station tick increment: coloca marcas de estacionamientos, puede usarse 20 m.

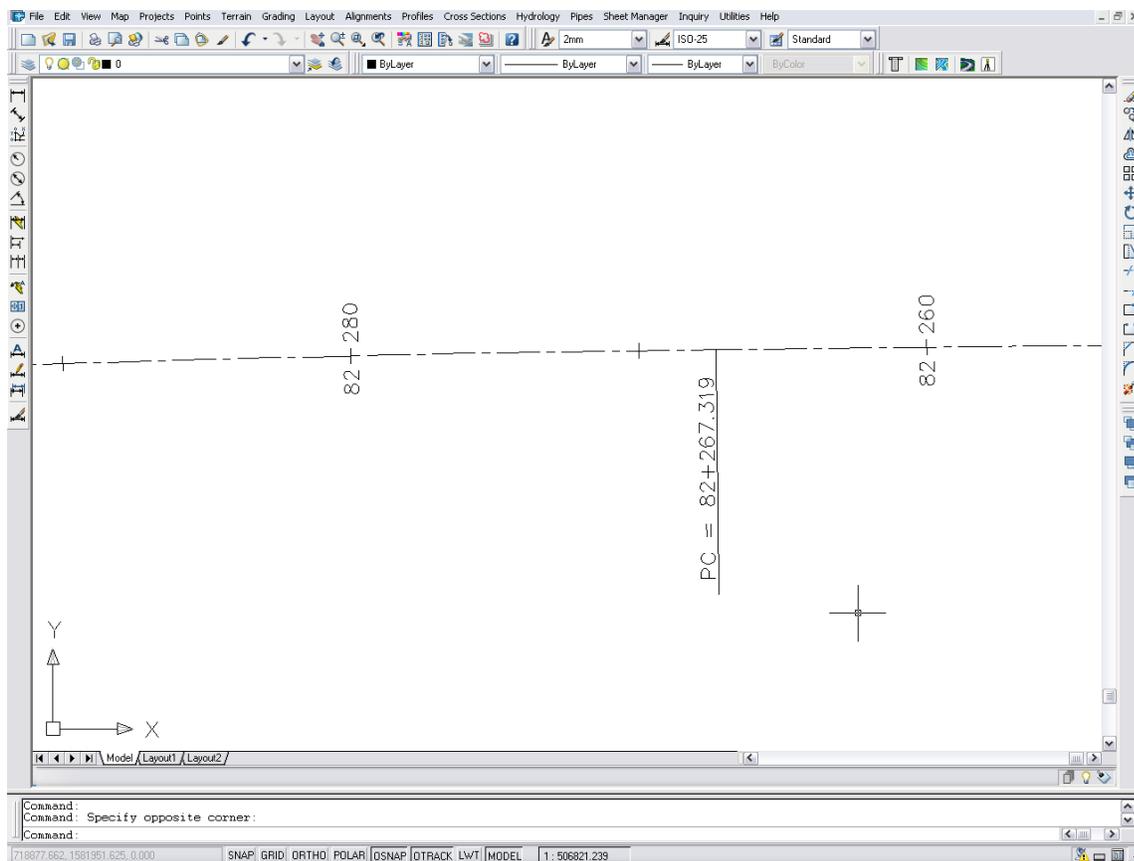
Figura 16. Configuración de etiquetas



Luego de haber ingresado los valores requeridos en la caja de dialogo, se acepta la información con “ok”

Los resultados después de todo este proceso, es el siguiente:

Figura 17. Eje central de proyecto



El eje de la carretera está representado con una línea discontinua para que sea de fácil interpretación, luego se muestran los estacionamientos del eje, además se indica el principio de curva que se identifica por medio de la abreviatura PC; luego de haber trazado la línea central del proyecto es

necesario crear las curvas de nivel y así poder sacar las secciones originales del proyecto.

3.6. Importar puntos al programa

A continuación se presenta sobre un plano una serie de entidades tridimensionales o espaciales, como es el caso de la superficie terrestre. Para ello, la geometría nos brinda una serie de sistemas de representación para diferentes aplicaciones prácticas. De entre todos ellos, se elige el sistema de planos acotados. En éste sistema cada punto de la superficie puede representarse mediante su proyección sobre el plano y su altura o elevación (cota).

Por lo tanto podemos observar que la representación podría reducirse a una serie de puntos aleatorios de terreno, usualmente denominados “puntos sueltos”, cada uno de ellos con su cota respectiva. Un número de puntos pequeños ocasionara imprecisiones a veces inadmisibles, mientras que un elevado número de ellos dificultará en gran medida la lectura e interpretación del plano final, además de necesitar cálculos más complejos.

Los pasos a seguir para trasladar la información almacenada de la estación total al programa son los siguientes:

Figura 18. Ruta configuración de puntos



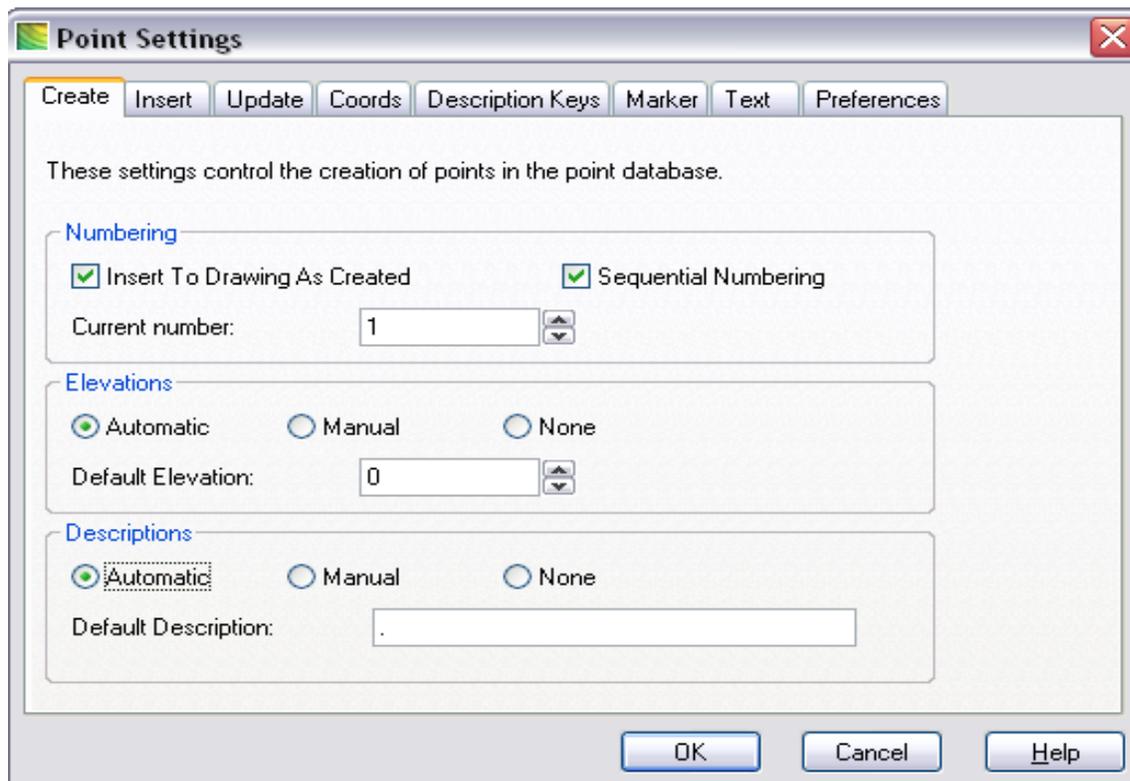
Como se puede visualizar en Figura 19. Existen varias pestañas en el cuadro de dialogo, a continuación se indican las pestañas que deben ser editadas dentro del cuadro.

Create: Se deben configurar que las elevaciones y las descripciones estén marcadas con el punto como se muestra en la grafica.

Insert: Activar la orden actual elevation

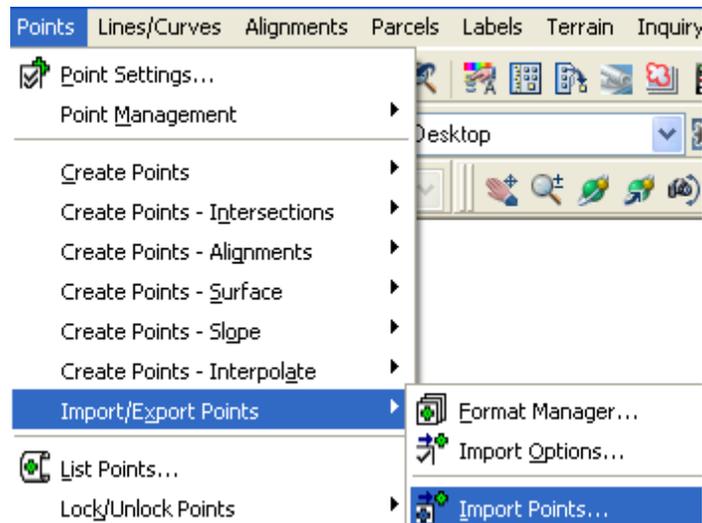
Marker: la pestaña debe estar activa de igual forma la opción AutoCAD POINT for marker.

Figura 19. Propiedades de configuracion para importar puntos



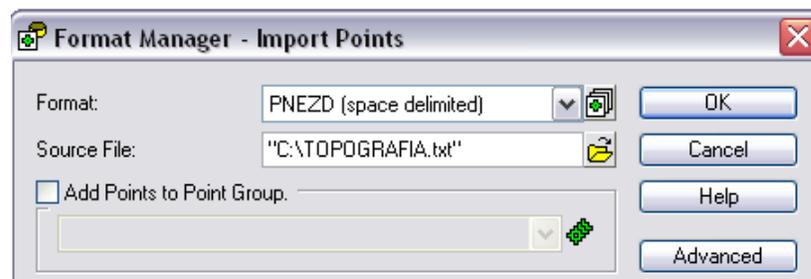
Luego de haber realizado la configuración necesaria se procede directamente a importar los puntos al programa.

Figura 20. Ruta para importar puntos



A continuación aparece una caja de dialogo, de la cual se selecciona el archivo con la información de campo (archivo bajado de la estación total), se acepta la información pulsando el botón "ok".

Figura 21. Ventana para importar puntos



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, en este caso utilizaremos PNEZD o PYXZD (space delimited), el cual significa lo siguiente:

P: punto

N: norte (y), E: este (x)

Z: elevación (z), D: descripción

(Space delimited): delimitado por tabulaciones o espacios,

A continuación se muestra una libreta topográfica obtenida de una estación total donde cada una de las columnas corresponde al ordenamiento que tiene el formato antes descrito.

Figura 22. Libreta de topografía digital

| Archivo | Edición | Formato | Ver | Ayuda |
|---------|------------|-----------|---------|----------------|
| 9194 | 1582933.97 | 710821.18 | 261.117 | SAL.CORTINA |
| 9195 | 1582933.76 | 710821.21 | 261.104 | SAL.CORTINA |
| 9196 | 1582939.64 | 710828.77 | 261.957 | SAL.CORTINA |
| 9197 | 1582939.50 | 710828.87 | 261.959 | SAL.CORTINA |
| 9198 | 1582917.48 | 710833.20 | 261.129 | ENT.CORTINA |
| 9199 | 1582917.44 | 710833.36 | 261.140 | ENT.CORTINA |
| 9200 | 1582923.34 | 710840.87 | 261.927 | ENT.CORTINA |
| 9201 | 1582923.19 | 710840.99 | 261.924 | ENT.CORTINA |
| 9202 | 1583128.87 | 710615.27 | 268.405 | B-33 |
| 9203 | 1582971.64 | 710815.18 | 263.493 | B-32 |
| 9204 | 1585538.31 | 709678.81 | 294.326 | TN |
| 9205 | 1585531.23 | 709686.81 | 292.656 | C.RIO |
| 9206 | 1585524.35 | 709675.71 | 297.126 | C.RIO |
| 9207 | 1585522.31 | 709677.48 | 295.195 | TN |
| 9208 | 1585520.37 | 709680.24 | 292.232 | P.ALETON |
| 9209 | 1585520.34 | 709680.20 | 293.691 | S.ALETON |
| 9210 | 1585520.15 | 709680.49 | 293.720 | S.ALETON |
| 9211 | 1585515.54 | 709680.17 | 295.782 | TUB.3AGUAGALV. |
| 9212 | 1585513.10 | 709679.73 | 296.786 | S.ALETON |
| 9213 | 1585513.16 | 709679.34 | 296.819 | S.ALETON |
| 9214 | 1585506.82 | 709684.98 | 297.369 | E.PUENTE |
| 9215 | 1585507.10 | 709684.08 | 297.269 | S.ALETON |
| 9216 | 1585507.73 | 709683.59 | 296.996 | S.ALETON |
| 9217 | 1585508.23 | 709683.78 | 297.051 | S.ALETON |
| 9218 | 1585511.50 | 709687.40 | 294.727 | S.ALETON |
| 9219 | 1585569.73 | 709692.01 | 293.636 | TN |
| 9220 | 1585562.47 | 709689.82 | 292.959 | C.RIO |
| 9221 | 1585560.51 | 709689.22 | 292.126 | F.RIO |
| 9222 | 1585554.88 | 709687.83 | 292.173 | F.RIO |
| 9223 | 1585554.76 | 709687.66 | 294.205 | C.RIO |
| 9224 | 1585548.49 | 709686.18 | 293.989 | TN |
| 9225 | 1585571.59 | 709714.94 | 295.734 | TN |
| 9226 | 1585555.70 | 709703.41 | 292.479 | C.RIO |
| 9227 | 1585555.46 | 709703.18 | 291.754 | F.RIO |
| 9228 | 1585549.70 | 709699.06 | 291.810 | F.RIO |
| 9229 | 1585538.36 | 709710.69 | 292.090 | C.RIO |

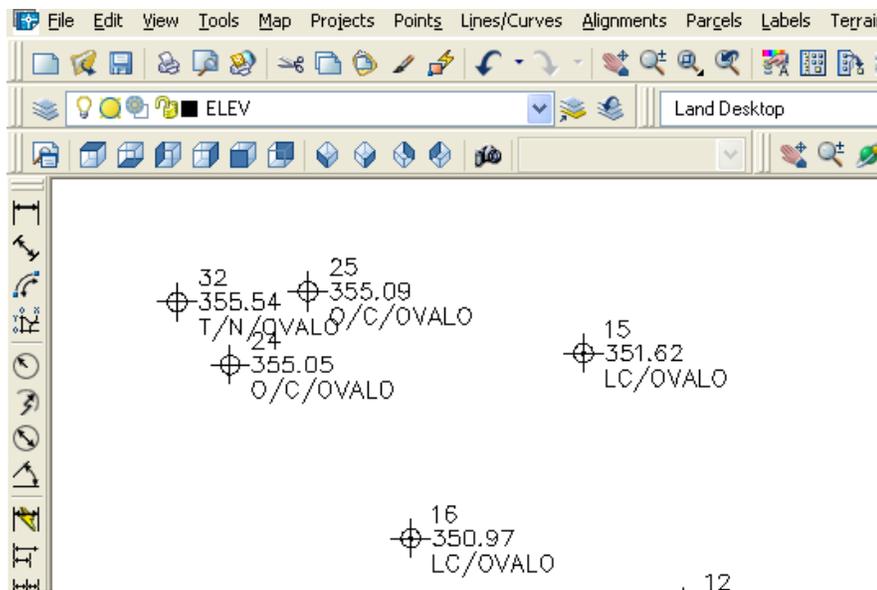
Después de hacer esto, el programa comienza a cargar la información, y a la vez crea los layers de puntos, descripciones y elevaciones.

