

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



**“PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE 5.0 KM DE
VÍA DE ACCESO VECINAL MONTAÑOSA, FINAL COL.
QUEZALTEPEQUE-CANTÓN VICTORIA, SANTA TECLA,
LA LIBERTAD, UTILIZANDO SOFTWARE
ESPECIALIZADO PARA DISEÑO DE CARRETERAS”**

PRESENTADO POR:

BR. HENRY ALEMAN VASQUEZ

BR. FRANCISCO ALBERTO JUAREZ REYES

BR. JOSUE ISAI NERIO AGUILAR

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA MARZO DE 2015

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL :

DRA. ANA LETICIA ZAVALETA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR

Ph.D ING. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA.

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

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO CIVIL

Título

**“PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE 5.0 KM DE VÍA DE ACCESO
VECINAL MONTAÑOSA, FINAL COL. QUEZALTEPEQUE-CANTÓN
VICTORIA, SANTA TECLA, LA LIBERTAD, UTILIZANDO SOFTWARE
ESPECIALIZADO PARA DISEÑO DE CARRETERAS”**

Presentado por

BR. HENRY ALEMAN VASQUEZ

BR. FRANCISCO ALBERTO JUAREZ REYES

BR. JOSUE ISAI NERIO AGUILAR

Trabajo de graduación aprobado por:

Docente Director:

ING. JORGE OSWALDO RIVERA FLORES

San salvador 13 de marzo de 2015

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODOPODEROSO, por habernos permitido dar por finalizado nuestro trabajo de graduación y poder así culminar esta etapa de nuestras vidas y permitirnos comenzar esta nueva etapa como profesionales competentes y con sentido humano y social.

A la UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, por permitirnos ser parte de su gran familia, de formarnos y ser unos profesionales al servicio de nuestro país.

A TODOS LOS DOCENTES DE LA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, por Transmitirnos su conocimiento, y ayudarnos a crecer y ser unos profesionales con bases competitivas.

A LOS DOCENTES QUE NOS AYUDARON EN LA TESIS:

Ing. Jorge Oswaldo Rivera Flores

Ing. Mauricio Ernesto Valencia

Ing. Oscar Amílcar Portillo Portillo

DEDICATORIA

Al creador: Te doy gracias por haberme dado ese soplo de vida y con ello la oportunidad de disfrutar todo lo bello que es vivir, muchas veces han sido duras las circunstancias, pero agradezco de corazón el don de la sabiduría que se nos ha entregado, así como el razonamiento y la inteligencia propia de cada ser; inteligencia por medio de la cual hemos logrado salir adelante ante todas las adversidades que se nos han presentado en el diario vivir, desde el momento de nuestra creación.

A mi padre: Que siempre fue un digno ejemplo a seguir, y quien me enseñó los caminos del bien y el mal, ante lo cual, siempre me guió para que persiguiera el camino más arduo, que es el del bien, pero al final es el que presenta los mejores frutos y recompensas que una persona puede desear. Gracias papá, aunque ya no estés físicamente con nosotros, tu espíritu y tus enseñanzas estarán conmigo y todos mis sucesores por siempre. Gracias Francisco Alemán (Q.E.P.D)

A mi madre: A quien desde niño la recuerdo como una mujer luchadora, especialmente desde el día que faltó mi padre en nuestras vidas, ya que fue Ella quien logró hacer de mí la persona que soy ahora, te agradezco mamá por habernos sacado adelante a mis cuatro hermanos y a mí, ya que solo tú sabes lo duro que fue el camino y el sacrificio que implicó vernos llegar donde estamos ahora, Gracias por el apoyo incondicional que me brindaste y me continúas brindando madre mía. Gracias Marta Yaneth Vásquez.

A mis hermanos: Por todo ese apoyo que me brindaron cuando lo requerí, por brindarme esos ánimos cuando andaba decaído, por otorgarme su mano cuando tropecé para que me levantara y siguiera el camino emprendido y por esa amistad pura y esa convivencia característica que solo se vive entre hermanos. Gracias a ustedes Rutilio, Estefani, Noel, y Ana.

A mi pareja: Por toda la paciencia y comprensión que me brindaste en esos días cuando no te dedique el tiempo que mereces, por estar cumpliendo mis demás obligaciones con las tareas y los avances para mi trabajo. Gracias por haberme dado el regalo más bello que han visto mis ojos; Gracias por haber sacrificado tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío, especialmente en esos días cuando en tu vientre acogías nuestro querido hijo Francisco Javier, a quien amo más que a nada en este mundo y quien me impulsa con mayor fuerza a salir adelante, dando lo mejor de mí para brindarles la vida que se merecen, gracias por estar siempre a mi lado. Nunca olvides cuanto te amo América Chacón.

A mis catedráticos: Por todas las enseñanzas que me brindaron a lo largo de mi formación académica, fueron muchas, pero todas me han servido una por una y cada una de ellas, ya que con todas sus lecciones y experiencias compartidas, me han preparado de la mejor manera para afrontar los retos que se nos presentan en la vida. Agradezco especialmente a los docentes de la escuela de ingeniería civil con quienes conviví por varios años y en específico al Ing. Jorge Oswaldo Rivera Flores por haber confiado en nuestro grupo de tesis y brindarnos

la asesoría necesaria a lo largo de todo nuestro proyecto de graduación siendo nuestro guía principal, apoyo sin el cual esto no hubiera sido posible.

A mis compañeros: Fueron incontables las horas de desvelos, muchas de las cuales compartimos juntos, fueron muchos los momentos alegres que convivimos, algunas veces fueron malos o tristes, pero que siempre como grupo logramos salir adelante ante los obstáculos. Quiero agradecerles a todos y en especial a mis compañeros de tesis Francisco Alberto Juárez Reyes y Josué Isaí Nerio Aguilar con quienes tengo varios años de compañerismo y amistad, les agradezco por todo el esfuerzo realizado para ver cumplir nuestros sueños y por haberme tomado en cuenta el día que elegimos nuestro grupo de trabajo, solo me queda desearles lo mejor, y que sus vidas estén llenas de éxitos a lo largo de todo el trayecto por recorrer, Así que ánimos y siempre hacia adelante.

A mí alma mater: Agradezco a la Universidad de El Salvador por esa formación académica característica que solo en ella se puede brindar, ya que por excelencia es la mejor universidad de El Salvador, generando profesiones de altura a nivel nacional e internacional; gracias por estos largos años que me acogiste y preparaste para facilitar el camino y abrir puertas que de no haber sido por ti, aún estarían cerradas. Me despido con tu lema ya que lo único que nos hará libres como nación será nuestra cultura, así que por siempre diremos “Hacia la Libertad por la Cultura”

Henry Alemán Vásquez

DEDICATORIA

“Vienen a mi mente los recuerdos de aquel momento en el cual emprendí esta aventura de buscar ser un profesional, sabía que no será fácil, sabía que el camino era complicado lleno de retos, de alegrías y de tristezas. Pero Dios en su gran amor me ha permitido llegar a este momento tan especial de culminar esta etapa de mi vida y me abre nuevas puertas y oportunidades para aplicar todo lo aprendido”. Por ello agradezco:

A Dios: por darme la oportunidad de formarme de ser parte de esta gran familia de la Universidad de El Salvador, por darme fuerzas cuando ya no tenía, por darme sabiduría para guiarme en el camino, por apartarme de las malas compañías y llenarme siempre de su amor y bondad, gracias por permitirme conocer a OASIS UES donde pude compartir de su palabra y aprender durante estudiaba, gracias por demostrarme que en la Universidad no estaba solo pues el siempre me sustentaba, cada desvelo, cada lagrima, cada sonrisa eras tu mi Señor quien estaba ahí a mi lado por eso te amo Señor y te agradezco pues sin ti nada soy padre Celestial, gracias por la vida, gracias por mi familia y gracias por permitirme ser un Ingeniero Civil de la Republica de El Salvador.

A mis padres: Por creer en mí, apoyarme guiarme y hacer de mi lo que ellos siempre soñaron gracias por estar siempre con migo por cuidarme y protegerme aun y cuando ya estaba grade pues siempre quisieron lo mejor para mí.

A mi papa: Francisco Alberto Juárez Valladares, quien siempre me apoyo me guio y me dio fuerzas para seguir adelante quien con sacrificio me ayudo para todos los días ir en rumbo de mi futuro, quien con valor me reprendió cuando estaba equivocado, y con amor me felicito en mis triunfos, quien desde pequeño me enseñó el valor de la vida, de la familia y de Dios, quien siempre me amo y se entregó desde muy joven a mí, quien conoce mis desvelos, mis lágrimas, triunfos y fracasos, quien me conoce pero me ama con todas sus fuerzas a el dedico este triunfo profesional te amo papá.

A mi mama: María Haydee Reyes Villatoro, por ser esa madre abnegada, entregada a sus hijos por estar siempre a mi lado , apoyarme guiarme y sobre todo entregar su vida y juventud por mi con mucho sacrificio y esfuerzo, acompaño mis madrugadas, se levantó a un más temprano que yo para preparar alimento para irme desayunado, quien me preparaba mis juguitos cuando me veía muerto del desvelo, quien nunca dejo de creer en mí y de amarme, mami este título es para usted, usted se lo merece más que yo y solo puedo decir gracias, gracias por siempre creer en mi le amo con todas mis fuerzas, te adoro mama.

A mis hermanos: Javier Eduardo Juárez Reyes y José Armando Juárez reyes, por estar siempre con migo y quererme mucho, entenderme y apoyarme en mi sueño por ser los mejores hermanos del mundo gracias por llamarme siempre INGENIERO, gracias porque siempre estuvieron con migo y cuando les necesite, nunca dudaron en brindarme su ayuda y cariño les quiero mucho y a ustedes también dedico mi Titulo mis queridos y amados hermanos.

A mi sobrinita: Dayana Aracely Juárez Portillo; Por ser el regalo mas lindo que tengo, por ser tan cariñosa con migo, por llegar a mi escritorio y decirme “Tío le ayudo a hacer sus tareas” por dedicarme su tiempo su amor, por llegar a mi cama cuando dormía causa del desvelo y besarme y decirme tio lo amo hasta el cielo, mi amor a ti te dedico este triunfo mi amor lindo muchas gracias por amarme mi princesa aun no habías nacido cuando ya ansiaba verte y escuchar tu vos, y hoy solo puedo decir gracias mi princesita linda, te amo.

A mi cuñada: Rosa Cándida Portillo ventura, por ser una buena esposa para mi hno. Y por demostrarme su cariño y aprecio gracias por confiar en mi y apoyarme gracias por estar siempre con migo y ser parte de mi familia la quiero mucho Rosy.

A mi prometida: Jael Elizabeth Izaguirre, por apoyarme entenderme y confiar en mi, por dedicarme su tiempo y entenderme que a veces no podía estar con ella por cumplir mis compromisos, pero sobre todo por ser la mujer que Dios puso en mi vida para hacerme feliz, llegaste en el momento justo y en el tiempo de Dios y ahora solo puedo decir mil gracias por su amor y por confiar en mi a ti mi princesa también dedico este triunfo gracias por estar en mi vida y en mi corazón...Te amo Elizabeth.

A mi alma Mater: Por darme la oportunidad de formar parte de ella y por enseñarme todo lo que se por hacer de mi un buen profesional y por darnos la oportunidad a los que no gozamos de muchos recursos de poder alcanzar ese sueño de ser profesionales, a ti solo a ti gracias mi querida Universidad de El salvador. “Hacia la libertad por la cultura”

A mi Asesor, Maestro y Amigo: Ing. Jorge Oswaldo Rivera Flores, quien hizo posible este trabajo de graduación, gracias Ing. por confiar en nosotros y apoyarnos, entendernos que todos trabajábamos pero dábamos lo mejor de nosotros gracias por ser tan profesional y humano. Dios lo bendiga Ing. Flores.

Francisco Alberto Juárez Reyes.

DEDICATORIA

A DIOS: porque en su infinita misericordia me dio vida y salvación, porque me ha permitido culminar uno de mis sueños y no dudo que seguirá llenando mi vida de bendiciones, pues nada sería yo si él no fuese el autor de tantas bendiciones que llegan a mi ser, reconozco que este esfuerzo es nada comparado con lo que Él hace por mí sin embargo la dedicatoria es suya pues de Él mana la vida y todo en absoluto se lo debo y mi vida entera quiero reconocerlo como Creador de vida y autor de Salvación por medio de su hijo *Jesucristo*.

A mi Hermano Samuel: que con lágrimas en mis ojos escribo estas palabras al recordar cada consejo que me regaló, un hombre íntegro y trabajador que vio en mí el potencial para ejercer esta bella profesión, quien todo el tiempo insistió en no rendirme y dar lo mejor, con poco o mucho estuvo para apoyarme de todas maneras posibles con tal de disfrutar este logro como si fuese suyo, en sus palabras siempre sentí una manera de ver los retos como oportunidades aunque su partida duele demasiado, me llena de coraje para hacer realidad lo que él veía en mí, fue un maestro más en mi preparación un ejemplo de coraje y persistencia, sus palabras hacen eco en mi mente, ahora gracias a Dios logré este sueño y lo dedico de todo corazón a mi hermano que está en la presencia de mi Dios.