Se acepta la información presionando el botón “ok”

En la Figura 23 Se muestra claramente cómo es que son dibujados los puntos topográficos en un plano de coordenadas dentro del programa.

El dato que aparece en la parte superior corresponde al número de punto, así mismo el valor que se muestra en la parte intermedia se refiere a la elevación y por último la descripción de dicho punto.

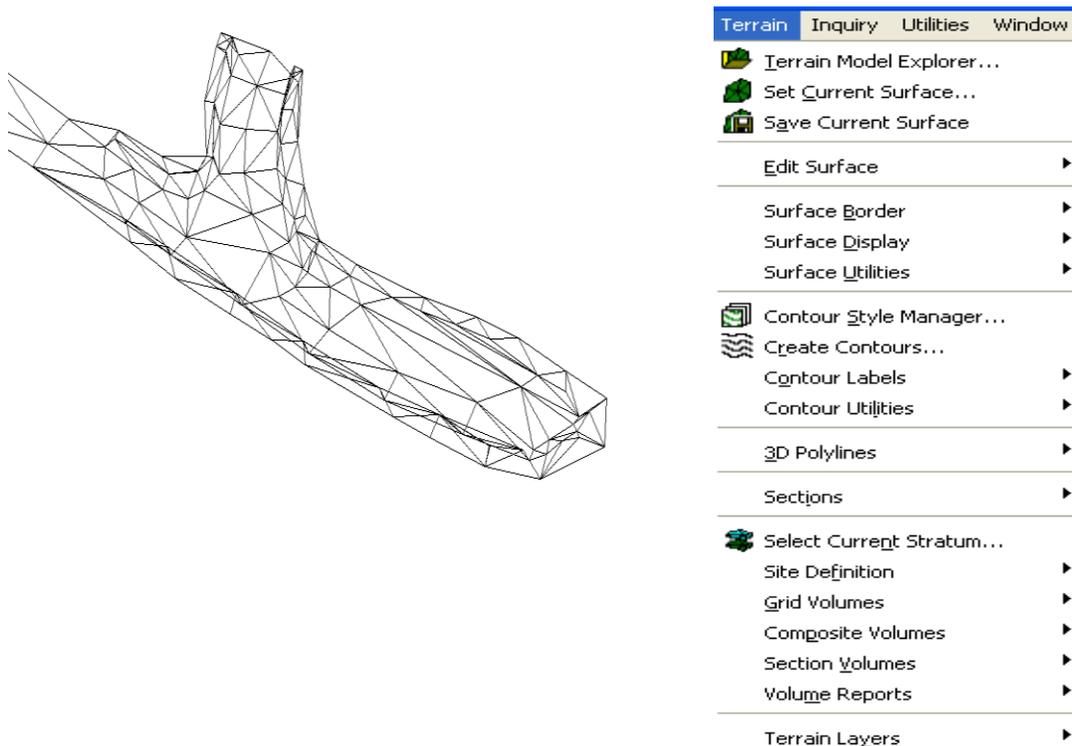
Figura 23. Vista de puntos importados en el programa



3.7. Modelamiento digital de terrenos: Menú “Terrain”

El modelo digital de terreno que crea AutoCAD Land Desktop

Figura 24. Ruta para ver el menú de terreno



Autodesk land desktop crea una malla de triángulos irregulares en tercera dimensión (3D), cuyos vértices representan los puntos topográficos o los vértices de las curvas de nivel digitalizadas.

Esta es una pequeña descripción se enseñara a modelar terrenos a partir de información topográfica. Para poder desarrollar correctamente la

materia no se seguirá el orden de los comandos, tal como vienen en el menú, sino el orden lógico del trabajo.

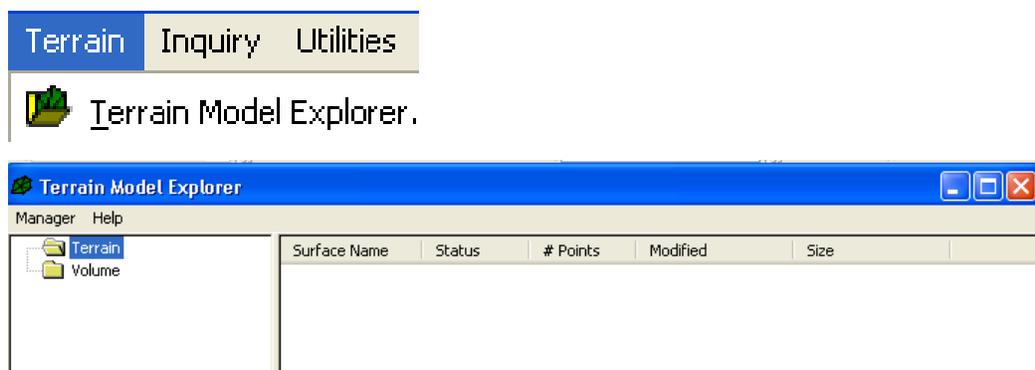
Primero se calculará la malla, luego se usarán los comandos que permiten visualizar la superficie en tercera dimensión, se calcularán las curvas de nivel.

3.7.1. Modelamiento digital de un terreno

El proceso de modelar un terreno se compone de tres pasos básicos.

- 1.- Selección de los datos o información topográfica, con la cual se calculará la superficie.
- 2.- Cálculo de malla o superficie con la información seleccionada en el paso anterior
- 2.- Corrección de la malla. Se arreglan los errores cometidos por el programa durante el cálculo.

Figura 25. Ruta para crear una superficie



El programa Autodesk Land Desktop tiene 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”

Al seleccionar este comando se despliega el siguiente cuadro:

Al seleccionar la carpeta “Terrain” debería de aparecer la lista de superficies disponibles en el proyecto. En este caso no sucede, porque aun no ha sido ninguna creada. Las superficies son en la práctica directorios en los cuales se guarda tanto la información, que se tomara en cuenta para calcular la malla, como también la misma malla. Por lo tanto, antes de inciar el modelo de modelar un terreno es necesario crear una superficie. Este paso es el que se verá a continuación.

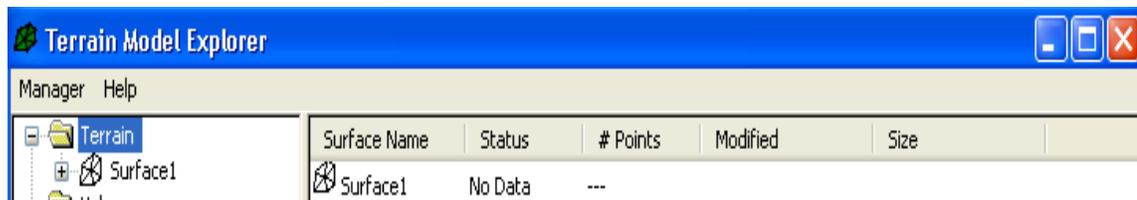
Figura 26. Creación de una superficie



En el menú “Manager” se encuentra el comando “Create Surface”, que permite crear superficies.

Al seleccionarlo, se crea de inmediato una superficie de nombre “Surface 1”. Como aun no se ha seleccionado ninguna información topográfica para esta superficie, aparece en la ventana de la derecha, debajo del titulo “Status”, la expresión “No Data”. Esto significa que no ha sido seleccionado ningún dato para construir la malla.

Figura 27. Superficie creada para modelo digital

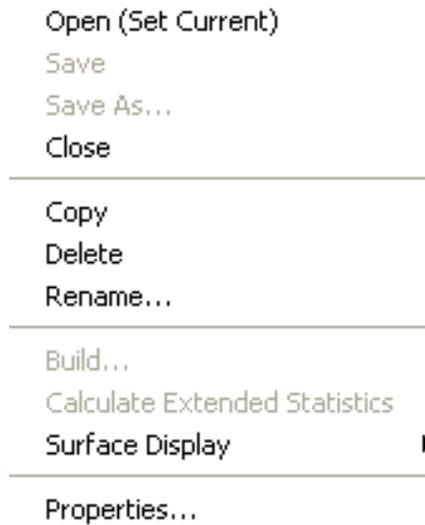


El nombre “surface 1” es asignado por el programa. Generalmente, no es un nombre conveniente de usar, porque no describe a la superficie que se modelará. Por lo tanto, lo común es cambiarle el nombre. Para ello se debe seleccionar con el mouse (ratón) la superficie y luego apretar el botón derecho del mismo. Al hacerlo se despliega el siguiente menú:

El comando que se utiliza para renombrar la superficie es “Rename”. Los demás, serán descritos más adelante, cuando se llegue la oportunidad.

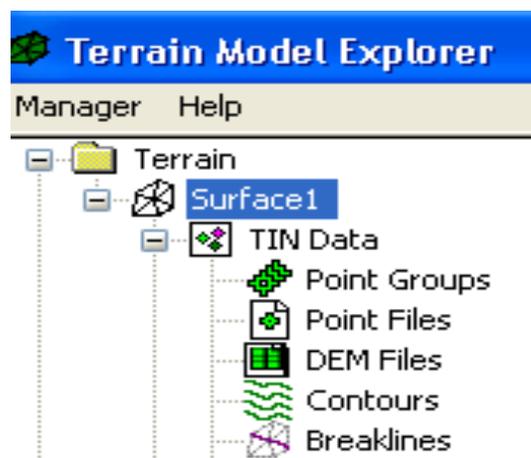
Cuando se selecciona esta instrucción, aparece la siguiente caja: En esta caja se debe ingresar el nombre que se desea asignar a la superficie. Esto significa que el programa va a crear un subdirectorío, con ese nombre, en el directorío Land Projects, con el objeto de guardar ahí toda la información relativa con la superficie.

Figura 28. Propiedades de la superficie



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

Figura 29. Propiedades de la superficie



Los comandos para seleccionar la información topográfica, se encuentran al apretar dos veces con el mouse (“doble click”), sobre la superficie en la cual se desea trabajar. Al realizar esta operación, se despliega una lista de distintas instrucciones, tal como lo muestra la imagen No. x todas se verán con detalle en su oportunidad. Sin embargo, en este punto se concentrara la atención hacia los comandos de selección de información “Surface 1” o “nombre que se le desee asignar a la superficie”. Estos se encuentran, específicamente, bajo el título de “TIN Data”.

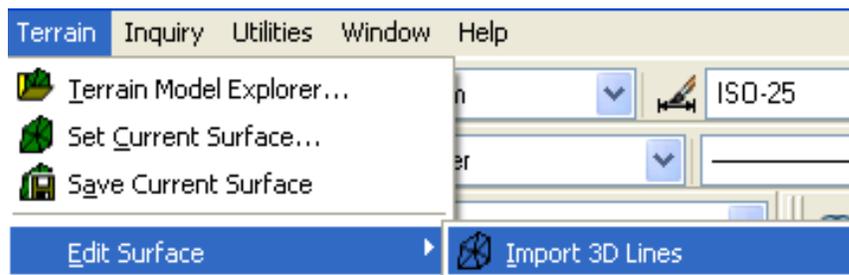
Existen tres posibles fuentes de información topográfica.

Puntos topográficos: Provenientes de un levantamiento topográfico: “Point Group” o “Point files”

Accidentes o quiebres: tales como quebradas, cumbres, ríos, caminos, canales, etc.: “Breaklines”.

Para visualizar la triangulación en la pantalla, Figura No.30. Se hace lo siguiente:

Figura 30. Ruta para importar líneas en tres dimensiones



3.8. Curvas de nivel

Siempre es bueno conocer el terreno para poder modelar las curvas para que sean iguales al resultado que se desea obtener. El análisis del terreno se debe de hacer mediante uno de los programas modernos de modelación de curvas, antiguamente se hacia la interpolación de curvas por una bi-linear interpolación con la superficie triangular entre los puntos de estudio. Las líneas circunscritas son tomadas en cuenta por la triangulación.

3.8.1. Programa para interpolar curvas

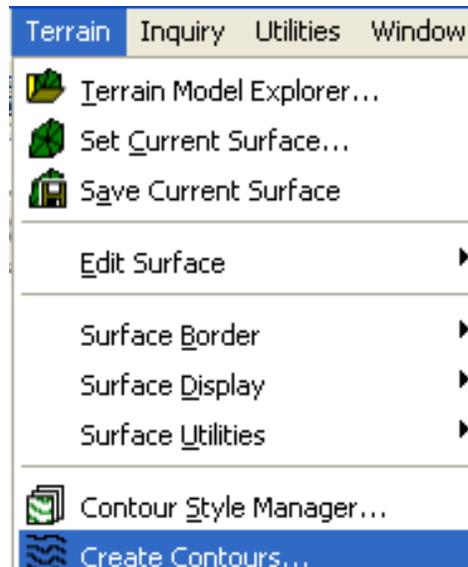
Básicamente construye una red triangular con el propósito de proceder a la creación de una superficie que es computada en cada nodo o vértice de acuerdo al principio básico de cómo lo hacíamos antes que hubieran computadoras, es el mismo principio que rige.

El programa usa triangulación, basado en líneas delimitantes y los puntos integrantes de la nube de puntos.

Luego de haber importado la información de topografía se procede a crear sus curvas de nivel. Con el uso o aplicación de la taquimetría, si vemos detenidamente las graficas anteriores, vemos que en el sistema acotado, los puntos vienen determinados por su proyección sobre el plano y por su cota.

Para elaborar las curvas de nivel se hace lo que se indica a continuación:

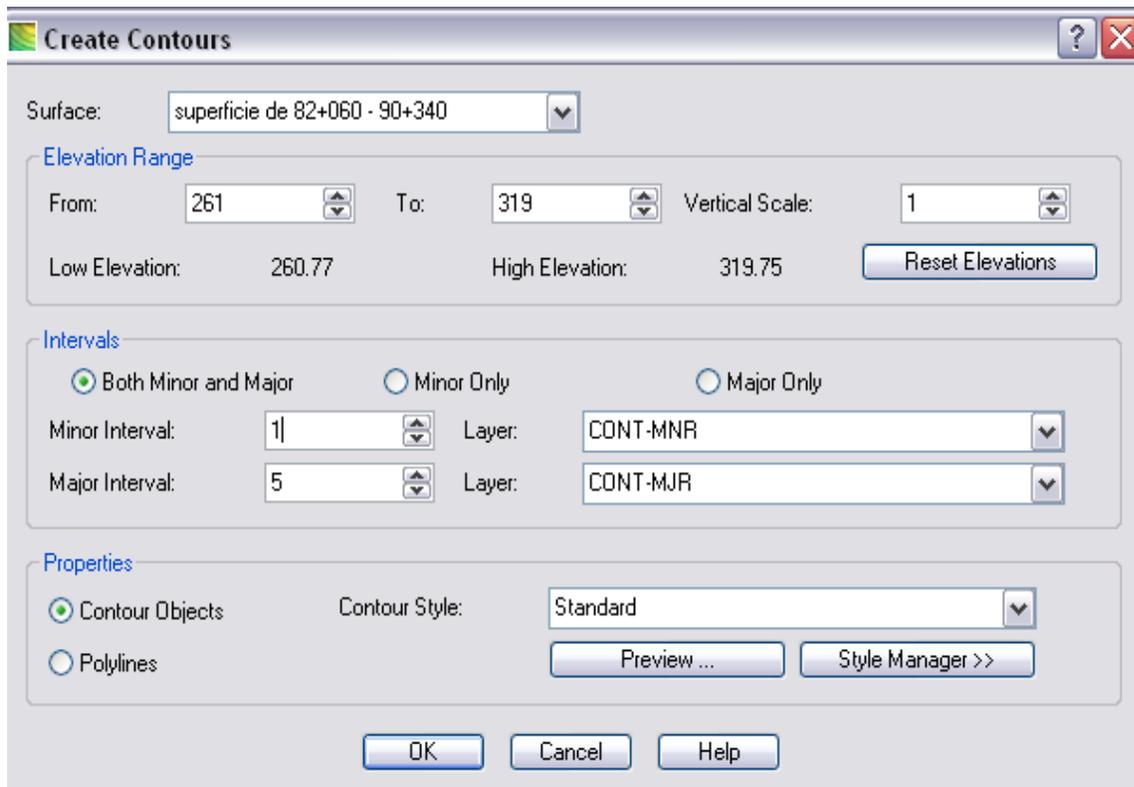
Figura 31. Ruta para crear curvas de nivel



Seguidamente aparece una caja de dialogo, Figura 32, en la cual se ingresa el intervalo al que van a estar las curvas de nivel, y se selecciona “ok”

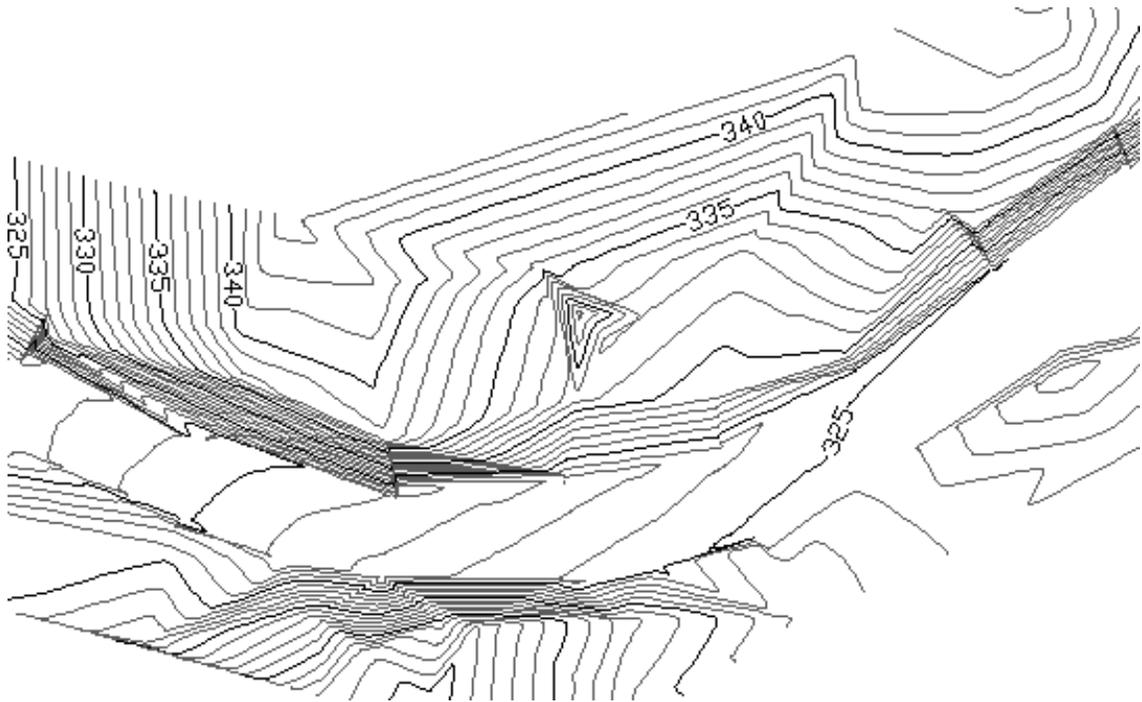
Es importante colocar intervalos entre curvas para poder diferenciar las alturas de cada una, aunque cada una lleve su etiqueta correspondiente.

Figura 32. Cuadro de dialogo para configuración de curvas



El resultado final de todo lo anteriormente descrito, son curvas de nivel dibujadas como se muestra en la siguiente Figura 33. Ahí se muestran curvas de nivel dibujadas en un plano de coordenadas con su correspondiente elevación por cada curva. Las curvas de nivel son importantes para su análisis.

Figura 33. Curvas de nivel



Se guarda el trabajo escribiendo en la línea de comandos QSAVE.

3.9. Perfil

El perfil longitudinal es un corte que se hace a lo largo de eje de la carretera, mostrando los accidentes del terreno, en el cual se hacen los trazos de diseño vertical y son anotadas cada una de las elevaciones que tendrán los niveles de subrasante de la carretera, además serán los valores que se utilicen

en campo, y se entregaran al topógrafo para hacer los respectivos trabajos de movimiento de tierras.

El procedimiento se define a continuación:

El perfil longitudinal del alineamiento horizontal se elabora en el menú perfiles así de esta manera se elige la superficie que anteriormente fue creada.

Figura 34. Ruta para configurar perfiles



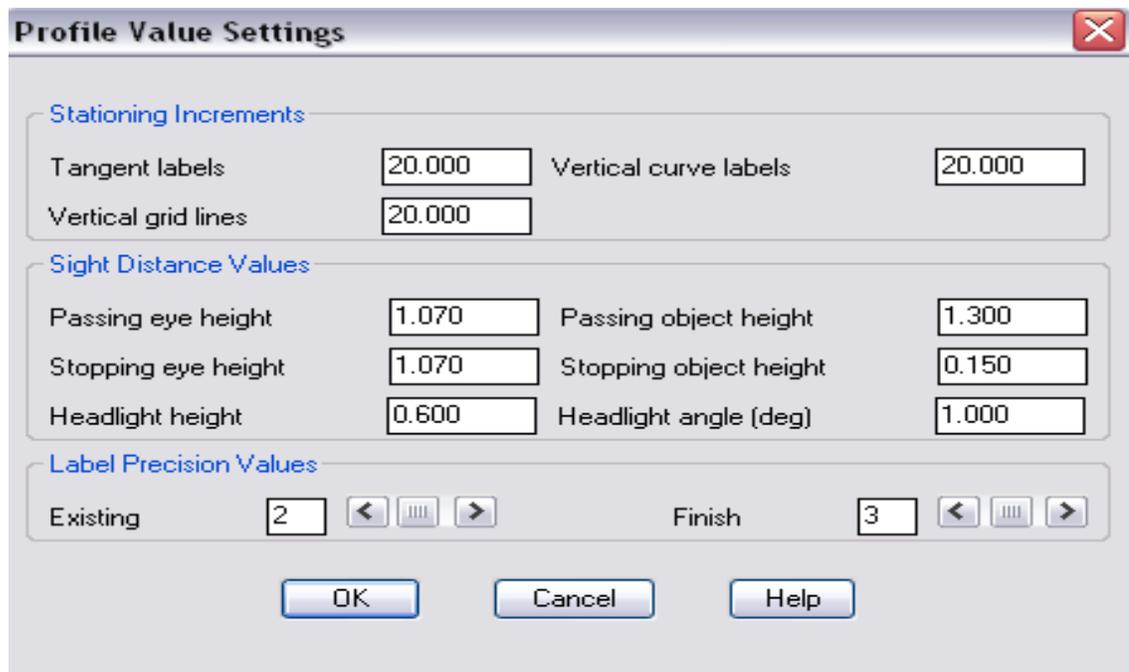
La figura que se muestra a continuación configuración para trazo de perfil figura 35 aparece varios parámetros que nos servirán para generar un perfil del terreno natural.

Station increments: Aquí se controla el incremento en los estacionamientos y en elevaciones, generalmente se utilizan distancias de 20 m.

Sight distance values: Esta parte se refiere a los valores de alturas de visualización de objetos. Por ejemplo: se puede indicar la altura del conductor sobre la carretera, incluso que se desea ver un objeto de unos 0.15 m de altura a una determinada distancia.

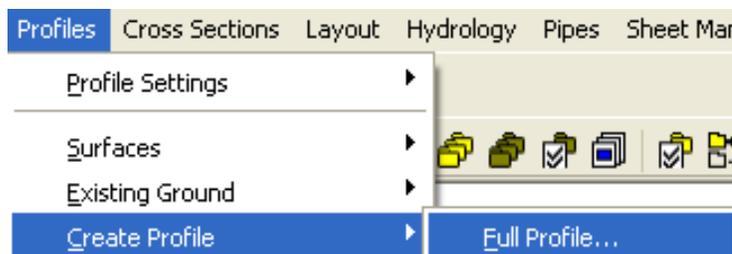
Luego de haber realizado los pasos anteriores se acepta la información marcando “ok”

Figura 35. Configuración para trazo de perfil



Luego de haber realizado todas las configuraciones se procede a dibujar el perfil o corte del terreno de la siguiente manera:

Figura 36. Ruta para dibujar perfiles



A continuación se muestra la descripción de cada una de las instrucciones:

Station range: Indica la estación inicial y final del perfil.

Datum elevation entry: Indica la elevación mínima y máxima del punto donde comienza el perfil, pudiéndose ingresar el factor de escala del perfil. Por ejemplo: un factor de escala de 10 corresponde a una escala horizontal 1:1000 y vertical 1:100 ($1000/100=10$).

Grid creation: es muy importante definir los espaciamientos de la cuadrícula o grilla del perfil, para definirlo se debe modificar el parámetro horizontal spacing y de la misma forma se define el espaciamiento vertical. Grid height define la altura de la cuadrícula del perfil.

Profile creation parameters: aquí se escoge la opción Left/Right, que indica que el perfil se generara de izquierda a derecha respecto del alineamiento horizontal.

Figura 37. Ventana de configuración de escala



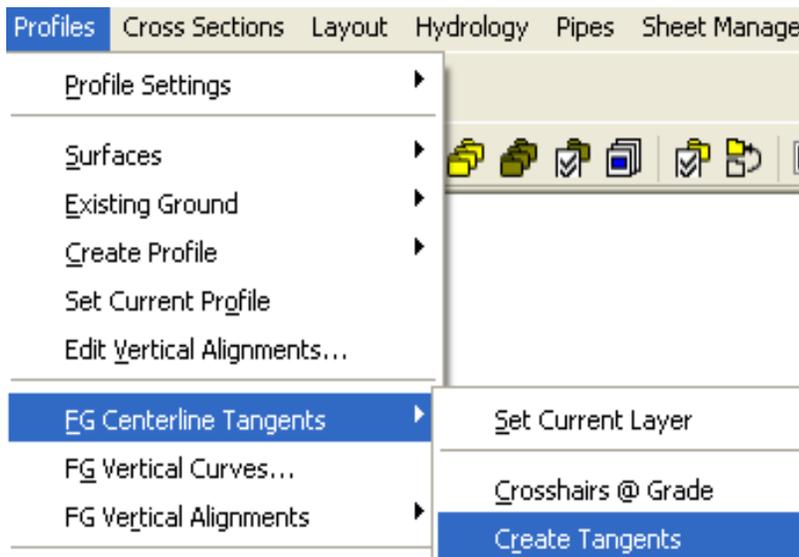
Se acepta la información marcando el botón "ok"

Una vez se ha generado el perfil del alineamiento horizontal, se dibujan las tangentes de la subrasante y posteriormente las curvas verticales como se describen a continuación.