A mi madre: Hermosa y única, luchadora por naturaleza quien me dio la oportunidad de sacar esta carrera, mi mayor apoyo en todo sentido, me enseñó a ser perseverante, que las cosas buenas cuestan y que con esmero se ganan,

a poner a Dios en primer lugar por sobre todas las cosas para que de esa manera me vaya bien; sé que sus oraciones y sus obras a favor mía siempre las he tenido porque su amor traspasa los límites de lo imaginable ahora ella deja una herencia en mí que será herramienta para toda mi vida ella supo que en la educación estaría su mejor inversión y lo logro porque mi esfuerzo comparado con el suyo se queda corto a ella dedico cada triunfo y mi obediencia.

A mi Padre: un mentor en mi formación su experiencia y actitud me dieron esa ayuda necesaria para comprender el amplio mundo de la construcción, su afecto y cariño que están presentes todo el tiempo, honrarlo a él es una de mis más grandes metas para esta vida y día a día deseo poder lograrlo.

A mis hermanos/as: Sandra Nerio por ser quien cuidó de mí desde pequeño y aun hoy en día no recuerdo uno tan solo que ella no sea parte de mis días con su cariño y afecto; a Linderman Nerio mi hermano mayor quien me inculca valores cristianos por medio de su testimonio y su vida entregada al Señor; a mi hermano Samuel Nerio que ahora descansa en la presencia de Dios y sus consejos formaron un carácter en mí; a Dalia Nerio, a quien le guardo un cariño enorme por su sencillez y esmero, y que siempre creyó en mí para lograr esta meta; a Eduardo Nerio mi hermano menor a quien amo mucho con quien crecí y disfrute los mejores años de mi vida, mi infancia; a Guillermo Orellana más que un amigo un hermano a quien lo veo como parte de mi familia y que estimo mucho.

A mi Prometida: Michelle Andrea Salas por ser una bendición de Dios para mi vida una señorita con principios cristianos arraigados en su corazón, a quien para conocerla tuve primero que acercarme más a Dios, ella es quien me hace cometer las locuras más grandes que solo un hombre enamorado puede hacer, su corazón tan bello se refleja en su rostro, en su sonrisa encantadora y sus ojos tiernos llenos de sinceridad, has sido una inspiración para seguir adelante en búsqueda de la superación personal.

A mis catedráticos: quienes con esmero dedicaron horas semanas y meses para formar ese carácter y criterio ingenieril que será herramienta para una vida profesional, por fomentar el autoaprendizaje continuo que esta carrera requiere para sobresalir y mantener el ritmo de la tendencia propia de la profesión, sobre todo agradecer a quien nos acompañó en el desarrollo de este trabajo de graduación, el Ing. Jorge Rivera Flores quien dedico horas ordinarias y extraordinarias en asesoría técnica para la realización de esta tesis, su apoyo fue indispensable para la culminación de este último paso para optar al título, es por ello que dedico sinceramente este esfuerzo a quien considero uno de los mejores catedráticos de la facultad de Ingeniería y arquitectura.

A mis compañeros: Henry Alemán y Francisco Juárez compañeros de tesis quienes mostraron amistad sincera que trasciende del ámbito profesional y me permitieron culminar a su lado este último esfuerzo; a mi amigo Julio Cesar Giron compañero de batalla y visionario por naturaleza fue un honor compartir salones

de clase y sucesos académicos que se convierten ahora en anécdotas para toda la vida, a Eliezar Gil un colega de la carrera quien me brindó su apoyo y consejos valiosos relacionados con la ingeniería.

A mí alma mater: la prestigiosa Universidad de El Salvador un verdadero orgullo ser formado por la educación de excelencia, con valores éticos y morales que deben caracterizar a cada ex alumno; una institución que se caracteriza por estándares elevados de exigencia y calidad; haber pasado por sus aulas fue un proceso difícil pero nunca imposible y un sueño coronado.

Josué Isaí Nerio Aguilar

INDICE

CAPITULO I: GENERALIDADES	11
1.1 INTRODUCCION.....	12
1.2 ANTECEDENTES.....	14
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.4 OBJETIVOS	17
1.4.1 OBJETIVO GENERAL:	17
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	18
1.5 ALCANCES	18
1.6 LIMITACIONES.....	19
1.7 JUSTIFICACION.....	19
CAPITULO II: ELEMENTOS PRINCIPALES PARA EL DISEÑO GEOMETRICO.	22
2.1 CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO DE LAS CARRETERAS REGIONALES	23
2.2 VELOCIDADES DE DISEÑO.....	32
2.3 COMPONENTES BASICOS DE LA SECCION TRANSVERSAL	35
2.4 CARRILES DE CIRCULACION	36
2.5 HOMBROS	41
2.6 ACERAS.....	44
2.7 CORDONES Y CUNETAS	45
2.8 DRENAJE SUPERFICIAL	48
2.9 MEDIANAS O FRANJAS SEPARADORAS CENTRALES	49

2.10 BAHÍAS PARA AUTOBUSES Y AREAS DE ESTACIONAMIENTO.....	52
2.11 CALLES MARGINALES O FRONTALES.	56
2.12 DISTANCIA DE VISIBILIDAD	57
2.12.1 VISIBILIDAD DE PARADA	57
2.12.2 VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO	62
2.12.3 CRITERIOS PARA MEDIR LA DISTANCIA VISUAL.....	67
2.13 ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....	71
2.13.1 CURVATURA HORIZONTAL Y SOBREELEVACIÓN.....	75
2.13.2 FACTOR MÁXIMO DE FRICCIÓN LATERAL Y PERALTE.	77
2.13.3 DISTRIBUCIÓN DE “e” y “f”	80
2.13.4 RADIOS MÍNIMOS Y SUS CORRESPONDIENTES GRADOS MÁXIMOS DE CURVA.....	82
2.13.5 CURVAS HORIZONTALES DE TRANSICIÓN.....	83
2.13.6 SOBREANCHOS EN CURVAS.....	86
2.13.7 DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES.	87
2.13.8 BALANCE ENTRE CURVAS Y TANGENTES.	89
2.14 ALINEAMIENTO VERTICAL.	92
2.14.1 TIPOS DE TERRENOS	96
2.14.2 CURVAS VERTICALES.	99
2.15 SECCIÓN TRANSVERSAL.	107
2.15.1 ELEMENTOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL.....	110
2.16 MOVIMIENTO DE TERRACERIA.....	128
2.16.1 COEFICIENTE DE VARIABILIDAD ECONOMICA.....	128
2.16.2 DIAGRAMA DE CURVA MASA.....	131

2.16.3 ACARREOS	135
CAPITULO III: MODULO DE CARRETERAS DE SOFTWARE CARLSON	141
3.1 GENERALIDADES	142
3.1.1 INSTALACION EN PLATAFORMA CAD	142
3.1.2 CONFIGURACION DEL PROYECTO	144
3.2 DATOS 3D.....	146
3.2.1 ELEVACIONES DE 2D A 3D.....	146
3.2.2 EDITAR / ASIGNAR ELEVACIONES A POLILÍNEAS.....	147
3.2.3 CREAR LINEAS 3D DESDE CURVAS DE NIVEL	148
3.2.4 HERRAMIENTAS PARA DIBUJAR POLILÍNEAS EN 3D.....	149
3.3 PUNTOS.....	153
3.3.1 IMPORTAR PUNTOS.....	153
3.3.2 DIBUJAR PUNTOS	157
3.3.3 GRUPOS DE PUNTOS	158
3.3.4 HERRAMIENTA DE PUNTOS	158
3.4 SUPERFICIE	164
3.4.1 CREAR SUPERFICIE POR TRIANGULACIÓN O REJILLA RECTANGULAR	166
3.4.2 CONTORNO A PARTIR DE ARCHIVOS DE SUPERFICIE	168
3.4.3 HERRAMIENTAS DE TRIANGULACIÓN.....	168
3.4.4 MENÚ DE ADMINISTRADOR DE SUPERFICIE	169
3.4.5 INSPECCION DE SUPERFICIE.....	172
3.4.6 RECORRIDO DE SUPERFICIE EN 3D.....	172
3.4.7 ANALISIS DE TALUDES	173

3.5 ALINEAMIENTO HORIZONTAL	175
3.5.1 DISEÑAR Y EDITAR ALINEAMIENTO HORIZONTAL	176
3.5.2 ESTACIONAMIENTOS Y COMPENSACIONES.....	178
3.5.3 ESPIRALES	179
3.6. SECCIONES	180
3.6.1. CREAR SECCIONES.....	181
3.6.2. DIBUJAR SECCIONES	186
3.6.3. EDITAR SECCIONES	186
3.6.4. SECCIONES A 3D	187
3.6.5. DIAGRAMA DE CURVA-MASA	189
3.6.6. VOLUMEN DE SECCIONES.....	193
3.7 PERFILES	195
3.7.1 CREAR PERFILES.....	196
3.7.2 EDITAR PERFIL.....	200
3.7.3 DIBUJA PERFIL	201
3.8 DISEÑO DEL CAMINO.....	207
3.8.1 PLANTILLA DE DISEÑO.....	207
3.8.2 PLANTILLA DE TRANSICIÓN.	207
3.8.3 PROCESO DE DISEÑO.....	208
3.8.4 RECORRIDO VIRTUAL.	209
CAPITULO IV: DISEÑO GEOMETRICO DE VIA DE ACCESO VECINAL. ...	214
4.1 IMPORTAR PUNTOS Y CURVAS DE NIVEL	215
4.1.1 ELEVACION A PARTIR DE CURVAS DE NIVEL	215
4.1.2 CREAR GRUPO DE PUNTOS	217

4.2 CREACION DE SUPERFICIE	221
4.2.1 CREACION DE SUPERFICIE A PARTIR DE PUNTOS Y CURVAS DE NIVEL.....	222
4.3 ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....	227
4.3.1 DISEÑAR ALINEAMIENTO.....	227
4.3.2 ESTACIONAMIENTOS	235
4.4 PERFILES (ALINEAMIENTO VERTICAL).....	238
4.4.1 DISEÑAR PERFIL DEL CAMINO.....	238
4.4.2 GENERAR REPORTES.....	243
4.4.3 ALINEAMIENTO VERTICAL.....	244
4.5 SECCIONES TRANSVERSALES.....	246
4.5.1 CREAR SECCIONES.....	246
4.5.2 DIAGRAMA CURVA – MASA.....	260
4.5.3 VOLUMENES DE TERRACERIA.....	268
4.6 DISEÑO DEFINITIVO.....	270
4.6.1 DISEÑO Y DIBUJO.....	270
4.6.2 RECORRIDO VIRTUAL	271
4.6.3 DISEÑO DE TALUDES.....	275
CAPITULO 5: ANALISIS DE RESULTADOS.....	277
5.1 MEMORIA DE CALCULO.....	278
5.1.1 MEMORIA DE CALCULO ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....	278
5.1.2. MEMORIA DE CALCULO CURVAS HORIZONTALES DE TRANSICION	278
5.1.3 MEMORIA DE CALCULO ALINEAMIENTO VERTICAL	278

5.1.4 MEMORIA DE CALCULO MOVIMIENTO DE TIERRAS	278
5.2 CREACION DE PLANOS.....	278
5.3 ELABORACION DE CARPETA TECNICA Y ESPECIFICACIONES	287
5.4 CONCLUSIONES	289
5.5 RECOMENDACIONES.....	291
5.6 BIBLIOGRAFIA.....	293
5.7 ANEXOS.....	294
Anexo 1.....	313
Anexo 2.....	336
Anexo 3.....	339
Anexo 4.....	348

INDICE DE CUADROS

CAPITULO 2

cuadro 2. 1 Niveles de servicio	26
cuadro 2. 2 Selección de Nivel de servicio	27
cuadro 2. 3 Restricciones de paso según terreno y NS	29
cuadro 2. 4 Factores de ajuste por distribución direccional	30
cuadro 2. 5 factor de hora pico	30
cuadro 2. 6 factores de ajuste por efecto combinado	30
cuadro 2. 7 automoviles equivalentes.....	31
cuadro 2. 8 automoviles equivalentes para pendientes	31
cuadro 2. 9 efecto combinado sobre capacidad ideal	38
Cuadro 2. 10 ancho mínimo de hombros y aceras	43
Cuadro 2. 11 Anchos de medianas.....	50
cuadro 2. 12 Dimensiones típicas de bahías	55
Cuadro 2. 13 Distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento	65
cuadro 2. 14 Distancias de visibilidad de adelantamiento.....	69
Cuadro 2. 15 Altura del ojo del conductor.....	70
cuadro 2. 16 Radios mínimos y grados máximos de curvas.....	76
Cuadro 2. 17 Valores máximos típicos para “e” y “f”	80
cuadro 2. 18 valores máximos típicos para “e” y “f”	81
Cuadro 2. 19 Tasa de sobreelevación	82
Cuadro 2. 20 Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales.....	86
Cuadro 2. 21 Controles de diseño de curvas verticales en columpio.....	101
cuadro 2. 22 Anchos mínimos de Hombros y aceras.....	116