3.9.1. Línea de subrasante

Para dibujar tangentes verticales sobre el perfil se hace lo siguiente:

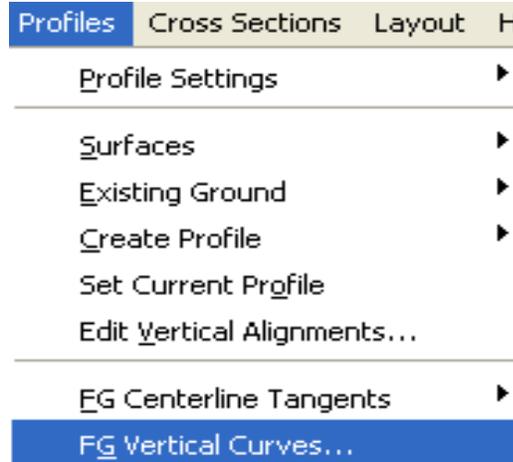
Figura 38. Ruta para crear tangentes en perfil vertical



Posterior a estas órdenes, el programa pide el estacionamiento y la elevación del punto de inicio de la primera tangente, seguido de la longitud de tangente y su respectivo porcentaje de pendiente. Luego el procedimiento se repite para generar la segunda tangente, hasta que se termine de diseñar la subrasante.

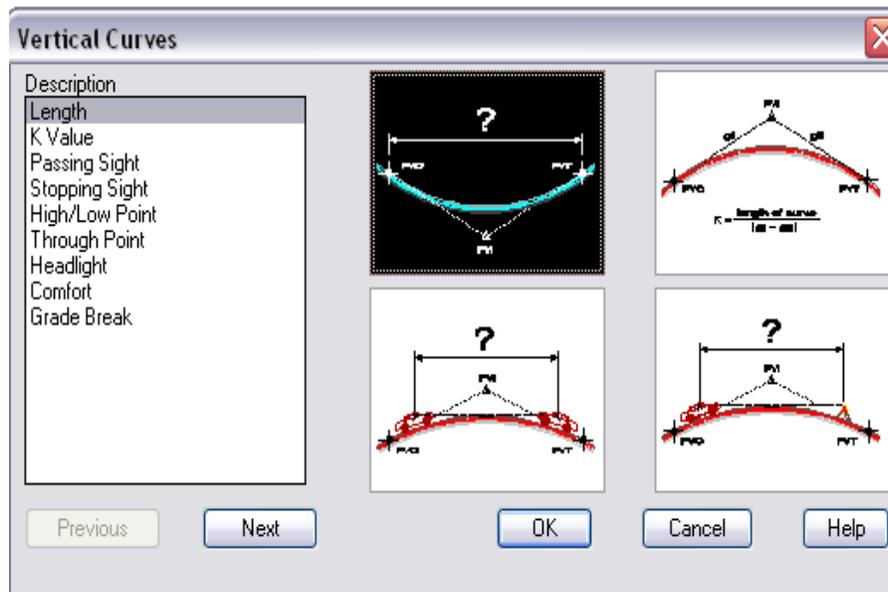
Con la subrasante elaborada se procede a diseñar las curvas verticales:

Figura 39. Ruta para crear curvas verticales



A continuación se despliega una caja de diálogo, Figura 40., en la cual aparecen nueve opciones para dibujar curvas verticales, luego de esto se selecciona la opción más adecuada a las condiciones de subrasante.

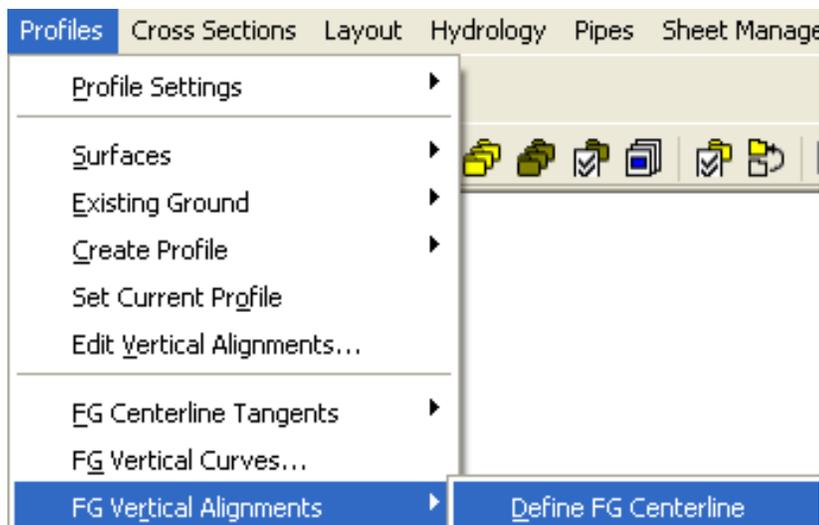
Figura 40. Diseño de curvas verticales



Por ejemplo: al seleccionar la opción “length” longitud, el programa pide que se marque la tangente izquierda y la tangente derecha entre las cuales se colocara la curva, luego muestra el factor K de visibilidad mínimo y la longitud de curva para este factor, entonces si dicha longitud es muy pequeña se puede modificar y automáticamente coloca la curva vertical.

Como cada tangente y cada curva vertical son entidades separadas, entonces es necesario unir dichas entidades así:

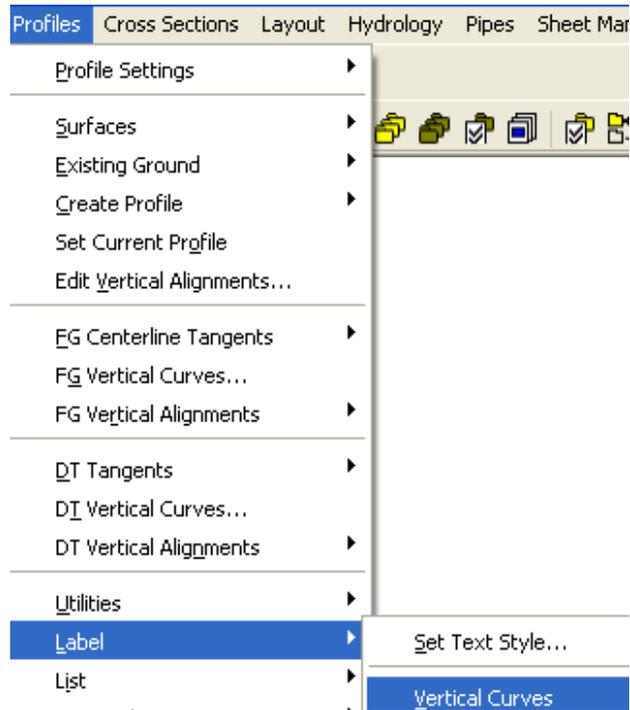
Figura 41. Ruta para definir la subrasante



A continuación se selecciona cada una de las entidades del alineamiento y de esta manera queda definido el alineamiento vertical.

Para rotular el alineamiento vertical, se rotulan las curvas y las tangentes de la siguiente manera:

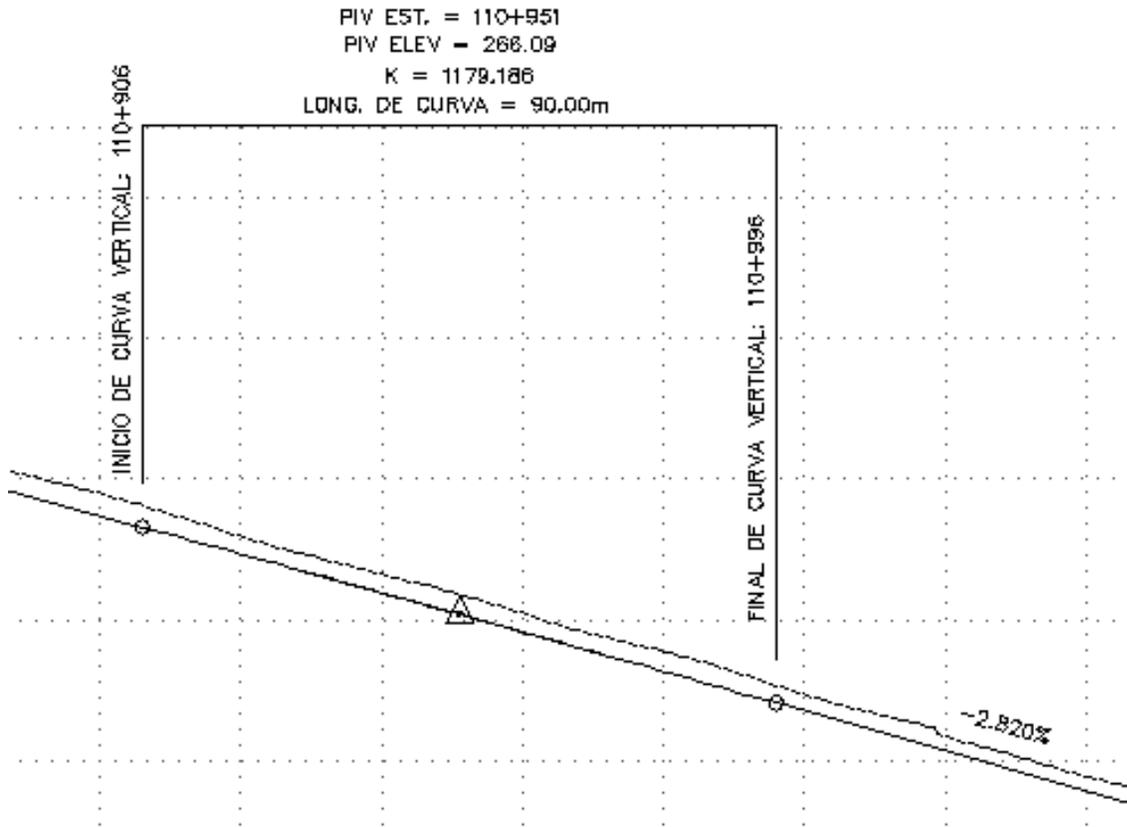
Figura 42. Ruta para definir curvas verticales



Se selecciona tangente de entrada, luego la tangente de salida y por último se define la longitud de curva que se colocara.

Se guarda el trabajo escribiendo en la línea de comandos QSAVE.

Figura 43. Perfil



3.10. Secciones transversales

La sección típica es aquella que es asignada según el tipo de carretera que se está construyendo, en este caso se está trabajando una autopista a cuatro carriles, llamada sección típica "A", ésta sección típica es la que se colocara en las secciones transversales del terreno, y se servirá de modelo para el cálculo de los volúmenes de movimiento de tierras, para generarla se procede de la siguiente forma:

El primer paso es cambiar al menú Cross Section

Luego se crea un nuevo layer y se le coloca un nombre

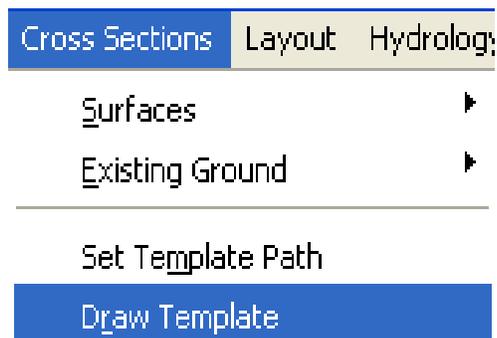
Ahora se indican las escalas en las que se generan las secciones transversales

Entonces, se coloca la escala 1:500 en la escala vertical y 1:500 en la escala horizontal, esta escala es únicamente como recomendación ya que se puede dibujar a la escala que más le convenga al diseñador.

Una vez es cambiada la escala, se dibuja la sección típica así:

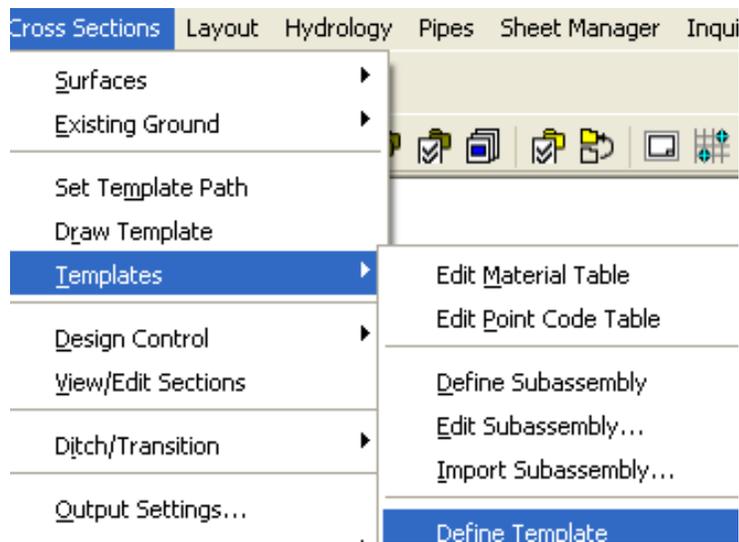
Por ejemplo: para una sección transversal simétrica y con un ancho de media sección de 10.70 m. y un espesor de asfalto de 0.15 m, se procede de la siguiente manera:

Figura 44. Ruta para dibujar una sección para carretera



Entonces se dibuja primero la capa de asfalto. En la barra de comandos de AutoCAD el programa pide la siguiente información, la cual se dibuja ingresando como primer paso el ancho de la sección típica con su respectivo bombeo para el drenaje, luego se debe definir como se muestra a continuación:

Figura 45. Ruta para definir la sección de carretera



Pick finish ground reference point: se debe seleccionar el centro de la sección típica.

Is template symmetrical [yes/no] = no

Select template surface: Se debe seleccionar la sección típica que ha sido dibujada.

Luego se definen los puntos en los cuales la sección típica va a tener contacto con el suelo, esto se hace seleccionando con el botón derecho del

mouse cada línea de dicha sección que cumple con esta condición (de izquierda a derecha)

Datum number <1>: Enter

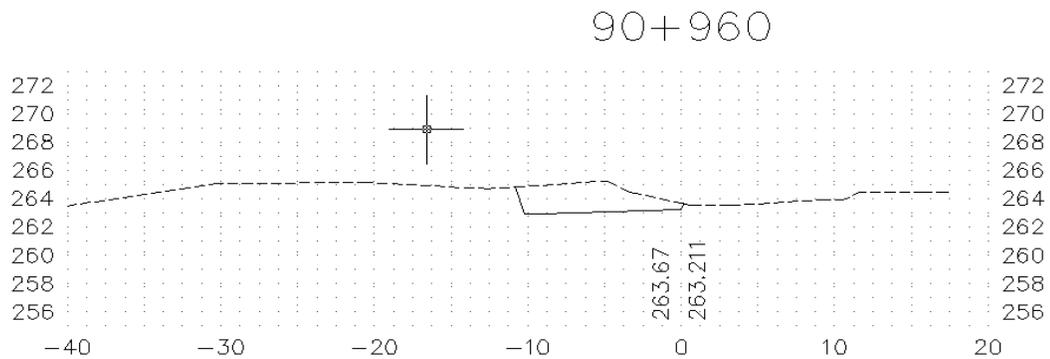
Save template [Yes/No] <Yes>: Yes

Se indica el Nombre que se desea que tenga la sección típica para el proyecto.

Después de definir la sección de control, el programa pregunta si se desea guardar dicha sección, entonces se le indica que si y se le coloca un nombre a la misma.

Se guarda el trabajo escribiendo en la línea de comandos QSAVE.

Figura 46. Ejemplo de sección transversal



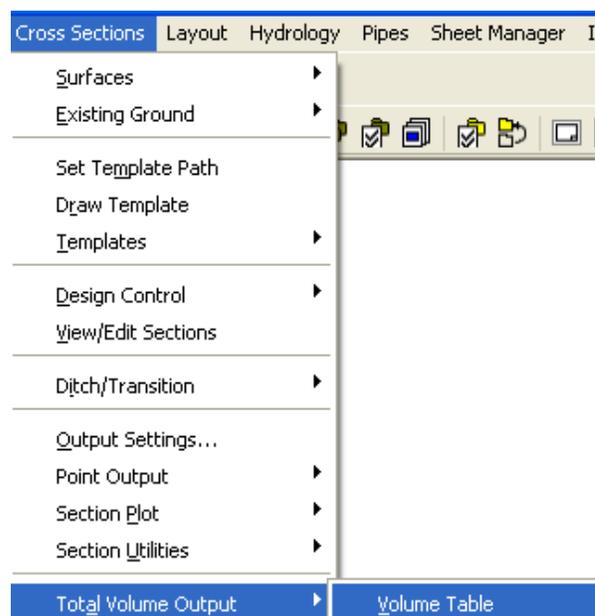
3.11. Tablas de volúmenes

Luego de haber creado las secciones transversales se procede a la determinación de áreas y volúmenes que son el punto central de este documento, en donde determinamos cantidades de movimiento de tierras, aquí es donde se obtienen los volúmenes de distintos tipos de material que existen en el proyecto.

Anteriormente se describe como crear una sección transversal del terreno natural y como generar una sección típica dentro de la sección se puede ver la cantidad de material a retirar que está dentro de la sección típica y así de esta manera obtener áreas de corte y de relleno en donde sea el caso.

Para determinar los volúmenes de corte y de relleno en el programa se deben seguir los siguientes pasos para obtener los resultados deseados.

Figura 47. Ruta para crear la tabla de volúmenes



Luego se genera la tabla de datos que contiene la información de las áreas de corte y relleno, así como los volúmenes de movimiento de tierras.

Tabla II. Volúmenes de movimiento de tierras

| CAMINAMIENTO | AREA | | VOLUMEN PARCIAL DE | | VOLUMEN ACUMULADO DE | |
|--------------|-------|---------|--------------------|---------|----------------------|---------|
| | CORTE | RELLENO | CORTE | RELLENO | CORTE | RELLENO |
| 91+270 | 0.269 | 1.824 | | | | |
| | | | 5.37 | 35.93 | 5.37 | 35.93 |
| 91+280 | 0.268 | 1.769 | | | | |
| | | | 5.36 | 37.58 | 10.73 | 37.58 |
| 91+290 | 0.268 | 1.989 | | | | |
| | | | 5.26 | 40.12 | 15.99 | 40.12 |
| 91+300 | 0.258 | 2.023 | | | | |
| | | | 5.23 | 39.13 | 21.22 | 39.13 |
| 91+310 | 0.265 | 1.890 | | | | |
| | | | 5.72 | 36.52 | 26.94 | 36.52 |
| 91+320 | 0.307 | 1.762 | | | | |
| | | | 6.45 | 32.34 | 33.39 | 32.34 |
| 91+330 | 0.338 | 1.472 | | | | |
| | | | 6.73 | 24.39 | 40.12 | 24.39 |
| 91+340 | 0.335 | 0.967 | | | | |
| | | | 6.82 | 13.66 | 46.94 | 13.66 |
| 91+350 | 0.347 | 0.399 | | | | |
| | | | 10.09 | 4.51 | 57.03 | 4.51 |
| 91+360 | 0.662 | 0.052 | | | | |
| | | | 20.30 | 0.55 | 77.33 | 0.55 |
| 91+370 | 1.368 | 0.003 | | | | |
| | | | 25.20 | 0.09 | 102.53 | 0.09 |
| 91+380 | 1.152 | 0.006 | | | | |
| | | | 15.04 | 1.52 | 117.57 | 1.52 |
| 91+390 | 0.352 | 0.146 | | | | |
| | | | 7.21 | 2.46 | 124.78 | 2.46 |
| 91+400 | 0.369 | 0.100 | | | | |
| | | | 9.10 | 1.00 | 133.88 | 1.00 |

| | AREA | | VOLUMEN PARCIAL DE | | VOLUMEN ACUMULADO DE | |
|--------|--------|-------|--------------------|------|----------------------|------|
| | 91+410 | 0.541 | 0.000 | | | |
| | | | 15.56 | 0.00 | 149.44 | 0.00 |
| 91+420 | 1.015 | 0.000 | | | | |
| | | | 27.62 | 0.00 | 177.06 | 0.00 |
| 91+430 | 1.747 | 0.000 | | | | |
| | | | 28.65 | 0.00 | 205.71 | 0.00 |
| 91+440 | 1.118 | 0.000 | | | | |
| | | | 15.01 | 0.00 | 220.72 | 0.00 |
| 91+450 | 0.383 | 0.000 | | | | |
| | | | 3.83 | 0.00 | 224.55 | 0.00 |

Tabla de resultados que luego de haber realizado todo el procedimiento para el cálculo.

A continuación se muestran dos ejemplos prácticos sobre el cálculo de movimiento de tierras.

3.12. Ejemplo Práctico

El ejemplo que tomaremos es correspondiente al proyecto: Diseño y Construcción de la ampliación a 4 carriles de la ruta centroamericana CA-02 occidente, cuyo tramo consta de 29 kilómetros que actualmente están en construcción de la empresa FCC Construcción.

El segmento que utilizaremos se encuentra ubicado entre las estaciones 82+060 a 82+120. Entre estos 100 metros de análisis resolveremos encontrar el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras utilizando la topografía del lugar proporcionada por la empresa que ejecuta el proyecto.

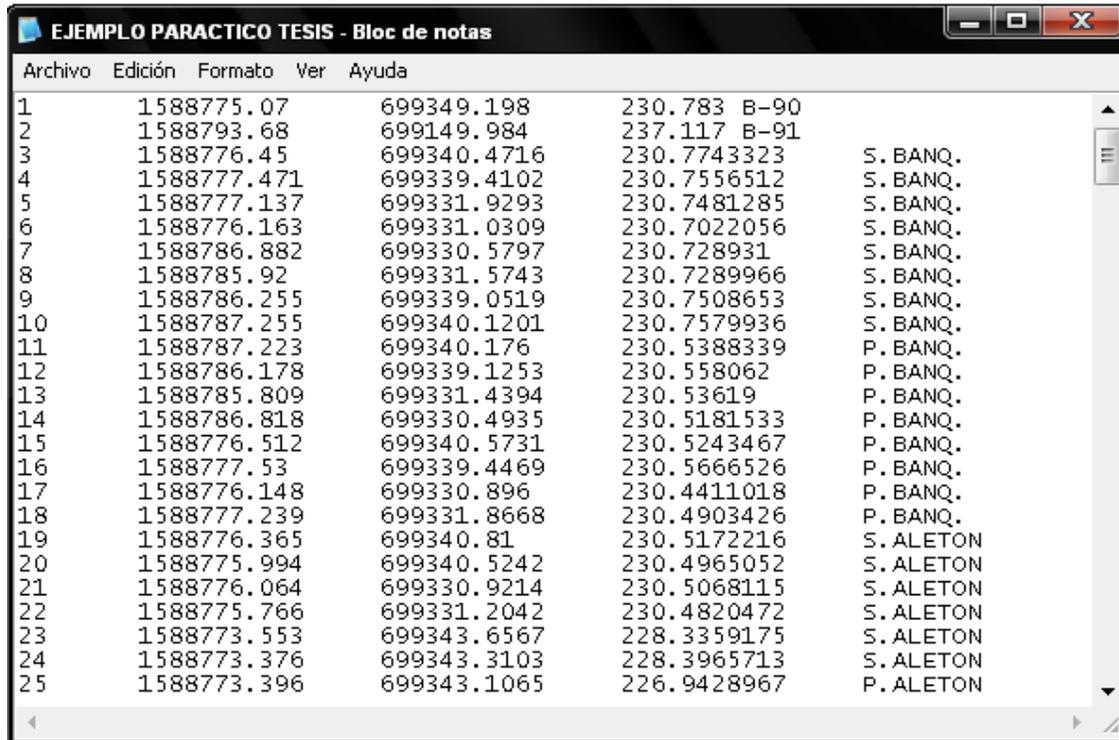
3.12.1. Cálculo de volúmenes

3.12.1.1. Libreta de topografía

La libreta que se muestra a continuación (Figura 49) es la información topográfica del tramo que analizaremos. Cada uno de los datos que se muestran en la libreta de topografía ha sido obtenido de una estación total y que además fue determinada en campo.

Los datos corresponden a puntos, determinando valores de coordenadas en Y norte, X este, y Z elevación. Cuyos datos más adelante se procesaran para determinar con ellos curvas de nivel.

Figura 48. Libreta de topografía



| Archivo | Edición | Formato | Ver | Ayuda | |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------|-----------|
| 1 | 1588775.07 | 699349.198 | 230.783 | B-90 | |
| 2 | 1588793.68 | 699149.984 | 237.117 | B-91 | |
| 3 | 1588776.45 | 699340.4716 | 230.7743323 | | S. BANQ. |
| 4 | 1588777.471 | 699339.4102 | 230.7556512 | | S. BANQ. |
| 5 | 1588777.137 | 699331.9293 | 230.7481285 | | S. BANQ. |
| 6 | 1588776.163 | 699331.0309 | 230.7022056 | | S. BANQ. |
| 7 | 1588786.882 | 699330.5797 | 230.728931 | | S. BANQ. |
| 8 | 1588785.92 | 699331.5743 | 230.7289966 | | S. BANQ. |
| 9 | 1588786.255 | 699339.0519 | 230.7508653 | | S. BANQ. |
| 10 | 1588787.255 | 699340.1201 | 230.7579936 | | S. BANQ. |
| 11 | 1588787.223 | 699340.176 | 230.5388339 | | P. BANQ. |
| 12 | 1588786.178 | 699339.1253 | 230.558062 | | P. BANQ. |
| 13 | 1588785.809 | 699331.4394 | 230.53619 | | P. BANQ. |
| 14 | 1588786.818 | 699330.4935 | 230.5181533 | | P. BANQ. |
| 15 | 1588776.512 | 699340.5731 | 230.5243467 | | P. BANQ. |
| 16 | 1588777.53 | 699339.4469 | 230.5666526 | | P. BANQ. |
| 17 | 1588776.148 | 699330.896 | 230.4411018 | | P. BANQ. |
| 18 | 1588777.239 | 699331.8668 | 230.4903426 | | P. BANQ. |
| 19 | 1588776.365 | 699340.81 | 230.5172216 | | S. ALETON |
| 20 | 1588775.994 | 699340.5242 | 230.4965052 | | S. ALETON |
| 21 | 1588776.064 | 699330.9214 | 230.5068115 | | S. ALETON |
| 22 | 1588775.766 | 699331.2042 | 230.4820472 | | S. ALETON |
| 23 | 1588773.553 | 699343.6567 | 228.3359175 | | S. ALETON |
| 24 | 1588773.376 | 699343.3103 | 228.3965713 | | S. ALETON |
| 25 | 1588773.396 | 699343.1065 | 226.9428967 | | P. ALETON |

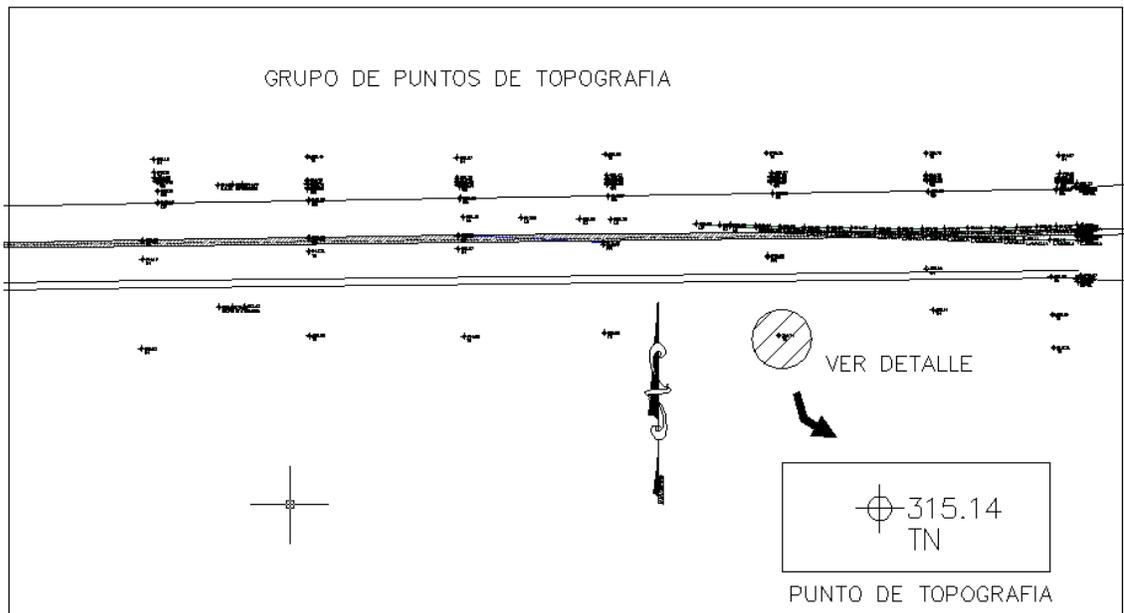
3.12.1.2. Ingreso de topografía

Además de obtener la topografía lo siguiente es el proceso de importar puntos, (ver página 48). Luego de importar los puntos hay un procedimiento a seguir, que es el chequeo de la información obtenida.