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 2

Figura 2. 1 componentes secciones transversal	35
Figura 2. 2 secciones típicas de cunetas	47
Figura 2. 3 Secciones tipo de arterias con mediana	51
Figura 2. 4 ancho de bahía	55
Figura 2. 5 ancho de bahía alternativo	55
Figura 2. 6 visibilidad de parada	60
Figura 2. 7 distancia de adelantamiento	64
Figura 2. 8 Distancia de adelantamiento doble carril	70
Figura 2. 9 Elementos principales en curvas horizontales	85
Figura 2. 10 transición simple de peralte y sobreebanco	89
Figura 2. 11 Dimensiones de sección transversal.....	128
Figura 2. 12 Diagrama Curva - Masa.....	132
Figura 2. 13 Pendiente de terraplen.....	136
Figura 2. 14 Distancia Media de sobreacarreo	139

CAPITULO 3

Figura 3. 1 Asistente de instalación versión de windows	142
Figura 3. 2 Asistente de Instalacion configuración Carlson	143
Figura 3. 3 Asistente de Instalacion Inicio de copiado de archivos	143
Figura 3. 4 Registro de Software	144
Figura 3. 5 Cuadro de Configuracion	144
Figura 3. 6 Drawing Setup	145
Figura 3. 7 Units.....	145
Figura 3. 8 Elevacion a partir de puntos	146

Figura 3. 9 Elevacion a multiples polilineas	148
Figura 3. 10 Opciones de polilinea 3D	150
Figura 3. 11 cuadro de advertencia rango de elevaciones	151
Figura 3. 12 cuadro de importación de texto.....	156
Figura 3. 13 proteccion de puntos.....	156
Figura 3. 14 Dibujar/Ubicar puntos	157
Figura 3. 15 Herramienta puntos	158
Figura 3. 16 Administrador de grupo de puntos	162
Figura 3. 17 Editar Grupo de puntos.....	163
Figura 3. 18 puntos a partir de archivos.....	163
Figura 3. 19 Superficie 3D	164
Figura 3. 20 Superficies TIN	167
Figura 3. 21 ID numerico y vertices de contorno.....	168
Figura 3. 22 Administrador de superficie	169
Figura 3. 23 Inspeccion de superficie	172
Figura 3. 24 Estilo de contours	172
Figura 3. 25 Visualizador 3D de superficie	173
Figura 3. 26 ventana visualizador 3D.....	173
Figura 3. 27 Gradiente de contorno	174
Figura 3. 28 ecuacion de radio de curvatura.....	175
Figura 3. 29 tabla de SIECA radio minimo vs velocidad de diseño.....	176
Figura 3. 30 unidades metricas.....	177
Figura 3. 31 Asistente propiedades de capas.....	177
Figura 3. 32 Estacionamientos y compensaciones	178
Figura 3. 33 Estacionamiento de la centerline	179
Figura 3. 34 seccion del alineamiento.....	181

Figura 3. 35 Selección de polilínea	182
Figura 3. 36 Estacionamiento de Inicio	182
Figura 3. 37 Opciones de la sección del alineamiento.....	183
Figura 3. 38 distancia de sección y derecho de via	183
Figura 3. 39 Rejilla a crear	184
Figura 3. 40 creación de archivo de rejilla 3D	185
Figura 3. 41 Dibujar alineamiento de sección MXS	186
Figura 3. 42 Sección a partir de archivo de superficie	188
Figura 3. 43 Parámetros para crear curva masa.....	189
Figura 3. 44 Factor de abudamiento de terracería.....	192
Figura 3. 45 Reporte de movimientos de tierra	193
Figura 3. 46 Volumen de secciones.....	194
Figura 3. 47 Cortes y rellenos	195
Figura 3. 48 Dibujo de perfiles	197
Figura 3. 49 Perfil a partir de modelo de superficie.....	198
Figura 3. 50 Edición del perfil.....	200
Figura 3. 51 Selección de perfil definido por usuario	201
Figura 3. 52 Edición de perfil definido por usuario	201
Figura 3. 53 Selección de perfil de terreno natural	202
Figura 3. 54 Ajustes para creación de perfil.....	203
Figura 3. 55 Opciones de cuadrícula para perfil.....	204
Figura 3. 56 opciones para escalas de etiquetas.....	206
Figura 3. 57 ubicación de perfil en el espacio del modelo	206
Figura 3. 58 Perfil generado	206
Figura 3. 59 Línea pelo a tierra	207
Figura 3. 60 Plantilla de transición	208

Figura 3. 61 Menu desplegable Road	209
Figura 3. 62 Archivo para diseño de la via	210
Figura 3. 63 Resumen de datos de la via	210
Figura 3. 64 Menu desplegable Superficie- vistas 3D.....	211
Figura 3. 65 opción sobrevolar superficie 3D.....	211
Figura 3. 66 Ajustes para el sobrevuelo de la via	212
Figura 3. 67 Selección de Centerline que define la via a sobrevolar	212
Figura 3. 68 Centerline para recorrido virtual.....	213
Figura 3. 69 Selección de archivo para visualizar el recorrido	213
CAPITULO 4	
Figura 4. 1 menu desplegable opciones del dibujo	215
Figura 4. 2 configuracion del dibujo	215
Figura 4. 3 Ubicación de Archivo de curvas de nivel	216
Figura 4. 4 archivo de curvas de nivel	217
Figura 4. 5 Importacion de puntos a partir de archivo.....	217
Figura 4. 6 ventana para la lectura de archivo de puntos	218
Figura 4. 7 Ubicación de archivo de texto.....	219
Figura 4. 8 ventana de archivo a leer.....	219
Figura 4. 9 selección de archivo de puntos.....	219
Figura 4. 10 renombrar archivo de puntos en formato CRD	220
Figura 4. 11 ventana de ejecución de lectura de puntos.....	220
Figura 4. 12 confirmación de lectura de archivo de puntos.....	221
Figura 4. 13 nube de puntos	221
Figura 4. 14 apagar o activar layers.....	222
Figura 4. 15 cuadro de layers	223
Figura 4. 16 triangulacion y contorno menu.....	224

Figura 4. 17 selección de curvas de nivel	224
Figura 4. 18 contorno.....	225
Figura 4. 19 Viewports	225
Figura 4. 20 vistas en viewports.....	226
Figura 4. 21 pantalla dividida	226
Figura 4. 22 selección de layer línea pelo a tierra.....	227
Figura 4. 23 desactivacion de OSNAP y ORTO.....	228
Figura 4. 24 Creacion de Layers centerline y línea pelo a tierra	228
Figura 4. 25 Línea pelo a tierra	229
Figura 4. 26 polilínea de línea pelo a tierra	229
Figura 4. 27 alineamiento previo a partir de línea pelo a tierra	230
Figura 4. 28 tangentes de diseño.....	230
Figura 4. 29 comando 2TANLIN	231
Figura 4. 30 parametros SIECA para radio de curvatura	231
Figura 4. 31 introduccion de radio de curvatura.....	232
Figura 4. 32 tangente de entrada.....	232
Figura 4. 33 tangente de salida.....	232
Figura 4. 34 curva con radio minimo de curvatura	233
Figura 4. 35 alineamiento con curvas definidas	233
Figura 4. 36 menu desplegable centerline	234
Figura 4. 37 Ventana centerline.....	234
Figura 4. 38 selección de polilínea a centerline	235
Figura 4. 39 Estacionamientos de Centerline	236
Figura 4. 40 vista previa de alineamiento horizontal	236
Figura 4. 41 Reporte de centerline.....	237
Figura 4. 42 Opciones de reporte de centerline	237

Figura 4. 43 Reporte Centerline.....	238
Figura 4. 44 Alineamiento Horizontal	239
Figura 4. 45 Creacion de archivo .PRO	239
Figura 4. 46 Parametros del perfil de la via	240
Figura 4. 47 Selección de centerline.....	240
Figura 4. 48 Selección de contornos.....	241
Figura 4. 49 Ventana de comando Drawprof	241
Figura 4. 50 Ajustes del perfil.....	242
Figura 4. 51 Rango de elevaciones	242
Figura 4. 52 Perfil Generado.....	242
Figura 4. 53 Menu desplegable reporte de perfil	243
Figura 4. 54 Datos obtenidos del reporte.....	243
Figura 4. 55 Perfil Generado.....	244
Figura 4. 56 Comando Road.....	244
Figura 4. 57 Parametros de Diseño de perfil	245
Figura 4. 58 selección de parámetro de diseño	245
Figura 4. 59 Valor K para velocidad de 30 km/h	245
Figura 4. 60 Curva vertical generada.....	246
Figura 4. 61 Vista previa de curvas verticales.....	246
Figura 4. 62 ventana de comando EDITMXS	247
Figura 4. 63 definir inicio de alineamiento para secciones.....	247
Figura 4. 64 entrada y edicion del alineamiento de la seccion.....	248
Figura 4. 65 Ajustes del alineamiento de la seccion	248
Figura 4. 66 Selección de archivo de referencia para crear secciones.....	249
Figura 4. 67 Visualizacion previa de secciones	249
Figura 4. 68 Archivo de rejilla a crear	250

Figura 4. 69 Ajustes de rejilla.....	251
Figura 4. 70 Seleccin de contornos para crear secciones	251
Figura 4. 71 Seleccin de archivo de Rejilla	252
Figura 4. 72 Seleccin de archivo de seccin a procesar	252
Figura 4. 73 asignacion de nombre para archivo	253
Figura 4. 74 Creacion de plantilla de seccion	253
Figura 4. 75 Diseo de plantilla.....	254
Figura 4. 76 Porcentaje de Bombeo	254
Figura 4. 77 Diseo de cunetas	255
Figura 4. 78 Dimencionamiento de sub base.....	256
Figura 4. 79 Dimensionamiento de Sub base	257
Figura 4. 80 Relacin de pendiente de taludes.....	258
Figura 4. 81 asignacion de pendiente de talud de corte	258
Figura 4. 82 Asignacion de pendiente de talud de relleno	259
Figura 4. 83 Vista Previa de seccion transversal	260
Figura 4. 84 Ajustes de diseo de via.....	261
Figura 4. 85 Parametros adicionales del diseo de la via.....	263
Figura 4. 86 Reporte de movimientos de tierra	264
Figura 4. 87 Seleccin de archivos para dibujar	265
Figura 4. 88 Archivo a dibujar en el modelo.....	266
Figura 4. 89 secciones dibujadas en el modelo de trabajo	266
Figura 4. 90 Seleccin de archivo de curva masa a dibujar.....	267
Figura 4. 91 Rejilla de curva masa a Dibujar	267
Figura 4. 92 Rango de rejilla	268
Figura 4. 93 Seleccin de archivo de terreno natural.....	268
Figura 4. 94 seleccion de archivo alineamiento vertical.....	269

Figura 4. 95 calculadora de volúmenes de secciones	269
Figura 4. 96 Reporte de corte y relleno.....	270
Figura 4. 97 Menu desplegable Road-Process Road Desing	271
Figura 4. 98 Archivos para diseño de la via	271
Figura 4. 99 Parametros adicionales para el diseño de la via.....	272
Figura 4. 100 Resumen de rellenos y cortes de la via	272
Figura 4. 101 Menu desplegable Surface-3D views.....	273
Figura 4. 102 Opciones del recorrido.....	273
Figura 4. 103 vista previa del recorrido	273
Figura 4. 104 Selección del modelo de la superficie.....	274
Figura 4. 105 Ajustes del recorrido virtual.....	274
Figura 4. 106 menu desplegable diseño de taludes.....	275
Figura 4. 107 Archivo .tpl para secciones	275
Figura 4. 108 cortes y rellenos.....	276
Figura 4. 109 Pendiente de talud	276
CAPITULO 5	
Figura 5. 1 Menu desplegable Perfil	279
Figura 5. 2 Selección de perfil.....	279
Figura 5. 3 Selección de perfil a dibujar	280
Figura 5. 4 parametros para dibujo de perfil	281
Figura 5. 5 parametros de rejilla	281
Figura 5. 6 configuracion de hojas	282
Figura 5. 7 selección del tamaño de hojas.....	284
Figura 5. 8 selección de escalas.....	284
Figura 5. 9 borrar perfil previo.....	285
Figura 5. 10 rango de elevaciones.....	285

Figura 5. 11 seleccionar centerline	285
Figura 5. 12 estacionamiento de inicio.....	286
Figura 5. 13 asignacion de etiquetas	286
Figura 5. 14 modificar tamaño de layer.....	286
Figura 5. 15 asistente de paginas	287
Figura 5. 16 tamaño de layout	287

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

Los caminos de baja intensidad de tránsito, como pueden ser aquellos de acceso del agricultor al mercado y los que enlazan a las comunidades, son partes necesarias de cualquier sistema de transporte que brinda servicios a la población en zonas rurales; para mejorar el flujo de bienes y servicios, además de promover el desarrollo, la salud pública, la educación, y como una ayuda en la administración del uso del suelo y de los recursos naturales. Al mismo tiempo, que define drásticamente el trazo de futuros proyectos de electrificación, distribución de agua potable, tratamiento y disposición de las aguas pluviales y de servicio.