Los puntos que se muestran en la figura 49 fueron dibujados en un plano cartesiano ubicando en cada uno de ellos sus coordenadas respectivas, tanto en planimetría como altimetría para poder modelar un sistema tridimensional

ver página 54 donde muestra el proceso para realizarlo en el programa de Autodesk Land.

Figura 49. Grupo de puntos importados



3.12.1.3. Interpolación de topografía

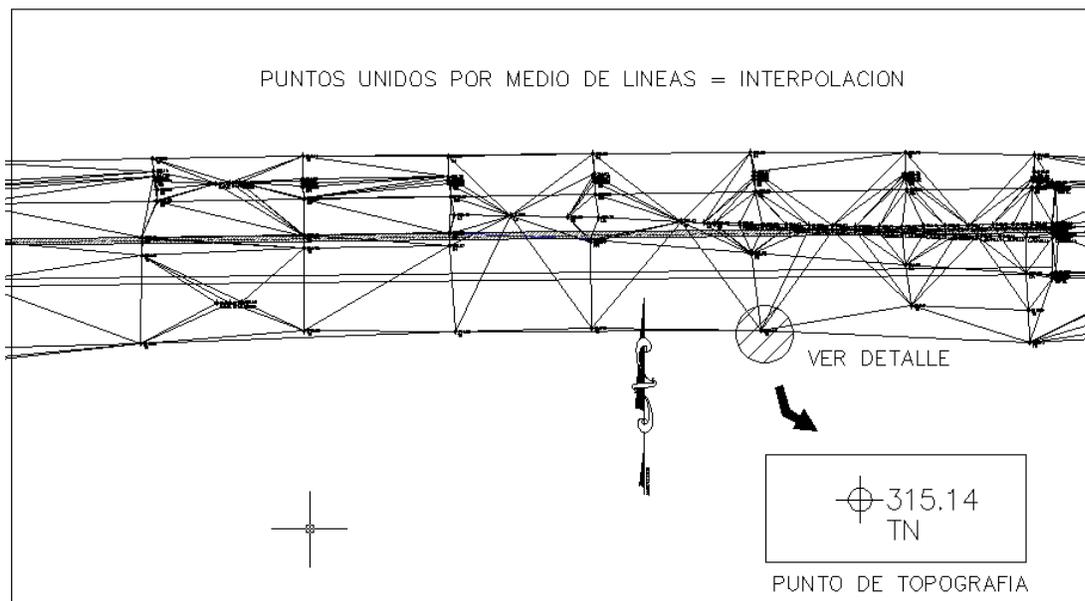
La interpolación espacial consiste en determinar los valores que alcanza una variable Z en un conjunto de puntos definidos por un par de coordenadas (X, Y), partiendo de los valores de Z medidos con topografía en una muestra de puntos situados en la misma área de estudio.

Posteriormente se avanza con la generación de la superficie o triangulación del modelo del terreno ver pág. 53 para generar información.

La superficie o triangulación es importante porque esto permite que el programa pueda generar curvas de nivel correspondientes a la topografía en estudio.

El proceso de interpolación (Figura 50) se realiza por medio de unión de puntos utilizando líneas, formando así un modelo en tres dimensiones, que además es un proceso que el programa hace automáticamente, ésta es una de las ventajas que se permite a los usuarios (ver página 52) donde se muestra el proceso para realizarlo por medio de Land.

Figura 50. Interpolación de puntos topográficos



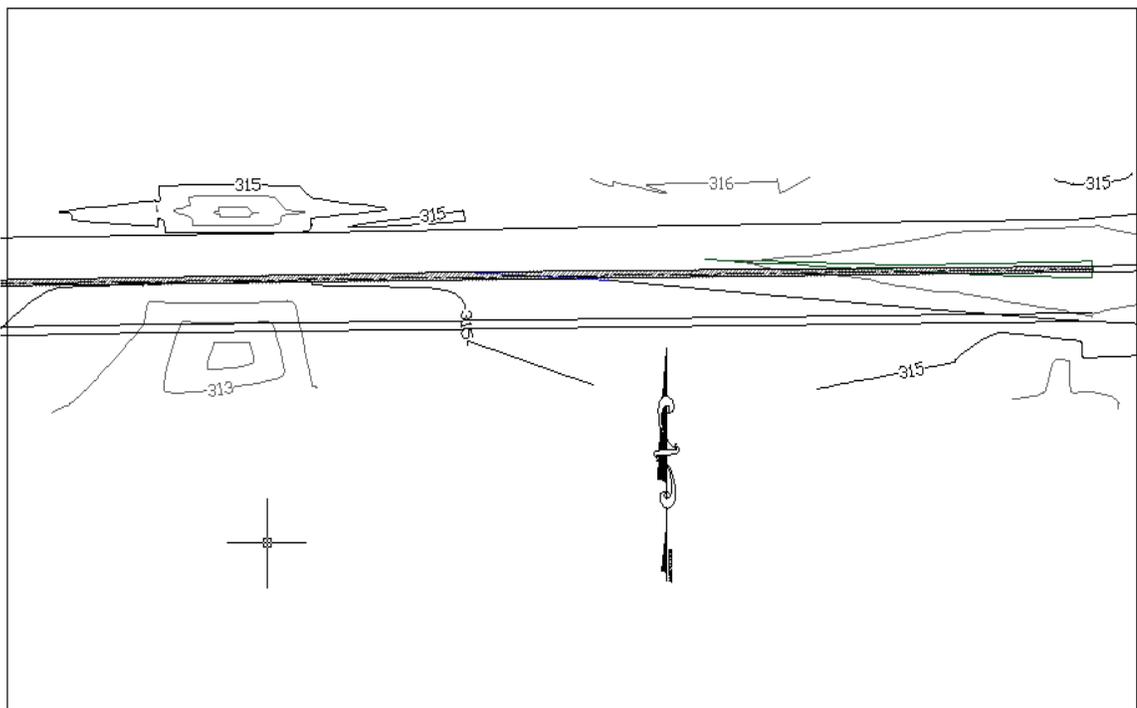
3.12.1.4. Curvas de nivel

Lo que procede en éste momento es crear las curvas de nivel (ver pág. 35 capítulo 3), las distancias a las que se sitúen los planos horizontales son las que

determinan los intervalos verticales entre las curvas, que pueden ser fijos o variables. El nivel cero corresponde al nivel del mar o línea de costa. La altitud de los otros planos suelen corresponder a cifras redondeadas, se puede observar que en el caso de la figura 51 se observa una de las cotas o elevaciones con valor de 316.00 msnm (metros sobre el nivel del mar). Las curvas de nivel son útiles para analizar un terreno y así definir si la región es montañosa o plana.

En el caso de la siguiente gráfica se observa una región bastante plana dato que es definido por medio de las alturas de curvas de nivel.

Figura 51. Curvas de nivel

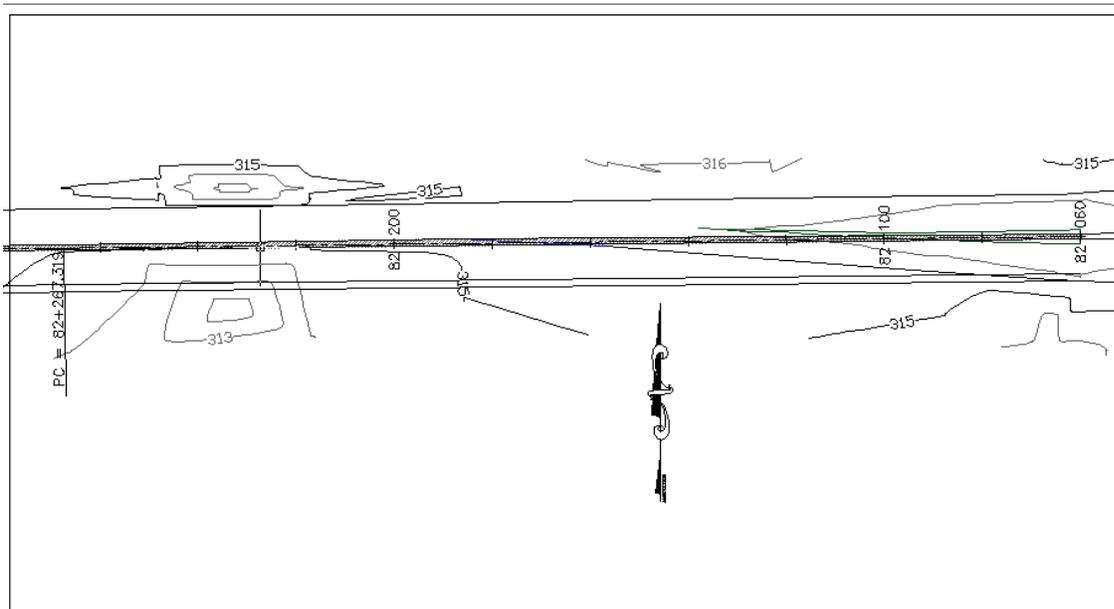


3.12.1.5. Alineamiento horizontal

El eje o alineamiento horizontal es importante para definir el perfil de la carretera, para generarlo en la base de datos del programa ver página 45.

Luego de haber dibujado la línea central del proyecto se procede a generar el estacionamiento correspondiente al eje, se recomienda que se coloquen los estacionamientos a cada 100 metros como se muestra en siguiente gráfica iniciando en el 82+060 al 82+280.

Figura 52. Alineamiento horizontal

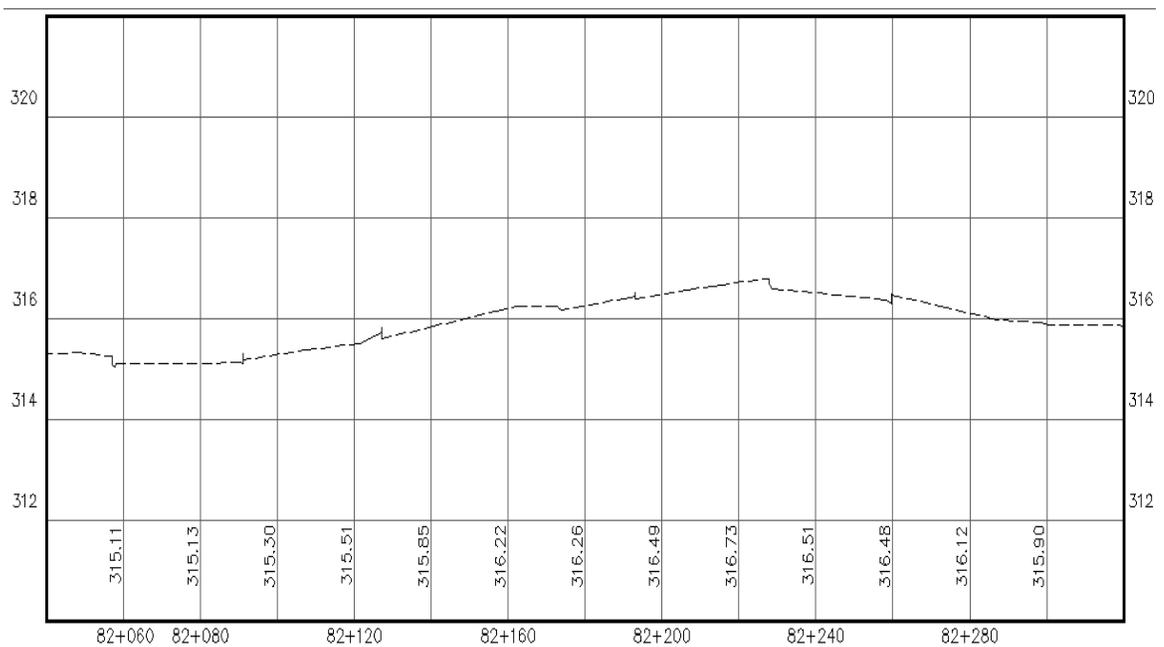


3.12.1.6. Perfil de Carretera

Como se indicó anteriormente el perfil longitudinal es un corte que se realiza a lo largo de eje de la carretera, mostrando los accidentes del terreno, en el cual se hacen los trazos de diseño vertical que son propios del proyecto.

Para trazar el perfil ver página 62, luego de haberlo trazado se puede observar en la grafica siguiente claramente como se muestran los accidentes topográficos del terreno natural.

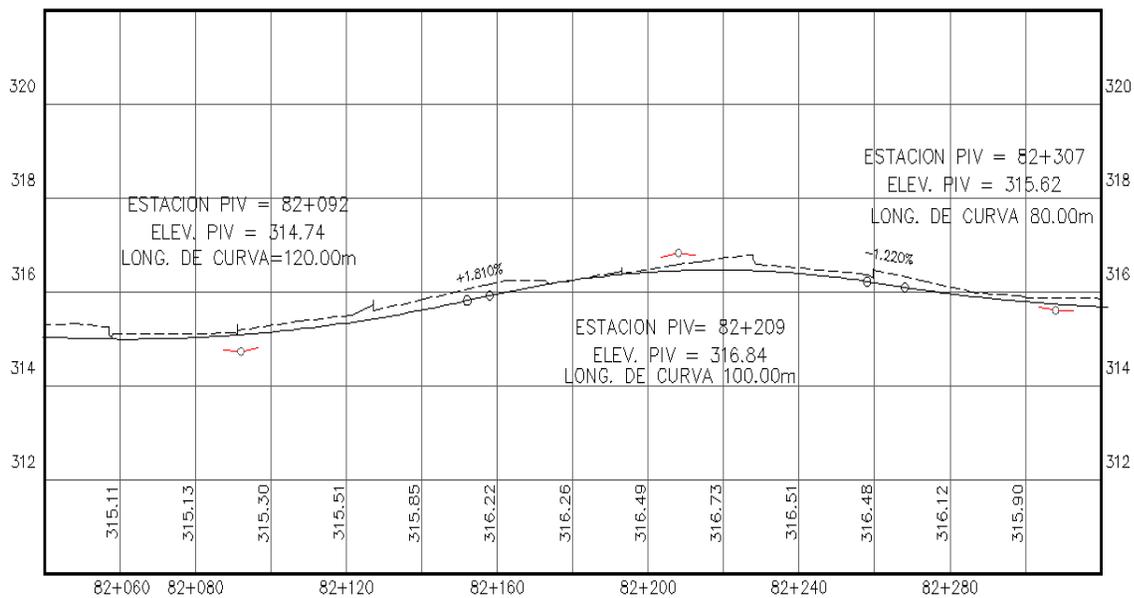
Figura 53. Perfil de terreno natural



3.12.1.7. Niveles de Subrasante

Los niveles de subrasante son importantes en términos constructivos, ya que son los niveles finales que deberán trazar en campo por equipos de topografía. Para determinar estos niveles es necesario dibujar sobre el perfil líneas llamadas tangentes a lo largo del trazo, además para poder definir una subrasante no solamente es necesario dibujar tangentes a lo largo del perfil sino que también deben colocarse curvas verticales (ver página 44) a lo largo del perfil como se mostrara en la siguiente gráfica.

Figura 54. Perfil del terreno natural y línea de subrasante



3.12.1.8. Secciones transversales

Las secciones transversales son cortes perpendiculares a lo largo de todo el eje de la carretera, que sirve para análisis y estudio de movimiento de tierras.

Para generar secciones transversales a lo largo del eje carretero, se debe seguir el procedimiento como se indica en la página 71. A continuación se muestran cuatro secciones transversales, las que servirán de ejemplo para el cálculo del volumen. Estas secciones son cortes transversales a lo largo del eje de la carretera.

En las gráficas 55 y 56 se puede apreciar el terreno natural con línea discontinua. Además en los extremos de la sección se han agregado las elevaciones en la cuadrícula para interpretar gráficamente los rangos de elevación que existen.

Figura 55. Sección transversal

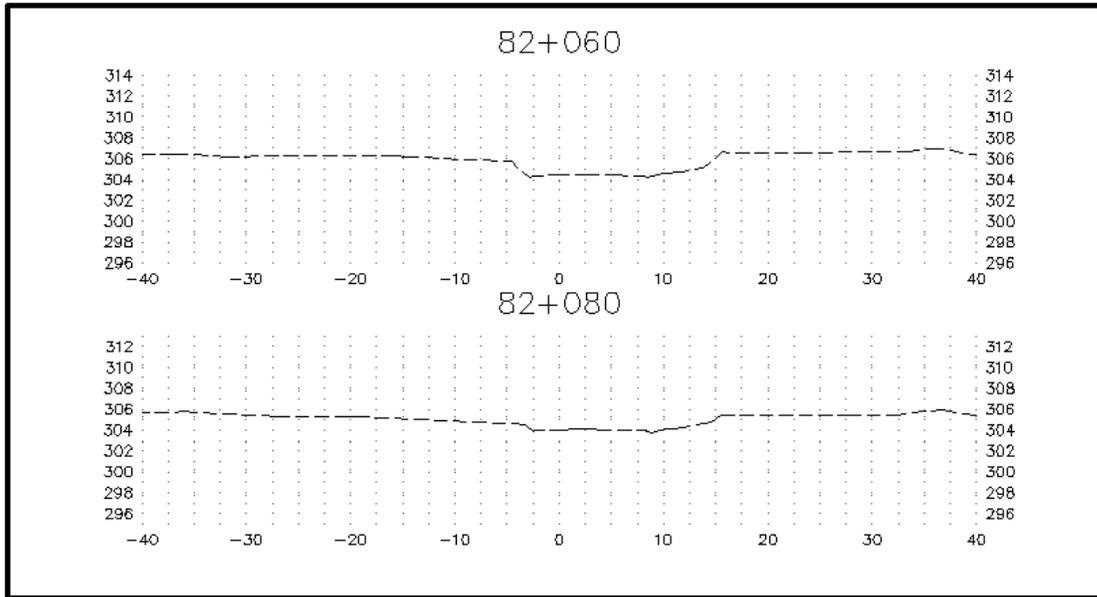
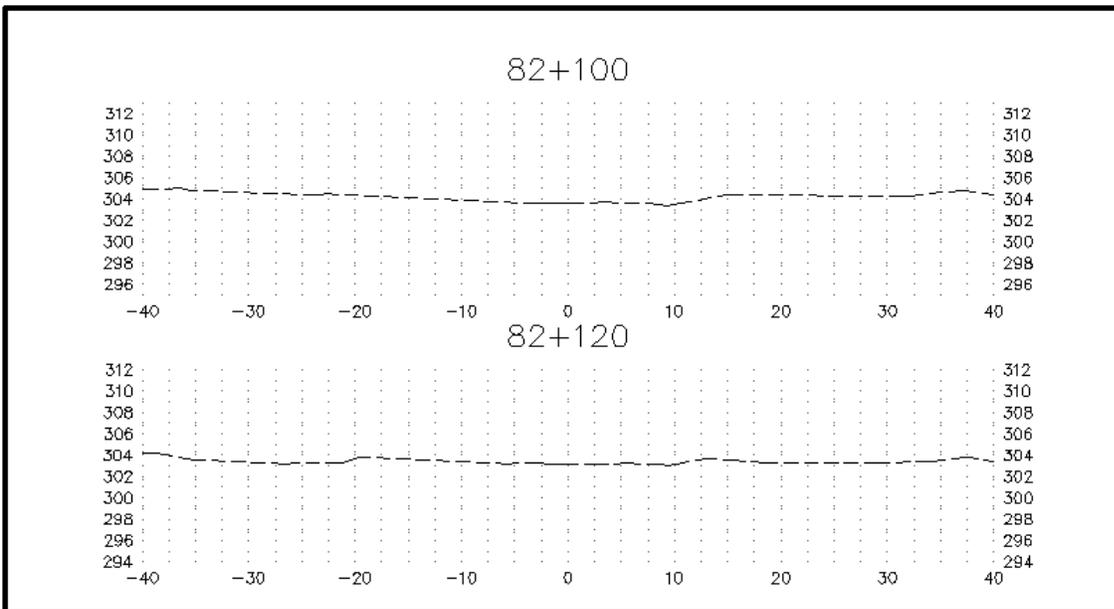


Figura 56. Sección transversal



3.12.1.9. Sección típica

La sección típica de una carretera se determina según la transitabilidad que tenga, en este caso por ser ruta Centroamericana CA-02 se ha determinado una típica tipo "A" según las disposiciones generales de la Dirección General de Caminos, que es conocida como autopista donde está compuesta por cuatro carriles, dos de ellos están ruta hacia el sur occidente del país y los carriles restantes hacia la ciudad de Guatemala. El ancho total de la sección típica es de 21.40 metros en donde se toma en cuenta los cuatro carriles de 3.6 m. cada uno, el arriate central de 1.00 m., los hombro de la carretera de 1.50 m. cada uno, las cunetas de 1.50 m. en donde sean necesarias.

En las secciones que se presentan a continuación se puede apreciar el terreno natural y la sección típica con los anchos anteriormente mencionados. El área que se encuentra entre el terreno natural y la sección típica es el dato que necesitamos para calcular los volúmenes.

Figura 57. Sección típica

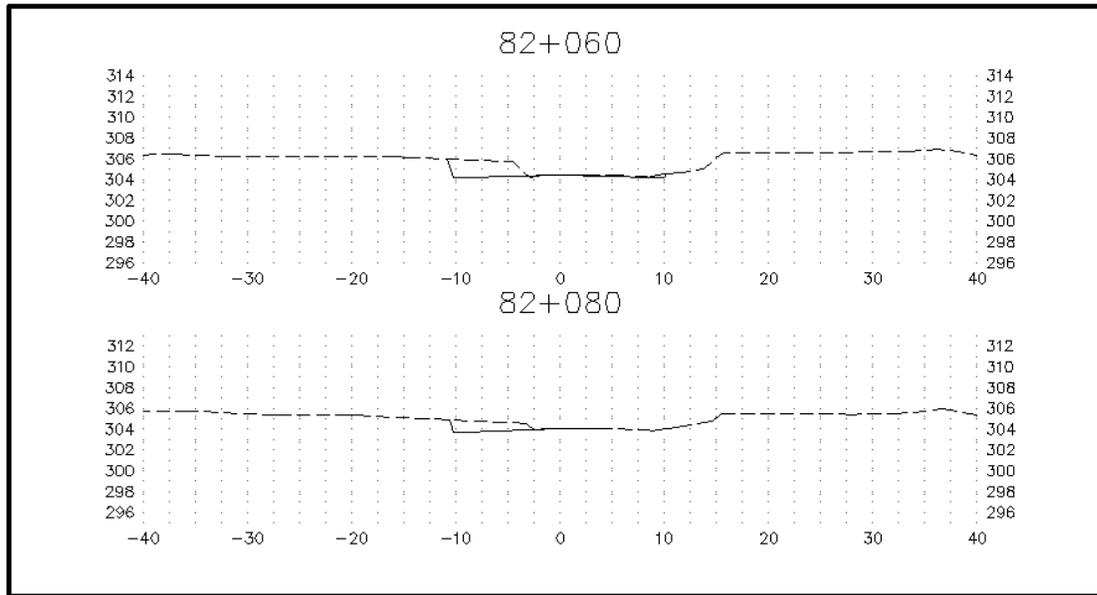
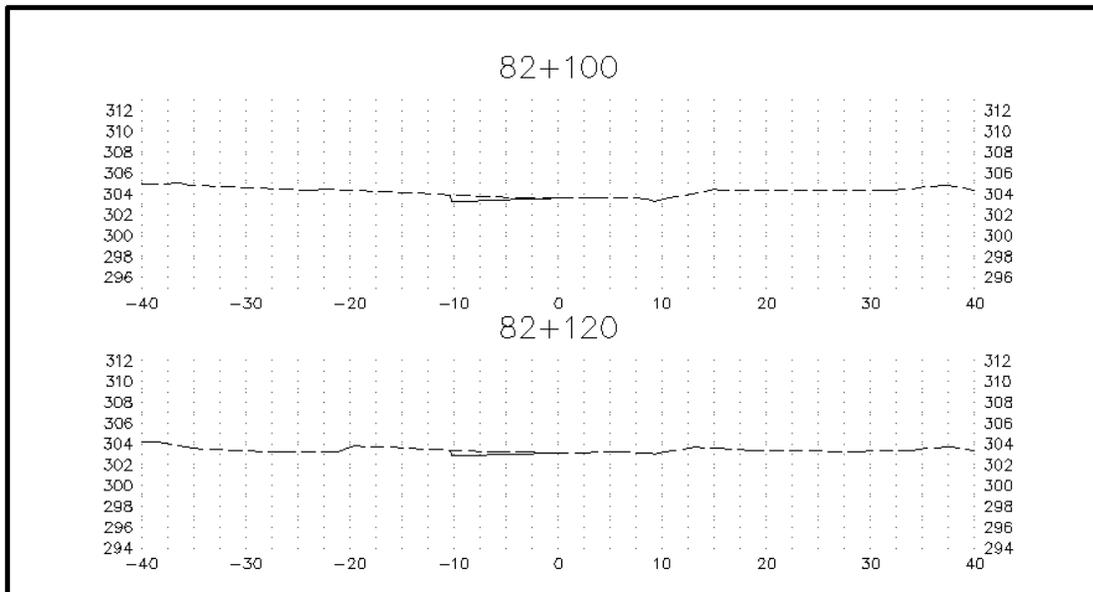


Figura 58. Sección típica



3.12.1.10. Movimiento de tierras

El volumen de movimiento de tierras, es aquel que se obtiene luego de generar secciones transversales, cuyo caso se puede apreciar en la figura 57 donde se visualiza claramente el área que se utilizará para generar volúmenes.

El método que se utiliza es el Método de áreas medias, dicho método se genera utilizando las áreas ya sea de corte o relleno de cada una de las secciones transversales en estudio.

3.12.1.11. Planilla final de volúmenes

Para el cálculo de movimiento de tierras es necesario definir un método, en este ejemplo utilizaremos el método de áreas medias o promedio de áreas en donde se determinan las áreas de corte de cada una de las secciones transversales indicadas anteriormente.

Para esto se muestra la siguiente tabla colocando en la primera columna el estacionamiento de cada sección, además se indica el espaciamiento entre ellas y como dato principal el área. Luego de haber determinado el área se calcula en la misma planilla como se muestra a continuación el volumen total del tramo.

Tabla III. Volúmenes de movimiento de tierras

| CAMINAMIENTO | AREA | | VOLUMEN PARCIAL DE | | VOLUMEN ACUMULADO DE | |
|--------------|-------|---------|--------------------|---------|----------------------|---------|
| | CORTE | RELLENO | CORTE | RELLENO | CORTE | RELLENO |
| 82+040 | 2.00 | 0.00 | | | | |
| | | | 45.00 | 0.00 | 45.00 | 0.00 |
| 82+060 | 2.50 | 0.00 | | | | |
| | | | 51.50 | 0.00 | 96.50 | 0.00 |
| 82+080 | 2.65 | 0.00 | | | | |
| | | | 47.80 | 0.00 | 144.30 | 0.00 |
| 82+100 | 2.13 | 0.00 | | | | |
| | | | 37.30 | 0.00 | 181.60 | 0.00 |
| 82+120 | 1.60 | 0.00 | | | | |
| | | | 16.00 | 0.00 | 197.60 | 0.00 |

4. CONCEPTOS GENERALES SEGÚN LA DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS DGC

4.1. Definiciones

Corte. Es el material no clasificado que se excava dentro de los Límites de construcción, para utilizarlo en la construcción de terraplenes.

4.1.1. Excavación no clasificada (203.03 (b))

Es la operación de cortar y remover cualquier clase de material independiente de su naturaleza o de sus características, dentro o fuera de los límites de construcción, para incorporarlo en la construcción de rellenos, terraplenes y cualquier elemento que implique la construcción de la carretera. Cuando se hayan completado todos los rellenos y demás elementos, con el material proveniente del corte y exista material sobrante, éste tendrá que desperdiciarse cuando así haya sido contemplado en el diseño o por que el material es inadecuado. Para efectos de pago, toda la excavación será no clasificada.

4.1.2. Excavación no clasificada de desperdicio (203.04 (c'))

Es el material resultante de la excavación que de acuerdo con los planos constituye sobrante o que sea material inadecuado para la construcción de la obra.

Además de todo el material proveniente del corte sea insuficiente para completar los rellenos y terraplenes de conformidad con los planos, tendrá que recurrirse a obtener materiales provenientes de áreas ubicadas fuera de los límites de construcción o bancos de préstamo.