Una carretera bien diseñada toma en consideración la movilidad que necesitan los usuarios de la carretera (motoristas, peatones o ciclistas) así como la seguridad y el confort de los mismos, balanceando esto con las restricciones físicas y naturales del entorno en el cuál, el proyecto se realiza; formando así un sistema de transporte seguro y eficiente. La seguridad vial está optimizada al conectar los elementos geométricos con la velocidad de diseño y parámetros normalizados, de modo que la geometría resultante tiene una coherencia que reduce la posibilidad que un conductor se enfrente con una situación inesperada.

En el mundo moderno, no obstante, es posible establecer medios de transporte estándar ya sea de pasajeros o de carga por diferentes medios, para determinar a partir de ello las condiciones particulares de cada diseño geométrico de

carreteras. Así como también factores de tipo económico, social, político y físico de la zona en estudio, determinando así la elección final de las bases prioritarias del diseño y la metodología a utilizar para dicho proyecto.

Cada proyecto de diseño de carreteras es único en cuanto a las características del área, los puntos obligatorios de circulación, valores de la comunidad, las necesidades de los usuarios de la carretera, y los probables usos de la tierra. Estos son factores únicos que el diseñador debe considerar en cada proyecto, haciendo uso del conocimiento sobre los principios básicos de la ingeniería, así como la experiencia y el adecuado criterio profesional que debe ser parte integral del arte del diseño de carreteras.

El presente documento pretende sintetizar de manera coherente los criterios modernos y el uso de software para el diseño geométrico de carreteras, estableciendo parámetros para garantizar la consistencia y conjugación armoniosa de todos sus elementos unificando los procedimientos y documentación requeridos para la elaboración y el desarrollo del trabajo de graduación titulado — “PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE 5.0 KM DE VÍA DE ACCESO VECINAL MONTAÑOSA, FINAL COL. QUEZALTEPEQUE-CANTÓN VICTORIA, SANTA TECLA, LA LIBERTAD, UTILIZANDO SOFTWARE ESPECIALIZADO PARA DISEÑO DE CARRETERAS”, iniciando con los antecedentes del tema en cuestión, continuando con el planteamiento del problema, los objetivos que se pretenden alcanzar al desarrollar la guía, los

alcances y limitaciones que se tienen, el contenido temático que abarca la investigación, los recursos a utilizar y el cronograma de actividades para su desarrollo culminando con la planificación de los recursos a utilizar y las referencias bibliográficas utilizadas.

1.2 ANTECEDENTES

El Salvador como parte de la región Centro Americana enfrenta grandes retos en su definición de paradigmas que le permitan avanzar hacia una prosperidad económica, social y ambiental en este nuevo siglo. Tras años de guerras, reiteradas crisis económicas, pobreza y desigualdad, las agendas políticas de los siete países de la región apuntan hacia estrategias que permitan romper la barrera del subdesarrollo, pero bajo esquemas alternativos que contemplen la sostenibilidad a mediano y largo plazo. Es decir, buscar alternativas dentro de la senda del desarrollo sostenible.

Dentro de éste esquema, se ha identificado la comunicación vial, como un eje capaz de generar bienestar en materias de desarrollo económico y social; al mismo tiempo, un medio que facilite la conservación de los recursos naturales, la educación y el acceso a servicios de salud. A los cuáles buena parte de la población de Santa Tecla no cuenta, por vivir en lugares de difícil acceso; donde aún en éstos tiempos se utilizan asistencias de parteras para dar a luz y de medicamentos naturales, por la dificultad de acceso a unidades de salud u hospitales. Santa Tecla en su casco urbano ha presentado altos niveles de

desarrollo en materia económica y de infraestructura en los últimos años. Volviéndose en un atractivo turístico para muchos, y en una zona con las mejores condiciones para vivir en los últimos años.

El acceso al volcán de San Salvador es una ruta sumamente utilizada por los turistas y pobladores de la zona, la cual se complementa con el acceso por el municipio de Quezaltepeque, La Libertad, como una segunda vía de acceso al volcán y a sus alrededores. El acceso al volcán por el costado sur poniente, exactamente por la Colonia Quezaltepeque en Santa Tecla, La Libertad, conduce al cantón Victoria, del municipio de Santa Tecla, el cuál ha sido un camino formado por pobladores del mismo, quienes por la necesidad de acceder al Casco urbano de Santa Tecla fueron conformando la vía. Con los años y contando con la ayuda de la Comuna de dicho municipio hoy en día se cuenta con una vía de tipo montañoso en la cual se puede acceder únicamente con vehículo de tracción doble debido a que no presenta un diseño geométrico y que en épocas de invierno se hace imposible el acceso, además de peligroso, debido a las pendientes muy altas que se encuentran en el lugar.

En la Ingeniería Civil el diseño geométrico de carreteras es la técnica consistente en situar el trazado de una carretera o calle en el terreno; los condicionantes para situar una carretera sobre la superficie son muchos, entre ellos la topografía del terreno, la geología, el medio ambiente, la hidrología o factores sociales, urbanísticos y económicos. El primer paso para el trazado de una carretera es un

estudio de viabilidad que determine el corredor donde podría situarse el trazado de la vía.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En El Salvador, en los últimos años se ha generado un apogeo significativo en cuanto a vías y caminos que sirven de comunicación, entre ciudades, pueblos, colonias, etc. Aliviando con esto la necesidad de comunicarse entre los diferentes pueblos y municipios; mejorando también los aspectos económicos de los mismos. El municipio de Santa Tecla es uno de los más prósperos y desarrollados de nuestro país, tanto por su aspecto económico, como de infraestructura. Actualmente cuenta con 12 cantones, de los cuales enfocaremos nuestro esfuerzo en el diseño Geométrico del camino vecinal que conecta al volcán de San Salvador por el lado Sur-Poniente y específicamente desde la colonia Quezaltepeque hacia el Cantón Victoria. El cual actualmente solo es un camino que ha sido generado por los habitantes con ayuda de la comuna, además cuenta con anchos irregulares y con pendientes que son muy pronunciadas, las cual generan accidentes e incluso la incomunicación en tiempos de invierno, debido a que no es más que un camino improvisado para solventar la necesidad de comunicación.

La necesidad de un diseño Geométrico se vuelve en una necesidad dado que la alcaldía de Santa tecla ha contemplado entre sus planes de mejoramiento de caminos y vías, el camino que conduce al Cantón Victoria, pero que debido a

factores económicos muchas veces se dejan por ultimo dando prioridades a otros proyectos. La comuna ha tenido a bien la solicitud del diseño Geométrico de la vía antes mencionada a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, y específicamente a la Escuela de Ingeniería Civil; para poder así tener un diseño geométrico definitivo y adecuado que cumpla con las diferentes especificaciones y normativas técnicas de diseño Geométrico, y así cumplir con la necesidad de los pobladores de dicho cantón y caseríos aledaños, de contar con una vía adecuada, la cual les garantice a los mismos la intercomunicación en todo momento, sin importar condiciones del tiempo, ni dificultad de cualquier tipo de vehículo para la circulación, y así poder transportar sus cultivos y frutos, para ser comercializados en el casco Urbano del importante municipio de Santa Tecla.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL:

- Elaborar una propuesta de diseño geométrico de 5.0 km de vía de acceso vecinal montañosa, final Col. Quezaltepeque-Cantón Victoria, Santa Tecla, La Libertad, utilizando software especializado para diseño de carreteras.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Generar el alineamiento geométrico horizontal y vertical tomando en consideración aspectos internacionales de diseño basados en el confort, visibilidad, seguridad, viabilidad económica y sostenibilidad.
- Generar planos del diseño Geométrico de la vía Colonia Quezaltepeque-Cantón Victoria, para poder ser utilizada en una licitación y ser ejecutada por la comuna de Santa Tecla.
- Diseñar una vía potencial que a futuro pueda convertirse en uno de los tres accesos principales al cráter del boquerón y dar apertura así al turismo en la zona y por ende mejorar las condiciones económicas de los pobladores.
- Obtener una tabla resumen de movimientos terraceros de Cortes y rellenos a realizar con el diseño geométrico propuesto (sin entrar en costos).
- Generar un conjunto de especificaciones técnicas resumidas en planos que funcione como insumo para una licitación en la alcaldía que esté apegada a normas internacionales de diseño.

1.5 ALCANCES

- El presente trabajo de tesis pretende la realización del diseño geométrico de un tramo de 5.0 kilómetros partiendo de un levantamiento realizado por estudiantes egresados de la carrera de ingeniería civil, optando al grado de Ingenieros Civiles, usando el Software Carlson.

- El diseño se basará en la normativa de SIECA
- Generar un manual de uso del software CARLSON, específicamente para ser utilizado en el módulo de carreteras impartido por la escuela de Ingeniería Civil, el cual describirá de forma detallada los pasos para diseñar carreteras con el software, utilizando como ejemplo aplicativo, la realización del diseño de la calle en estudio.

1.6 LIMITACIONES

- Se utilizará exclusivamente el módulo de Carlson Civil Suite 2013 para la elaboración del manual de diseño geométrico omitiendo los demás módulos que componen el software Carlson.
- No se realizará el análisis y diseño de estructura de pavimento sino el diseño geométrico únicamente, puesto que el diseño estructural contempla una campaña geotécnica a lo largo de la vía en estudio que en virtud del tiempo de ejecución de la tesis no se espera cubrir.
- Para el diseño de taludes y sus inclinaciones se usarán parámetros de suelos de acuerdo al mapa geológico sin realizar una campaña geotécnica.

1.7 JUSTIFICACION

El desarrollo del presente proyecto se ve justificado en los beneficios generados por el mismo a nivel local, en aspectos importantes tales como facilitación de las

relaciones comerciales, desarrollo turístico de la zona, la mejora de la conectividad entre las poblaciones locales y el acceso a servicios básicos, así como también fundamentar una guía para el estudio y la elaboración de un diseño geométrico utilizando software especializado para tal fin.

El proyecto guarda especial importancia en cuanto al desarrollo de la región, pues contribuye de manera considerable a la mejora de los índices de desarrollo humano y brinda oportunidades de desarrollo al municipio, permitiendo solventar las carencias debidas a problemas de conectividad que se presentan actualmente.

Un diseño geométrico de calidad está basado en un buen estudio topográfico, geológico, hidrológico e hidráulico, con lo cual se generan obras adecuadas a las condiciones del terreno mismo, es decir, de ellas depende en buena medida el éxito del proyecto global; de allí la importancia de que siempre se lleve a cabo un estudio exhaustivo para garantizar que las obras construidas sean acordes según los requerimientos establecidos.

Todo ingeniero debe tener conocimientos en el área que trata el estudio o investigación a desarrollar, pues como se mencionó anteriormente constituye una buena parte del éxito de proyectos constructivos y el desarrollo de cualquier tipo de obras civiles. En particular, en la construcción de carreteras, el adecuado diseño geométrico así como los diferentes estudios que éste implica son de mucha importancia pues intervienen directamente en la seguridad del conductor

y aseguran que la conducción sea de forma adecuada y con un mayor confort prolongando además con ello una vida útil más duradera para los automotores que transiten por las mismas. El proyecto del diseño geométrico así como el estudio hidráulico e hidrológico en la vía de acceso que desde el final de la colonia Quezaltepeque conduce hacia el Cantón Victoria, ambos lugares en el Municipio de Santa Tecla en La Libertad; se justifica en sí por el impacto positivo a nivel local que generará el proyecto carretero y el desarrollo posterior de la población beneficiada por el mismo. Además de la creación de una guía práctica para la elaboración de futuros diseños geométricos utilizando diferentes software especializados de complemento a la hora de realizar un proyecto de tal envergadura.

El software a utilizar es CARLSON de Autodesk, con énfasis en el módulo de diseño geométrico de carreteras, utilizado por la cátedra de Ingeniería de Carreteras de la Escuela de Ingeniería Civil y que actualmente cuenta con licencia de enseñanza y uso, es por esta razón que se requiere un manual de usuario para que los estudiantes puedan tener acceso a tan valioso recurso en su formación académica y profesional.

**CAPITULO II: ELEMENTOS
PRINCIPALES PARA EL DISEÑO
GEOMETRICO.**

2.1 CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO DE LAS CARRETERAS REGIONALES

CONCEPTOS DE CAPACIDAD:

En la ecuación oferta-demanda de una carretera, del lado de la demanda se sitúa el volumen de diseño, que es el volumen de tránsito horario proyectado para utilizar dicha carretera en el año de diseño, o sea al término de un período de proyección que, ya se ha dicho, es normalmente de veinte años, mientras que la oferta, por su parte, se mide mediante *la capacidad, que es el máximo volumen horario de tránsito que puede, de manera razonable, circular por un punto o una sección de la carretera, bajo las condiciones prevalecientes de la carretera y el mismo tránsito vehicular.*

El dimensionamiento de la capacidad resulta crucial para el diseño de cualquier carretera, tanto para establecer el tipo a que corresponde diseñarla, como para seleccionar los elementos que la conforman y sus dimensiones, tales como número y ancho de carriles, alineamientos, restricciones laterales, etc.

Es indispensable también conocer la capacidad en los estudios de planificación de las redes de carreteras, cuando se trata de establecer la suficiencia con que los componentes de dichas redes están sirviendo al tránsito existente o, por la misma línea, programar en orden de prioridad las necesidades de inversión a corto y mediano plazo, para enfrentar con la debida antelación los efectos del crecimiento del tránsito.

El flujo máximo del tránsito en una carretera es su capacidad, que ocurre cuando se alcanza la densidad crítica, que se mide en vehículos por kilómetro, y el tránsito se mueve a la velocidad crítica. A medida que se alcanza la capacidad de una carretera, el flujo vehicular se torna menos estable, porque las brechas disponibles para maniobrar en la corriente del tránsito se reducen. En estas condiciones, la operación se vuelve difícil de sostener por largos períodos, se forman largas colas y el flujo se torna forzado o se interrumpe.

Bajo condiciones ideales del tránsito y de la vías, las autopistas tienen una capacidad de 2,000 automóviles o vehículos livianos por carril por hora. En carreteras de dos carriles, por otra parte, se alcanzan capacidades de 2,800 automóviles por hora en ambos sentidos de la circulación. Las condiciones ideales se alcanzan con flujos ininterrumpidos, sin interferencia lateral de vehículos o peatones, sin mezcla de vehículos pesados en la corriente del tránsito, con carriles normales de 3.6 metros de anchos, hombros de ancho apropiado, altas velocidades de diseño y carencia de restricciones en la distancia de visibilidad de adelantamiento o rebase.

La capacidad de una arteria o de una carretera urbana, por otra parte, está en función de la capacidad de sus intersecciones más críticas.

LOS NIVELES DE SERVICIO

Es por estas simples consideraciones, que las carreteras se diseñan para operar a volúmenes horarios por debajo de la capacidad. El flujo vehicular de servicio para diseño es el máximo volumen horario de tránsito que una carretera puede

acomodar, sin que el grado de congestión alcance los niveles preseleccionados por el diseñador, tras conciliar los intereses de los conductores, dispuestos quizá a tolerar un mínimo de congestión; los estándares de diseño vigentes, que predeterminarán algunos requerimientos básicos según la clasificación funcional de la vía; y los recursos disponibles para atender estas necesidades. Conviene aclarar que hablar de congestión en una carretera no es hablar de paralización de todo el movimiento. El congestión se inicia con la creciente interferencia o fricción entre los vehículos en la corriente del tránsito, que empieza a perder su calidad de flujo libre.

El conocido Manual de Capacidades de Carreteras establece seis niveles de servicio, identificados subjetivamente por las letras desde la A hasta la F, donde al nivel de servicio A se logra un flujo vehicular totalmente libre, con una relación volumen/capacidad del orden de 0.35 para las autopistas, mientras que al nivel de servicio F se alcanza el flujo forzado que refleja condiciones de utilización a plena capacidad de la vía o de sus componentes esenciales, como decir las rampas y las secciones para entrecruzamientos.

Los diseñadores deben escoger, entre aquellos extremos, el nivel de servicio que mejor se adecúa a la realidad del proyecto que se propone desarrollar. La escogencia de un determinado nivel de servicio conduce a la adopción de un flujo vehicular de servicio para diseño, que al ser excedido indica que las condiciones

operativas se han desmejorado con respecto a dicho nivel. Como criterio de análisis, se expresa que el flujo vehicular de servicio para diseño debe ser mayor que el flujo de tránsito durante el período de 15 minutos de mayor demanda durante la hora de diseño. La escogencia de un nivel de servicio dado, indica también que todos los elementos de la carretera deben diseñarse en correspondencia.

Las condiciones generales de operación para los niveles de servicio, se describen sumariamente de la siguiente manera:

Nivel de Servicio	Descripción
A	Flujo libre de vehículos, bajos volúmenes de tránsito y relativamente altas velocidades de operación.
B	Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito.
C	Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad.
D	Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar.
E	Flujo inestable, suceden pequeños embotellamientos.
F	Flujo forzado, condiciones de “pare y siga”, congestión de tránsito.

cuadro 2. 1 Niveles de servicio

El Cuadro 2.1 muestra la guía recomendada por la AASHTO en el conocido manual de la especialidad de diseño geométrico, para seleccionar el nivel de servicio de una carretera, en función de su tipología y las características del terreno. Las limitaciones financieras características del medio centroamericano y las distancias medias de viajes relativamente más cortas, combinados con una aparente tolerancia a mayores grados de congestionamiento, inducen a pensar

que esta tabla puede ofrecer las soluciones más deseables, aunque los niveles de servicio recomendables sean de menores exigencias.

CUADRO 2.2 Guía para seleccionar el Nivel de Servicio para Diseño

Tipo de carretera	Tipo de Area y Nivel de Servicio Apropriado			
	Rural Plano	Rural Ondulado	Rural Montañoso	Urbano Suburbano
Autopista Especial	B	B	C	C
Troncales	B	B	C	C
Colectoras	C	C	D	D
Locales	D	D	D	D

Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Rural Highways and Streets, 1994, p. 90

cuadro 2. 2 Selección de Nivel de servicio

El procedimiento para el cálculo de las capacidades y niveles de servicio de las carreteras de dos carriles, que con fines ilustrativos se describe a continuación, se basa en la metodología establecida en el indicado Manual de Capacidad de las Carreteras, en su versión de 1994.

Resumen de los datos de los estudio de tránsito y de las características de la carretera:

- ✓ Volumen de tránsito en la hora pico (v , en vehículos por hora).
- ✓ Factor de hora pico (FHP).
- ✓ Composición del tránsito (porcentaje de vehículos livianos, autobuses, camiones y vehículos recreativos).
- ✓ Distribución direccional del tránsito.
- ✓ Tipo de terreno, conocido por observación o resultados del estudio preliminar.

✓ Las características de la sección longitudinal de una carretera pueden establecerse a través del porcentaje de dicha carretera con visibilidades menores de 450 metros.

✓ Ancho de carriles y hombros (metros). Dimensiones de alternativas del estudio.

✓ Velocidad de diseño (kilómetros por hora)

1. El cálculo del flujo de servicio (S_{fi}) de la carreteras se realiza utilizando la siguiente fórmula:

$$S_{fi} = 2800 \times \left(\frac{V}{C}\right) \times F_d \times F_w \times F_{hv}$$

Donde:

S_{fi} = Volumen de servicio para el nivel de servicio seleccionado.

2800 = Flujo de tránsito ideal en ambos sentidos, en vehículos por hora.

v/c = Relación Volumen/Capacidad del nivel de servicio.

f_d = Factor de distribución direccional del tránsito.

f_w = Factor para anchos de carril y hombros.

f_{hv} = Factor de vehículos pesados.

2. Calcular el factor de vehículos pesados, f_{hv} , para cada nivel de servicio, de la siguiente ecuación:

$$F_{hv} = \frac{1}{[1 + PT(ET - 1) + PB(EB - 1) + PR(ER - 1)]}$$

Las equivalencias en automóviles para Camiones Pesados (ET), para autobuses (EB) y vehículos recreacionales (ER), afectadas por el alineamiento horizontal, son tomadas de las tablas del Manual de Capacidades. Los factores PT, PB y PR corresponden a la fracción decimal de la proporción de camiones, autobuses y vehículos recreacionales en el volumen de tránsito total.

3. Calcular los volúmenes del flujo de servicio para cada nivel, utilizando la fórmula presentada en 2.
4. Convertir el flujo de la demanda horaria (v, en vph) en flujo equivalente:

$$V = \frac{v}{FHP}$$

Comparar V con el volumen calculado en 4 para determinar el nivel de servicio.

Nivel de Servicio (NS)	Terreno plano						Terreno Ondulado						Terreno Montañoso					
	Restricción de paso, %						Restricción de paso, %						Restricción de paso, %					
	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
A	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03	0.14	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01
B	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.26	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.25	0.20	0.16	0.13	0.12	0.10
C	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32	0.42	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28	0.39	0.33	0.28	0.23	0.20	0.16
D	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58	0.57	0.62	0.57	0.52	0.48	0.46	0.43	0.58	0.50	0.45	0.40	0.37	0.33
E	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.94	0.92	0.91	0.90	0.90	0.91	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual, 1994

cuadro 2. 3 Restricciones de paso según terreno y NS

NIVEL DE SERVICIO (V/C) PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES

CUADRO 2.4

FACTORES DE AJUSTE POR DISTRIBUCION DIRECCIONAL DEL TRANSITO EN CARRETERAS DE DOS CARRILES

Separación Direccional (%/%)	Factor
50/50	1.00
60/40	0.94
70/30	0.89
80/20	0.83
90/10	0.75
100/0	0.71

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual, 1994

cuadro 2. 4 Factores de ajuste por distribución direccional

CUADRO 2.5

FACTORES DE HORA PICO (FHP) PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES

Volumen Horario (vehiculos/hora)	FHP
100	0.83
200	0.87
300	0.90
400	0.91
500	0.91
600	0.92
700	0.92
800-900	0.93
1000-1400	0.94
1500-1800	0.95
1900	0.96

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual, 1994
Basados en flujos aleatorios que puede ser mayor que los resultados de campo.

cuadro 2. 5 factor de hora pico

CUADRO 2.6

FACTORES DE AJUSTE POR EFECTO COMBINADO DE CARRILES ANGOSTOS Y HOMBROS RESTRINGIDOS, CARRETERA DE DOS CARRILES

Hombro (m)	Carril de 3.65m		Carril de 3.35m		Carril de 3.05m		Carril de 2.75m	
	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E	NS A-D	NS E
1.8	1.00	1.00	0.93	0.94	0.83	0.87	0.70	0.76
1.2	0.92	0.97	0.85	0.92	0.77	0.85	0.65	0.74
0.6	0.81	0.93	0.75	0.88	0.68	0.81	0.57	0.70
0.0	0.70	0.88	0.65	0.82	0.58	0.75	0.49	0.66

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual, 1994
NS: Nivel de Servicio

cuadro 2. 6 factores de ajuste por efecto combinado

CUADRO 2.7

AUTOMÓVILES EQUIVALENTES POR CAMIONES Y AUTOBUSES, EN FUNCIÓN DEL TIPO DE TERRENO, CARRETERAS DE DOS CARRILES

Tipo de Vehículo	NS	Tipo de Terreno		
		Plano	Ondulado	Montañoso
Camiones, Et	A	2.0	4.0	7.0
	B-C	2.2	5.0	10.0
	D-E	2.0	5.0	12.0
Buses, Eb	A	1.8	3.0	5.7
	B-C	2.0	3.4	6.0
	D-E	1.6	2.9	6.5

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual, 1994
NS: Nivel de Servicio

cuadro 2. 7 automoviles equivalentes

CUADRO 2.8

AUTOMÓVILES EQUIVALENTES PARA PENDIENTES ESPECÍFICAS, EN CAMINOS RURALES DE DOS CARRILES

Longitud de pendiente (km)	Pendiente				
	3	4	5	6	7
0.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
0.8	1.7	1.9	2.0	2.2	2.4
1.2	1.9	2.1	2.4	2.7	3.0
1.6	2.1	2.4	2.8	3.3	3.8
2.4	2.5	3.1	3.8	4.7	5.8
3.2	2.9	3.8	4.8	6.3	8.2
4.8	3.8	5.5	7.8	11.3	16.1
6.4	4.9	7.4	11.5	18.1	28.0

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual, 1994

cuadro 2. 8 automoviles equivalentes para pendientes

Están disponibles en el mercado varios paquetes computacionales para el cálculo de las capacidades y los volúmenes de servicio en una carretera. El Transportation Research Center de la Universidad de Florida distribuye unos programas para computadora, que facilitan todos los cálculos que tienen que ver

con las aplicaciones del Manual de Capacidad de las Carreteras. Dado que el volumen de la demanda es conocido, los cálculos del programa permiten compararla con las cifras de los diferentes volúmenes de servicio, para ubicar el nivel de servicio de la carretera existente o proyectada.

2.2 VELOCIDADES DE DISEÑO

La velocidad de diseño, también conocida como velocidad directriz, es la máxima velocidad que, en condiciones de seguridad, puede ser mantenida en una determinada sección de una carretera, cuando las condiciones son tan favorables como para hacer prevalecer las características del diseño utilizado.

En principio, las carreteras deben diseñarse para las mayores velocidades que sean compatibles con los niveles deseados de seguridad vial, movilidad y eficiencia, tomando a la vez debida cuenta de las restricciones ambientales, económicas, estéticas y los impactos sociales y políticos de tales decisiones. La velocidad de diseño debe ser consistente con la velocidad que espera el conductor promedio. En una carretera secundaria con condiciones topográficas favorables, por ejemplo, donde los conductores operan a velocidades relativamente altas, dada su percepción de las condiciones físicas y operativas de la vía, es impropio aplicar una baja velocidad de diseño por los riesgos que acarrearía en materia de seguridad.