4.1.3. Excavación no clasificada para préstamo (203.04 (d))

Cuando todo el material proveniente del corte sea insuficiente para completar los rellenos y terraplenes de conformidad con los planos, tendrá que recurrirse a obtener materiales provenientes de áreas ubicadas fuera de los límites de construcción o bancos de préstamo.

4.1.4. Subexcavación (material inapropiado) (203.03 (d))

Son materiales inadecuados para la construcción de terraplenes y subrasante, los siguientes:

- (a) Los correspondientes a la capa vegetal.
- (b) Los clasificados en el grupo A-8, AASHTO M 145.

Que son suelos altamente orgánicos, constituidos por materias vegetales parcialmente carbonizadas o fangosas. Su clasificación es basada en una inspección visual y no depende del porcentaje que pasa el tamiz 0.075 mm (N° 200), del límite líquido, ni del índice de plasticidad. Están compuestos principalmente de materia orgánica parcialmente podrida y generalmente tienen

una textura fibrosa, de color café oscuro o negro y olor a podredumbre. Son altamente compresibles y tienen baja resistencia.

4.1.5. Remoción y prevención de derrumbes

Remoción de derrumbes es la operación de remover el derrumbe o deslizamiento del talud original que caiga sobre la carretera. La prevención de derrumbes es la previsión necesaria, ya sea indicada en los planos o establecida por el Delegado Residente, para evitar que tal derrumbe o deslizamiento pueda ocurrir.

Sub-excavación. Es la operación de remover el material inadecuado que se encuentre debajo del nivel de la sub-rasante en las secciones de corte o debajo del nivel del terreno natural en secciones de terraplén o relleno.

Este trabajo consiste en la excavación; remoción; retiro; construcción; conformación; compactación y suministro e incorporación del agua requerida para efectuar estas operaciones; excavación de cunetas, contracunetas y su prolongación; afinamiento, acabado y terminación de todo el trabajo de terracería. El trabajo también incluye el retiro y reemplazo del material inadecuado que se encuentre en áreas inestables; remoción y prevención de derrumbes; excavación de bancos de préstamo aprobados, transportación del material dentro de la distancia de acarreo libre e incorporación del mismo a la obra.

Cuando en los documentos de oferta, se indiquen como renglones separados, el de excavación no clasificada de material de desperdicio y/o el de excavación no clasificada para préstamo, los trabajos correspondientes al renglón o renglones citados, se pagarán de conformidad con sus respectivos

renglones. Si en los documentos citados, se consigna únicamente el renglón de excavación no clasificada, con cargo a este renglón se deben efectuar todos los trabajos especificados en esta Sección.

Además de la descripción de los distintos tipos de excavación encontraremos los requisitos de construcción a los que están regidos según la dirección general de caminos

4.2. Requisitos de Construcción

4.2.1. Renglones de trabajo

Los trabajos de esta sección, están comprendidos en los renglones siguientes:

- (a) Excavación
- (b) Excavación no clasificada.
- (c) Excavación no clasificada de material de desperdicio.
- (d) Excavación no clasificada para préstamo.
- (e) Sub-excavación.
- (f) Remoción y prevención de derrumbes.
- (g) Cortes en roca

4.2.1.1. (a) Excavación

Los taludes de corte deben quedar recortados como se muestra en los planos. Todos los taludes de corte deben quedar con superficies ásperas uniformes, sin quiebres notorios visibles desde la carretera. Excepto en roca sólida, se debe redondear la corona y el pie de todos los taludes. Se debe redondear el material existente sobre roca sólida hasta donde sea práctico.

Se debe conformar la sub-rasante hasta obtener una superficie lisa y con la sección transversal requerida. Se debe conformar los taludes para obtener una transición gradual con otros taludes sin que se noten los quiebres. Al final de los cortes y en la intersección de cortes con terraplenes, se deben ajustar los taludes en los planos horizontal y vertical para que se empalmen uno con otro o al terreno natural.

Las cunetas que drenen el agua de los cortes a los terraplenes, se deben construir en tal forma, que se evite cualquier daño a dichos terraplenes, debido a la erosión y darles una pendiente adecuada, removiendo todas las raíces, rocas o materias similares salientes que obstruyan el libre corrimiento de las aguas, para evitar el rebalse de la misma sobre el terraplén. Todo el material excavado de las cunetas se debe depositar fuera de los límites de la carretera, salvo que se indique de otra manera en los planos o lo autorice por escrito el Delegado Residente; y no se debe dejar apilado en montones que tengan mal aspecto, sino que se debe esparcir en capas uniformemente conformadas.

Se debe remover todo el material mayor de 150 milímetros de los 150 milímetros superiores del lecho de la carretera. Se debe remover el material inadecuado del lecho de la carretera y reemplazarlo con material adecuado. Se

debe dejar el nivel de la sub-rasante de la carretera dentro de ± 15 milímetros y los niveles de roca dentro de ± 30 milímetros de la alineación y rasante especificada.

Todas las excavaciones se deben efectuar en tal forma, que drenen apropiadamente para evitar estancamientos de agua. Durante la construcción, pueden ampliarse los cortes o variarse la pendiente de los taludes, si las necesidades del trabajo o la estabilidad del material así lo requiere, o si es necesario garantizar la obtención de material adicional, siempre que específicamente lo autorice por escrito el Delegado Residente.

El material que excave el Contratista fuera de la sección típica, será a su costa.

4.2.1.2. (b) Excavación no clasificada (203.03 (b))

Siempre que sea factible, los materiales adecuados que se corten dentro del prisma de la carretera, se deben de utilizar en la construcción de terraplenes o rellenos, sub-rasantes, hombros, ampliación y acabado de los taludes de terraplenes y para todos aquellos usos que se indiquen.

Donde sea posible, la parte de la sub-rasante sobre la que se tenga que colocar la sub-base, se debe construir con los mejores materiales disponibles, provenientes de excavaciones adyacentes a la carretera y bancos de préstamo. Todo el material sobrante que sea de buena calidad, se debe de utilizar en la ampliación de terraplenes, dentro del límite de acarreo libre, salvo que se indique de otra manera en los planos o lo ordene el Delegado Residente. Ningún material excavado se debe desperdiciar, a menos que esté indicado en

los planos o lo autorice por escrito el Delegado Residente, quien determinará los lugares para depositarlo.

4.2.1.3. (c) Excavación no clasificada de desperdicio (203.04 (c'))

El material de desperdicio, o sea el sobrante de la Excavación No Clasificada, podrá derramarse sobre los taludes o colocarse en botaderos.

En el caso de que en los planos o en las Disposiciones Especiales se permita el derrame del material de desperdicio sobre el talud exterior del corte, éste no deberá ocasionar ningún daño a la propiedad privada, a la vida humana, a sembradillos, ni contaminar ninguna corriente de agua, ni obstruir la infiltración de la misma hacia el subsuelo, así como tampoco obstruir los canales de entrada y salida de las alcantarillas colocadas o de las que se deban de colocar, ni cubrir las áreas donde se construirán las cimentaciones de las estructuras.

Cuando el material sea derramado sobre el talud de corte y en las Disposiciones Especiales así se indique, deberán construirse muros de contención al pie del talud formado por el material derramado. Asimismo, se deberá vegetar la superficie del talud y proveer los drenajes necesarios. La revegetación deberá ser efectuada de acuerdo con lo indicado en la División 800.

Cuando en las Disposiciones Especiales o en los planos se establezca que el material de desperdicio debe ser colocado en capas en botaderos especialmente establecidos, las capas no serán mayores de 500 milímetros de espesor y deberán ser compactadas con banda de tractor. En este caso, no se

exigirá control de calidad por medio de ensayos de laboratorio, a menos que en las Disposiciones Especiales se establezca de otra forma.

En el caso de que los botaderos se localicen en áreas de material cárstico, se deberá cumplir con las Disposiciones Especiales que incluye la colocación de material granular de mayor tamaño en el fondo y de menor tamaño en la parte superior para favorecer los procesos de infiltración. Los taludes deberán ser re-vegetados de acuerdo con lo indicado en la División 800 y se les deberá proveer de los drenajes adecuados.

4.2.1.4. (d) Excavación no clasificada de préstamo (203.04 (d))

Se debe recurrir a préstamo, solamente cuando esté indicado en los planos y/o Disposiciones Especiales, o lo autorice por escrito el Delegado Residente.

El Contratista debe notificar al Delegado Residente, con suficiente anticipación, la necesidad de efectuar cualquier excavación de préstamo, a efecto de permitir la medida exacta del banco de préstamo, puesto que no se pagará ningún material excavado, antes de que se hayan tomado dichas medidas.

Las áreas de préstamo deben ser limpiadas, chapeadas y destroncadas, antes de iniciar la excavación. Salvo que en las disposiciones especiales se estipule de otra manera, dichas operaciones deben ser ejecutadas y pagadas con cargo a la Sección 202. El material de préstamo debe ser medido en la misma forma que la excavación no clasificada y pagado al precio unitario de

contrato correspondiente al renglón de excavación no clasificada para préstamo. Los bancos de préstamo deben ser excavados en tal forma, que se provean de un drenaje adecuado y con taludes moderados para disminuir las posibilidades de derrumbes.

El material de préstamo debe ser colocado de acuerdo con las especificaciones que cubren su utilización o como lo ordene el Delegado Residente.

4.2.1.5. (e) Subexcavación (retiro de material inapropiado) (203.03 (d))

Cuando, dentro de los límites de la carretera, se encuentre fango u otro material inadecuado para la cimentación, sub-rasante u otras partes de la carretera, el Contratista debe excavar tal material, por lo menos a 30 centímetros debajo de la cota de la sub-rasante o a la profundidad que indique el Delegado Residente. El Contratista debe rellenar la excavación efectuada, con material adecuado, el cual debe ser debidamente conformado y compactado.

El material inadecuado debe ser retirado por el Contratista y depositarlo donde indique el Delegado Residente y debe ser compactado en capas sin requerir compactación controlada, a menos que en algunos botaderos específicamente se permita en las Disposiciones Especiales que pueda ser derramado sin compactación. Cuando el material inadecuado se coloque en capas en una ladera y se requiera compactación no controlada, previo a su colocación deben construirse rampas de engrape con el terreno natural. No se deberá mezclar el material resultante de la limpia con el material de desperdicio.

4.2.1.6. (f) Remoción y prevención de derrumbes

Los derrumbes existentes al iniciarse los trabajos de ampliación, mejoramiento o pavimentación de una carretera, así como los que ocurran durante el transcurso de los trabajos de una obra, deben ser removidos por el Contratista. Para prevenir los derrumbes, el Delegado Residente puede ordenar por escrito al Contratista, que ejecute trabajos de prevención. Por estos trabajos de remoción y prevención de derrumbes, el Contratista recibirá pago como se indica en esta Sección, salvo cuando los derrumbes se deban a causas imputables al Contratista en cuyo caso deberá removerlos a su costa.

4.2.1.7. (g) Cortes en roca

Todo el material rocoso, incluyendo piedras grandes que se encuentren en el lecho del camino, debe ser excavado como sigue: transversalmente, hasta los límites laterales del citado lecho mostrados en los planos; y 300 milímetros debajo de la sub-rasante. El vaciado ocasionado por la excavación, se debe rellenar hasta el nivel de la sub-rasante, con material de igual calidad al de ésta, que sea aprobado por el Delegado Residente.

Cuando lo autorice el Delegado Residente, en vez de efectuar la excavación anteriormente citada, se puede colocar sobre la roca una capa de por lo menos 300 milímetros de espesor de material adecuado. En ningún caso se permitirán rocas aisladas mayores de 100 milímetros, en dicha capa.

Al dinamitar la roca para formar los taludes, se debe dejar una superficie razonablemente uniforme, removiendo inmediatamente todas las rocas sueltas. La roca se debe dinamitar de acuerdo con lo indicado en la Sección 210.

CONCLUSIONES

1. Se deben tener conocimientos de los procedimientos manuales de topografía, diseño de carreteras y cálculo de movimiento de tierras, para tener un mejor criterio a la hora de realizar un trabajo, el cual va a ser asistido por Autodesk Land Desktop.
2. El comprender cada uno de los procedimientos para determinar volúmenes de una carretera permite una buena planificación y ejecución de proyectos cuyos beneficios se obtienen gracias al apoyo de sistemas computacionales como lo es Autodesk Land Desktop.
3. El conocimiento del funcionamiento del programa, le proporciona al profesional de ingeniería civil herramientas para hacer un trabajo de mejor calidad y por consiguiente tener mejor oportunidad de empleo.
4. La principal desventaja del uso de sistemas de computación en el cálculo de movimiento de tierras, es la inversión inicial de licencias, equipo de computación y capacitación del recurso humano.
5. El uso de sistemas de computación para el cálculo, planificación y estudio de proyectos ayuda a ahorrar tiempo a la hora de realizarlos.

RECOMENDACIONES

1. La sugerencia más importante para los usuarios del programa es aprender a manejar el programa AutoCAD, antes de usar el programa Autodesk Land Desktop, ya que se complementan entre si.
2. Al momento de diseñar y calcular en el programa Autodesk Land Desktop se debe de tener los suficientes conocimientos sobre normas que rigen los proyectos de vías terrestres.
3. Cada empresa al momento de tomar la decisión de optar al uso de sistemas computacionales como Autodesk Land Desktop es importantísima la capacitación del personal para obtener un buen rendimiento de este recurso.
4. Con el paso del tiempo la tecnología avanza sin detenerse, razón por la cual cada profesional y estudiante de ingeniería civil debe de obtener el adiestramiento de éste y otros programas de cálculo y movimiento de tierras.

BIBLIOGRAFÍA

1. Paiz, Byron. Guía de cálculo para carreteras. Trabajo de graduación Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, 1989.
2. Arévalo Valdez, Jorge. Diseño de la línea pelo a tierra o preliminar de caminos y carreteras a partir de la información de fotografías aplicando fotogrametría. Trabajo de graduación Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008.
3. Arévalo Valdez, Jorge. Anotaciones Topografía de la Escuela alemana técnico topografía y catastro. Universidad Nacional de Costa Rica, 1989.
4. Arévalo Valdez, Jorge. Instructivo de Manual de prácticas de campo topografía 1. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009.
5. Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda. Especificaciones Generales Para la Construcción de carreteras y puentes, 2001.
6. Davis, Foot & Kelly, Tratado de topografía. España: Aguilar S.A., 1971.