Para la AASHTO, una velocidad de diseño de 110 kilómetros por hora en autopistas, vías expresas y otras carreteras troncales, resulta apropiada para

aplicar en la categoría superior de los sistemas de carreteras. Este es el límite superior recomendado para Centroamérica. Se admite que en las categorías inferiores de la clasificación vial, con la debida consideración de las condiciones topográficas del terreno, se reduzcan en forma gradual las velocidades recomendadas para diseño, hasta límites prácticos y razonables. En las arterias urbanas reguladas por los conocidos dispositivos de control del tránsito, se acepta que las velocidades de ruedo sean limitadas a 30 y en determinadas circunstancias hasta 25 kilómetros por hora, con lo que las menores velocidades de diseño pueden ubicarse en los 40 kilómetros por hora. La velocidad de diseño determina aquellos componentes de una carretera como curvatura, sobreelevación y distancias de visibilidad, de los que depende la operación segura de los vehículos. Aunque otros elementos del diseño, como decir el ancho de la calzada, los hombros y las distancias a que deben estar los muros y las restricciones laterales a la vía, no dependen directamente de la velocidad de diseño, se asume que a mayores velocidades de diseño tales elementos deben ser mejorados dentro de límites prácticos y compatibles con las mejoras que insinúa el cambio.

En la selección de una adecuada velocidad de diseño para una carretera particular, debe darse especial consideración a los siguientes aspectos:

- a) Distribuciones de las velocidades
- b) Tendencias de las velocidades

c) Tipo de área

✓ Rural

✓ Urbana

d) Condiciones del terreno

✓ Plano

✓ Ondulado

✓ Montañoso

e) Volúmenes de tránsito

f) Consistencias en el diseño de carreteras similares o complementarias

g) Condiciones ambientales

VELOCIDAD DE RUEDO:

La velocidad de ruedo, que es la velocidad promedio de un vehículo en un determinado tramo de carretera, obtenida mediante la relación de la distancia recorrida a lo largo de dicho tramo con el tiempo efectivo de ruedo del vehículo, esto es, sin incluir paradas, constituye una buena medida del servicio que la carretera referida brinda al usuario. La determinación de la velocidad promedio de ruedo, donde el flujo del tránsito es relativamente continuo, puede efectuarse mediante la aplicación de conocidos procedimientos de la ingeniería de tránsito para la medición y cálculo de la velocidad instantánea promedio en un punto característico de dicho tramo.

En las carreteras de bajos volúmenes de tránsito, las velocidades promedios de ruedo se aproximan a las velocidades de diseño y llegan a representar entre 90 y 95 por ciento de éstas.

A medida que los volúmenes de tránsito aumentan, aumenta igualmente la fricción entre los vehículos en la corriente vehicular y se reducen sensiblemente las velocidades de ruedo, hasta que en su mínima expresión los volúmenes alcanzan niveles de congestionamiento que, deseablemente, deben evitarse por todos los medios disponibles en un proyecto vial.

2.3 COMPONENTES BASICOS DE LA SECCION TRANSVERSAL

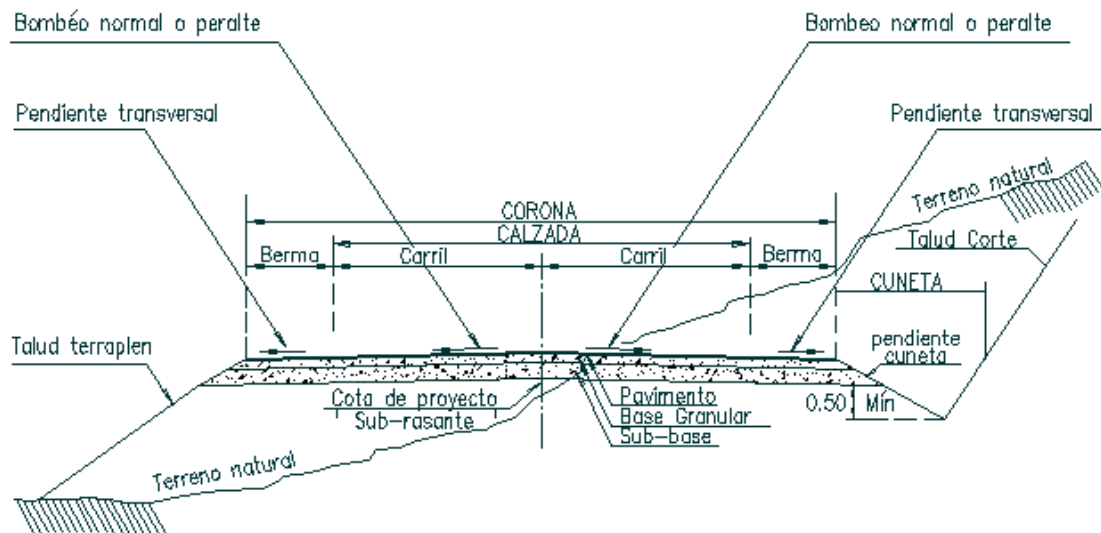


Figura 2. 1 componentes secciones transversal

En las etapas iniciales del diseño de las carreteras, siempre es conveniente dar la debida consideración al uso de componentes de dimensiones normales o mejoradas en la sección transversal, por estar comprobado que con un bajo costo

relativo, reducen sustancialmente los riesgos de accidentes o, inversamente contribuyen al mejoramiento de los niveles de seguridad vial. Cualesquiera que sean estos elementos de la sección transversal, deben mantenerse a lo largo de todo el proceso de diseño de una carretera o de un segmento dado de dicha carretera.

Además de la seguridad, se deben considerar las características operativas del tránsito, la estética, los patrones de velocidad, la capacidad y sus niveles de servicio, tomando en cuenta además las dimensiones de los vehículos de diseño, sus características operativas y la conducta muy particular de los conductores centroamericanos. En el diseño de la sección transversal debe preverse la construcción por etapas o la incorporación de ampliaciones que puedan, con posterioridad, ser ejecutadas económica y prácticamente.

2.4 CARRILES DE CIRCULACION

Divididas o no, las carreteras están provistas de uno, dos o más carriles de circulación por sentido y, excepcionalmente, de un solo carril habilitado para la circulación en ambos sentidos, con bahías o refugios estratégicamente ubicados a lo largo de la vía, para permitir las operaciones de adelantamiento o el encuentro seguro de dos vehículos en sentidos opuestos. Se debe tomar nota que el carril es la unidad de medida transversal, para la circulación de una sola fila de vehículos, siendo el ancho de la calzada o superficie de rodamiento, la sumatoria de los carriles, a la que también se hace referencia en la clasificación

de las carreteras. Para ofrecer las mejores condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios, la superficie de rodamiento de las carreteras debe ser plana y sin irregularidades, resistente al deslizamiento y habilitada para la circulación del tránsito bajo todas las condiciones climáticas previsible. Existe una clara y comprobada relación entre el ancho del carril, el ancho utilizable de los hombros o la ubicación de las obstrucciones laterales y la capacidad de las carreteras, según los resultados que muestra el cuadro 4.2 adjunto. Los datos mostrados en el cuadro son calculados para flujos ininterrumpidos del tránsito, con un nivel de servicio B y pavimentos con estructuras de alta calidad. Entiéndase por capacidad ideal en ese cuadro, la que corresponde a carriles de 3.6 metros con obstrucciones laterales a un mínimo de 1.8 metros. Las usuales restricciones laterales se refieren a muros de contención, bordillos de puentes, postes para instalaciones de servicios públicos, vehículos estacionados al lado de la vía, anclaje de cables y cualquier elemento físico instalado al lado de la vía. La existencia de hombros continuos de suficiente amplitud, tiende a alejar la colocación de restricciones laterales como las indicadas. De la información insertada en este cuadro, se puede apreciar la manera sensible en que la falta de hombros disminuye la capacidad de una carretera típica de dos carriles, en un 30 por ciento cuando el ancho de carril es de 3.6 metros y en un 42 por ciento cuando el ancho de carril disminuye a 3.0 metros. Experiencias en países subdesarrollados, también han indicado que para carriles de 3.0 metros de ancho, la velocidad relativa disminuye en un 15 por ciento. Disminución de capacidad

significa mayores posibilidades de accidentes en situaciones azarosas del tránsito.

CUADRO 2.9 EFECTO COMBINADO SOBRE LA CAPACIDAD IDEAL, DEL ANCHO DE CARRIL Y LA UBICACIÓN DE LAS RESTRICCIONES LATERALES

Ancho Útil de Hombros u Obstrucción Lateral Metros	PORCENTAJE DE CAPACIDAD EN RELACION A LA DEL CARRIL DE 3.6 METROS		
	3.6 m	3.3 m	3.0 m
CARRETERAS DE DOS CARRILES			
1.8	100	93	84
1.2	92	85	77
0.6	81	75	68
0	70	65	58
CARRETERAS DE CUATRO CARRILES SIN MEDIANA			
1.8	100	95	89
1.2	98	94	88
0.6	95	92	86
0	88	85	80

Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p. 334.

cuadro 2. 9 efecto combinado sobre capacidad ideal

a) El Ancho de los Carriles.

El mismo cuadro demuestra también que la escogencia del ancho de los carriles es una decisión que tiene incidencia determinante en la capacidad de las carreteras. Como parámetro de referencia durante el diseño, se debe tener a la vista la estructura del tránsito proyectado, que a su vez y en la medida de la importancia relativa del tránsito pesado dentro del mismo, hará necesario que la dimensión de cada carril sea habilitada para que los camiones y las combinaciones de vehículos de diseño, con 2.6 metros de ancho, se puedan inscribir cómodamente y a las velocidades permisibles, dentro de la franja de circulación que les ha sido habilitada. En el ambiente vial centroamericano, un ancho de carril de 3.6 metros se considera como el ideal para las condiciones físicas más exigentes de la vía y el tránsito, en coincidencia con las normas norteamericanas vigentes, variando según el tipo de carretera hasta un mínimo tolerable de 2.7 metros en caminos rurales de poco tránsito.

El ancho de carril de 3.6 metros es deseable para las carreteras de la red regional, de manera que una calzada de dos carriles con 7.2 metros ofrecerá óptimas condiciones para la circulación vehicular. Cuando haya restricciones en el derecho de vía, el carril de 3.3 metros se considerará recomendable; en tanto que el carril de 3.0 metros de ancho es aceptable únicamente en el caso de vías diseñadas para baja velocidad. Se admite el uso de carriles de 3.3 metros en la parte interior de autopistas y hasta 3.9 metros en los carriles exteriores, para permitir más comodidad y seguridad a los vehículos lentos y a las bicicletas. En el diseño de carriles contiguos y de doble sentido de circulación, en el centro de la sección transversal para facilitar los giros a izquierda, los anchos recomendables varían entre 3.0 y 4.8 metros.

Los carriles de aceleración y deceleración, al igual que los carriles adicionales para ascensos y descensos, determinados por el alineamiento vertical de las carreteras con porcentajes significativos de vehículos pesados en la corriente del tránsito y bajas velocidades, deberán disponer de un ancho mínimo de 3.3 metros.

En lo que corresponde a la superficie del pavimento de la calzada, ésta estará determinada por el volumen y la composición del tránsito, las características del suelo y del clima, la disponibilidad de materiales y el costo durante todo el ciclo de vida del proyecto. Los pavimentos con superficie de rodamiento de alta calidad, ofrecen una superficie tersa, buenas cualidades antiderrapantes y bajo costo de mantenimiento, por la perfección del diseño y el estricto control de

calidad de los productos utilizados. Los de calidad intermedia varían desde los tratamientos superficiales bituminosos hasta pavimentos asfálticos de alta calidad, pero sometidos a menores controles para reducir costos. Las superficies de baja calidad se presentan en carreteras con superficies de grava, suelos estabilizados o tratados químicamente y simple material selecto compactado.

b) Pendiente Transversal de los Carriles.

La pendiente transversal de una carretera de primera clase con dos carriles en tangente, debe ser del 2.0 por ciento del centro de la sección hacia fuera. Cuando existan más de dos carriles por sentido, cada carril adicional irá incrementando su pendiente transversal entre 0.5 y 1.0 por ciento. En áreas de intensa precipitación pluvial, la pendiente de los carriles centrales puede incrementarse a 2.5 por ciento, con un medio por ciento incremental en los carriles contiguos hacia fuera, pero sin superar un 4.0 por ciento.

Para carreteras con superficie de calidad intermedia, la pendiente transversal desde la cresta de la sección puede variarse entre 1.5 y 3.0 por ciento, en tanto que las carreteras con superficie de rodamiento de baja calidad, el rango de pendiente transversal puede fijarse entre 2.0 y 4.0 por ciento.

No se estimula el uso de secciones parabólicas para conformar la pendiente transversal de una carretera de cuatro carriles, debido a que la caída del borde exterior del pavimento es muy acentuada y, aunque conveniente para efectos del drenaje, puede ser incómoda para la conducción vehicular.

2.5 HOMBROS

Los hombros o espaldones, que son las franjas de carretera ubicadas contiguo a los carriles de circulación y que, en conjunto con éstos, constituyen la corona o sección comprendida entre los bordes de los taludes, tienen su justificación en:

1. la necesidad de proveer espacios para acomodar los vehículos que ocasionalmente sufren desperfectos durante su recorrido - en defecto de los hombros, estos vehículos en problemas se ven invitados a invadir los carriles de circulación, con riesgos para la seguridad del tránsito
2. para llenar la importante función de dar estabilidad estructural a los carriles de circulación vehicular por medio del confinamiento
3. para permitir los movimientos peatonales en ciertas áreas donde la demanda lo justifique.
4. para proporcionar el espacio lateral libre suficiente para la instalación de las señales verticales de tránsito.

La continuidad de los hombros debe ser mantenida a lo largo de la carretera donde la topografía lo permita; en caso contrario y en correspondencia con la altura de los taludes de los terraplenes, deberán instalarse postes guías o barreras de seguridad tipo flex-beam, con separación mínima de 1.2 metros del borde externo de los carriles, tomando en cuenta el correspondiente ancho para

la raya de pintura blanca reflectorizante, que de igual forma se aplicará en el hombro exterior.

Donde haya que acomodar ciclistas, es aconsejable ampliar los hombros a 1.2 metros de ancho mínimo. Para las carreteras colectoras del sistema vial regional, este mínimo se puede ampliar a 1.5 metros.

Puesto que por otra parte es recomendable que un vehículo estacionado o en reparación despeje el carril exterior a una distancia comprendida entre 0.3 y 0.6 metros, se ha recomendado que el hombro exterior alcance una sección de 3.0 metros en las carreteras de alto desempeño, para dar refugio a un vehículo pesado de 2.6 metros de ancho, reduciéndose a 2.5 metros dicho requerimiento, si el propósito es proteger un automóvil cuyo ancho de diseño es de 2.1 metros.

Para las autopistas regionales y las troncales suburbanas se recomienda un mínimo de 2.5 metros de ancho de hombro exterior, siendo admisible reducir dicho requerimiento hasta 1.8 metros.

Los hombros deben ser revestidos para proporcionar un mejor soporte a la calzada y redondeados en el borde exterior. El revestimiento puede ser de grava, de material estabilizado químicamente o consistir en un tratamiento superficial bituminoso, una mezcla asfáltica o un concreto hidráulico, según las características de la carretera y las demandas del tránsito.

Dentro de la práctica corriente de diseño de los hombros, debe considerarse una pendiente máxima transversal del 5 por ciento dependiendo de la pluviosidad del

lugar, empezando con un mínimo de 2 por ciento. Por tipo de superficie, los hombros pueden tener pendientes transversales de 2 al 6 por ciento cuando se trata de hombros asfaltados o con concreto hidráulico, de 4 a 6 por ciento en hombros revestidos de grava y de 8 por ciento en hombros engramados. En curvas horizontales con sobreelevación, predomina el porcentaje de sobreelevación de la calzada. En las obras de arte no deberá variarse esta disposición.

CUADRO 2.10 ANCHOS MÍNIMOS DE HOMBROS Y ACERAS

Tipo de Carretera	Acceso	Tipo de Superficie	Ancho de Hombros (m)		Ancho de Aceras (m)	
			Internos	Externos		
AR	Autopistas Regionales	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	1.8 - 2.5	
TS	Troncales Suburbanas	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	1.8 - 2.5	1.2 - 2.0
TR	Troncales Rurales	-	Alto	0.5 - 1.0*	1.2 - 1.8	1.2 - 1.5
CS	Colectoras Suburbanas	-	Intermedio	0.5*	1.2 - 1.5	1.0 - 1.2
CR	Colectoras Rurales	-	Intermedio	-	1.2 - 1.5	1.0 - 1.2

* Solamente con mediana

Cuadro 2. 10 ancho mínimo de hombros y aceras

En resumen, para las carreteras de la red regional centroamericana, donde no se han reconocido suficientemente las ventajas de la provisión de hombros de anchos adecuados, por una economía en costos de inversión mal entendida, se propone la adopción de los anchos mínimos que señala el cuadro 2.2 adjunto.

El ancho de los hombros se determina en función de la clasificación de la carretera y del tipo de terreno que cruza. En carreteras de las clasificaciones principales, el ancho de los hombros debe prever el ensanche futuro del pavimento, sin necesidad de ampliar el volumen del movimiento de tierra.

En aquellos casos donde por circunstancias especiales no sea posible construir los hombros recomendados, deberá como alternativa proveerse refugios para vehículos cada 400 metros a cada lado, provistos de sus secciones de transición tanto para el ingreso como para la salida de dichas instalaciones de emergencia.

2.6 ACERAS

Donde hay abundancia de peatones, los volúmenes de tránsito son elevados y las velocidades permitidas son significativas (mayores de 60 kilómetros por hora), especialmente en sitios de circunvalación de poblados y ciudades, se recomienda que al lado de los carriles exteriores, se construyan aceras o andenes para la circulación peatonal. Como una recomendación general de aplicación en Centroamérica, se deben construir aceras en las calles y en las carreteras que carezcan de hombros, procurándose en este último caso que las aceras estén fuera de la pista de rodaje y, posiblemente, en los límites del derecho de vía.

Los datos de tránsito confirman que las aceras ofrecen un medio efectivo para reducir accidentes peatonales. En áreas urbanas y suburbanas, debe existir una franja de un mínimo de 3.0 metros de ancho como espacio de amortiguación para la construcción de aceras y la instalación de servicios como alumbrado público, hidrantes, teléfonos, etc.

Las aceras pueden variar entre 1.0 y 2.0 metros de ancho, con una franja verde separatoria de la pista principal de 0.6 metros de ancho, como mínimo. Cuando

la acera se construya a la orilla del bordillo de la cuneta, debe tener un ancho extra de 0.6 metros, para compensar la carencia de la zona verde de transición.

Se dan recomendaciones sobre el ancho mínimo de estas instalaciones en el cuadro 2.10 ya citado.

2.7 CORDONES Y CUNETAS

Los bordillos se usan extensamente en las carreteras urbanas y suburbanas, siendo su uso muy limitado, más bien nulo, en las carreteras rurales. Esto tiene que ver con la función que desempeñan dichos dispositivos, como son el control del drenaje, la delimitación del borde del pavimento, la determinación del borde de las aceras o de la zona de protección de los peatones o, simplemente, por razones de estética.

Típicamente los bordillos se clasifican en montables y de barrera o no montables, según que tengan la altura y conformación apropiada para que los vehículos automotores puedan abordarlos o no.

Los bordillos de barrera son relativamente altos y con la cara relativamente vertical, redondeados en su parte superior para reducir las aristas cortantes, con un radio de 1 a 2.5 centímetros. La altura de este bordillo puede estar comprendida entre 15 y 22.5 centímetros. Los bordillos de barrera combinados con aceras de seguridad son muy útiles a lo largo de paredes altas y túneles, haciendo que el conductor se separe de dichos bordillos con beneficio para la seguridad del peatón. En general, no se recomienda el uso de bordillos de barrera

en autopistas y en carreteras de alta velocidad, porque pueden ser causantes del vuelco de vehículos por impacto lateral. Si el propósito de colocar un bordillo tal es prevenir que los vehículos se salgan de la calzada, debe pensarse más bien en el uso de barreras metálicas.

Los bordillos montables, por su parte, son diseñados para que los vehículos puedan cruzarlos cuando así se requiera y sea permisible o cuando accidentalmente haya que pasar sobre ellos. Cuando la cara del talud del bordillo es mayor de la relación 1:1, su altura debe limitarse a 10 centímetros o menos, pero si este talud se diseña entre 1:1 a 2:1, su altura puede ser incrementada a 15 centímetros. En algunas ocasiones los bordillos se construyen con una porción vertical en la base de unos 2.5 centímetros, como previsión para futuros revestimientos del pavimento, aunque si la sección inclinada excede de una altura total de 15 centímetros, ya no se califica como un bordillo montable. Los bordillos montables son usuales en los bordes de las medianas en carreteras divididas y en las islas para canalización del tránsito en las intersecciones.

El ancho del bordillo se considera como un elemento de la sección transversal fuera del ancho de los carriles, podría decirse que más bien debe estar situado a unos 0.3-0.6 metros del borde del carril en vías urbanas, y en el borde del hombro en carreteras rurales. Combinados con una sección de cuneta, los bordillos pueden formar parte integral del sistema de drenaje superficial longitudinal de la carretera. El bordillo-cuneta se instala normalmente cuando la carretera discurre

en un ambiente urbano y suburbano, para encauzar las aguas hacia los tragantes y tuberías de drenaje. La Figura 2.2 ilustra las descripciones dadas.

Reconocedores de estas condiciones para el uso de uno u otro tipo de bordillo, en la práctica vial centroamericana se ha preferido la colocación de bordillos de barrera para delimitar la mediana central, en virtud de que los bordillos montables han servido para la habilitación de cruces forzados por el uso frecuente, y a la vez incómodo, en los sitios donde se ha intentado controlar tales maniobras.

FIG. 2.2 SECCIONES TÍPICAS DE BORDILLOS-CUNETAS EN CARRETERAS

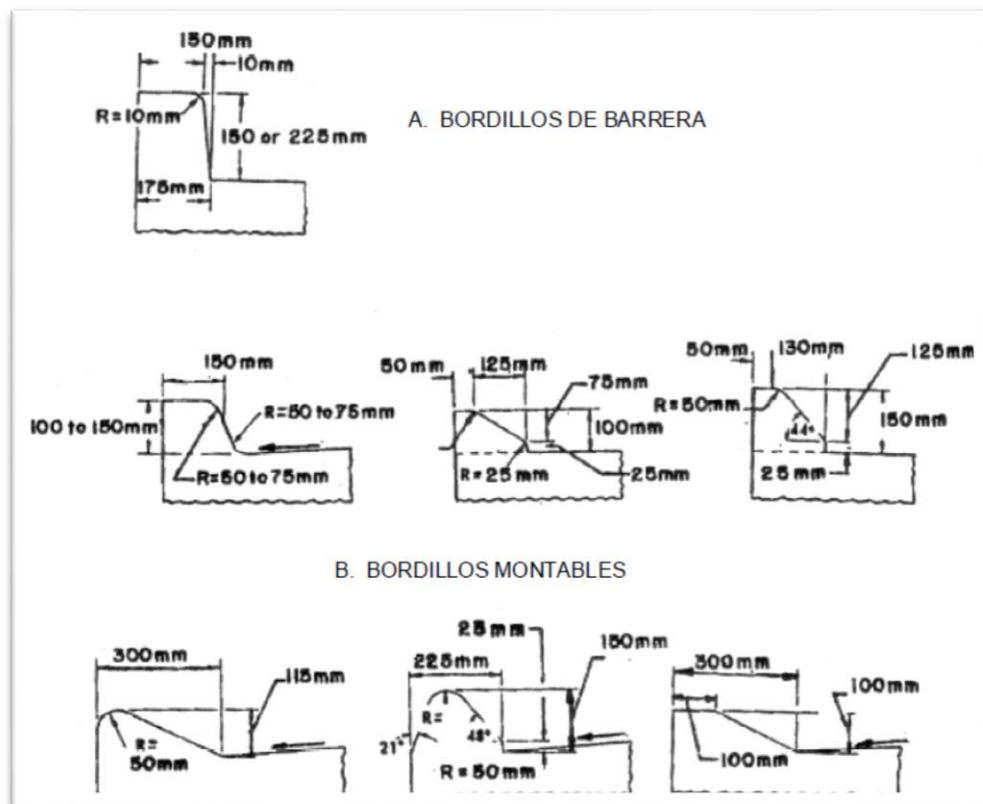


Figura 2. 2 secciones típicas de cunetas

2.8 DRENAJE SUPERFICIAL

El drenaje superficial debe ser muy efectivo para evacuar rápidamente las aguas de la superficie del pavimento y evitar que éstas se infiltren dentro de la estructura del mismo, ocasionándole daños que pueden ser considerables y de efectos inmediatos o a corto plazo. También previenen que el lodo o suciedades de las áreas no pavimentadas de la carretera penetren los lados del carril exterior de circulación, causando problemas de visibilidad de la línea de demarcación del borde separador entre el pavimento y sus hombros.

Los canales de drenaje o cunetas se construyen a los lados de las carreteras para conducir el agua hacia las alcantarillas, cajas o puentes; así como alejarlas de la carretera en concordancia con la configuración topográfica de su localización. Existen cunetas laterales, contracunetas, cunetas centrales y transversales, bordillos-cuneta y rápidos. La cuneta lateral más usada es la que tiene forma trapezoidal con un ancho de fondo entre 2.0 y 3.0 metros y profundidad variable, prefiriéndose las de poca profundidad para que ayuden a disminuir la velocidad de la corriente y la erosión del suelo del fondo, cuando no son revestidas. También existen secciones triangulares para este tipo de obra, con cierto grado de tradición en su uso. Este tipo de drenajes debe revestirse cuando la velocidad de las corrientes sea alta, en suelos erosionables situados en pendientes fuertes. Los pendientes de las paredes de las cunetas, del lado de la calzada, no deben superar la relación 4: 1 (4 horizontal y 1 vertical).

En carreteras con mediana central, generalmente se usa un drenaje al centro, en un área deprimida de poca profundidad y con pendientes sumamente suaves, que evacúan las aguas hacia tragantes conectados a tubos instalados debajo de las calzadas, para alejar el agua fuera de la obra vial. Pendientes construidas de esa forma son muy útiles en caso de accidentes, evitando que éstos sean de mayores consecuencias.

Los rápidos conducen el agua hacia niveles inferiores cuando la cuneta está localizada en sitios de pendientes fuertes. Son canales abiertos o cerrados que se pueden revestir con concreto, mampostería, o tubería metálica, tomando en cuenta la magnitud de la escorrentía superficial

2.9 MEDIANAS O FRANJAS SEPARADORAS CENTRALES

La mediana o franja separadora central es una franja de terreno localizada al centro de los carriles de sentido contrario en carreteras divididas, que puede construirse al nivel de la pista principal, o tener su sección transversal elevada o deprimida, siendo preferible esta última solución por su contribución al drenaje longitudinal en las autopistas y carreteras divididas, recomendándose en este caso particular que la pendiente de la mediana sea en la proporción 6 a 1, aunque una relación de 4 a 1 puede ser igualmente aceptable. Todos los tragantes de drenaje en la mediana deben construirse a ras del suelo y protegidos con parrillas, para que no se constituyan en peligrosos obstáculos para los vehículos descarriados.

En breve, las medianas tienen las siguientes funciones principales:

- ✓ Separar físicamente los flujos de tránsito de sentido contrario.
- ✓ Evitar o reducir el deslumbramiento durante la conducción nocturna, de los conductores de ambos sentidos de circulación.
- ✓ Dotar a la carretera de un ancho de reserva para futuras ampliaciones, función que se le otorga una considerable importancia.
- ✓ Embellecer la facilidad vial y mejorar la calidad ambiental de su entorno.
- ✓ En situaciones especiales puede servir para la atención del movimiento peatonal

CUADRO 2.11 ANCHOS DE MEDIANAS RECOMENDABLES PARA LAS CARRETERAS DE LA RED VIAL REGIONAL

Tipo	Clasificación	Ancho de Mediana (m)
AR	Autopistas Regionales	4 –12
TS	Troncales Suburbanas	4-10
TR	Troncales Rurales	2 – 6
CS	Colectoras Suburbanas	Sin mediana
CR	Colectoras Rurales	Sin mediana

Cuadro 2. 11 Anchos de medianas

En zonas rurales o montañosas el ancho mínimo de una mediana se puede reducir a un metro, llegando en casos extremos a limitarse a 0.5 metros, lo cual minimiza su participación de los beneficios anunciados. La experiencia ha demostrado que las medianas pueden tener anchos hasta de 12 metros o más, para incrementar al máximo la sensación de separación e independencia de

operación de las corrientes opuestas. Dentro de este elenco de opciones y con una visión práctica, se recomiendan los anchos que muestra el cuadro 2.11, para aplicar a las carreteras del sistema regional centroamericano.

Un ancho de 4.0 metros es suficiente para la construcción de un carril para giros a izquierda, con 3.0 a 3.5 metros para la franja de circulación y la dimensión restante para proveer un bordillo mínimo separador, a la vez que protector. Además, se pueden permitir giros en U, desde luego que no con las ventajas que ofrecen las medianas mayores que alcanzan de 8 y 10 metros. Una mediana de 10 metros provee suficiente refugio transversalmente para el automóvil y el camión pequeño de diseño, que son los componentes más frecuentes en el tránsito, pero con un poco de limitaciones para el autobús de diseño.

Ver la figura 2.3 de la sección tipo de arteria con mediana, en tangente.

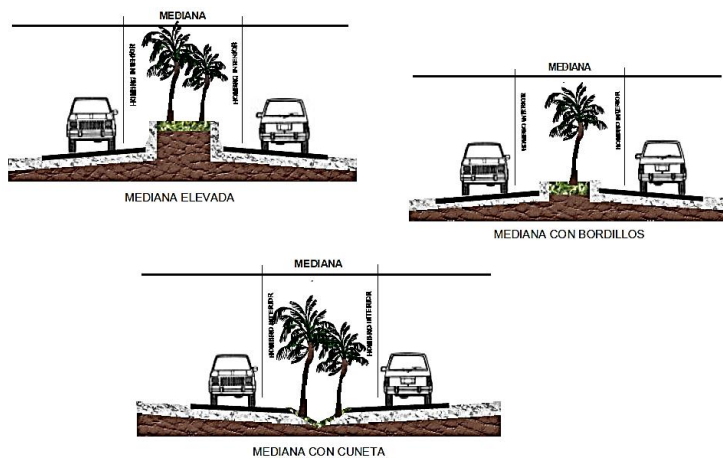


Figura 2. 3 Secciones tipo de arterias con mediana

2.10 BAHÍAS PARA AUTOBUSES Y AREAS DE ESTACIONAMIENTO

Para evitar conflictos entre la corriente de tránsito principal y los vehículos de transporte colectivo que están obligados por la naturaleza de su servicio a detenerse en su recorrido por la vía, para recoger y bajar pasajeros, debe construirse un número adecuado de apartaderos o bahías para autobuses a lo largo de las carreteras.

Está sobradamente comprobado el efecto que sobre la seguridad de los pasajeros ejerce la construcción de este tipo de instalaciones, cuyo uso debería ser más generalizado en las carreteras de Centroamérica, donde la mayoría de los viajes de la población se realiza en transporte colectivo, autobuses. La localización de las paradas de autobuses en carreteras debe hacerse de manera que, situadas en las proximidades de los focos de generación de la demanda (centros de actividad, itinerarios de peatones, intersecciones, etc.), interfieran lo menos posible en el funcionamiento vial. Asimismo, deben tenerse en cuenta los posibles efectos ambientales (ruido, emisiones, etc.) de la detención y arranque de los autobuses en su entorno inmediato. Respecto al funcionamiento de la carretera y a su posible incidencia sobre otros usuarios, la localización de las paradas de autobús debe estudiarse especialmente en las intersecciones, puntos donde también suele concentrarse el movimiento de peatones, y su disposición en relación a la calzada.

En lo referente a las intersecciones y desde el punto de vista de los viajeros, la localización óptima de una parada de autobuses es inmediatamente próxima al cruce y a la desembocadura de los itinerarios de los peatones, normalmente asociados a la vía o vías confluyentes en las zonas suburbanas y urbanas. Esta proximidad al cruce puede resultar problemática para la circulación rodada, tanto si la parada se sitúa antes, como después de éste. En el primer caso, porque la detención de autobuses puede limitar la visibilidad y dificultar los giros. En el segundo porque pueden congestionar el cruce al reducir la capacidad del ramal de salida. La localización de las paradas de autobús en las intersecciones de las carreteras en áreas suburbanas y urbanas depende, por tanto, de las características concretas de cada intersección y de los movimientos principales que se producen en ella.

Aparte del hecho que los hombros son apropiados para que los vehículos con desperfectos se detengan y que se refugien en ellas, las bahías para autobuses se deben construir separadas y en concordancia con la seguridad de los usuarios de la vía y de la unidad de transporte colectivo. Una bahía para autobuses cuenta con cortos carriles de aceleración y deceleración, rampas para el acomodo de los autobuses y el acceso fácil de los pasajeros, aceras de suficientes dimensiones para la demanda de pasajeros, casetas abiertas por razones de seguridad para la protección contra la intemperie y demás accesorios como bancas, gradas, pasamanos y facilidades para minusválidos.

En la figura 2.4 se presenta el acomodamiento recomendable para construir estas instalaciones, con una variante que muestra la figura 2.5. El ancho de las bahías para autobuses se propone sea construido entre 3.0 y 4.0 metros, aunque cuando haya acumulación de vehículos, debe haber un ancho mínimo de 5.0 metros para posibilitar el adelantamiento de los vehículos estacionados. La construcción de una franja separadora en el borde del carril, incluyendo si es aconsejable una barrera de protección, puede contribuir al mejoramiento de los niveles de seguridad de estas útiles instalaciones.

En estas paradas hay que utilizar la relación 3 a 1 en la longitud de entrada e incrementar dicha relación a 5 a 1 en la longitud de salida. En términos de radio de las curvas, es aconsejable una dimensión mayor de 50 metros, con el propósito de evitar que las llantas de los autobuses se monten en la cuneta toda vez que sea difícil conseguir el área adecuada antes mencionada, En relación con la distribución de los estacionamientos, se recomienda como regla general que se construyan en carreteras de dos o más carriles de circulación, espaciados cada 10 kilómetros a cada lado de la vía o según las mediciones de la demanda. En zonas recreativas el espaciamiento puede ser menor, a discreción del diseñador.

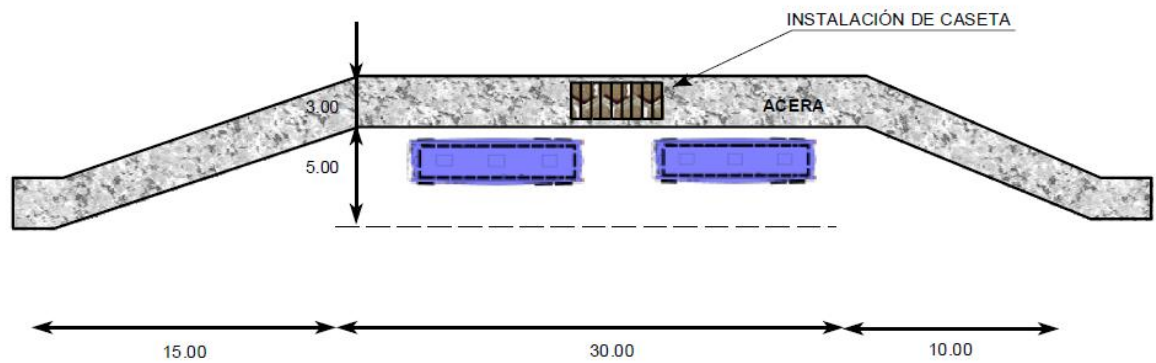


Figura 2. 4 ancho de bahía

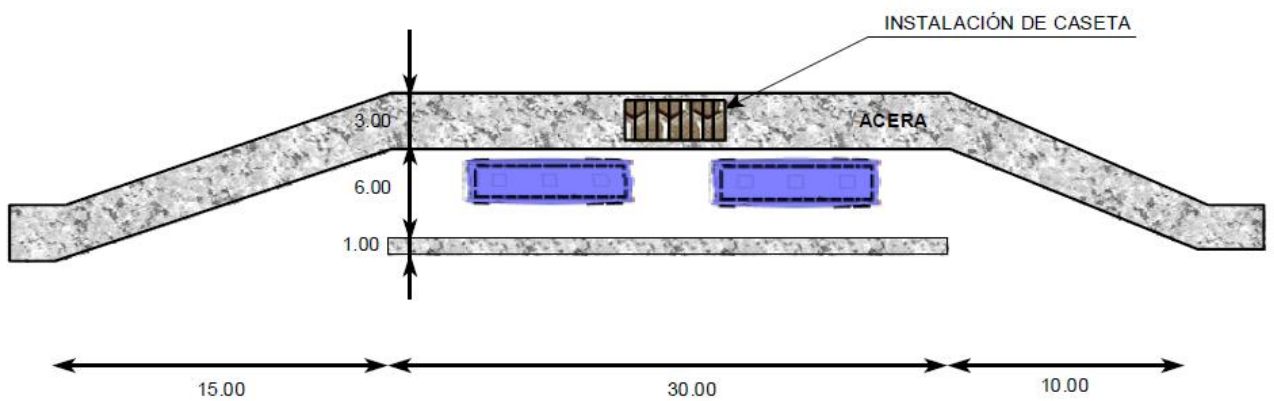


Figura 2. 5 ancho de bahía alterno

CUADRO 2.12 DIMENSIONES TÍPICAS DE LAS BAHÍAS PARA EL REFUGIO DE AUTOBUSES EN LAS CARRETERAS REGIONALES

Diseño	Entrada (m)	Parada (m)	Salida (m)	Ancho (m)	Long. Total (m)
Para un bus	10	15	15	3-4	40
Para dos buses	10	30	15	3-4	55
Para tres buses	15	45	15	3-4	75

cuadro 2. 12 Dimensiones típicas de bahías

2.11 CALLES MARGINALES O FRONTALES.

Un componente de mucha utilidad en el diseño de la sección transversal de las autopistas y arterias, tanto urbanas como suburbanas, son las calles marginales o frontales, que se construyen para atender las funciones básicas de acceso a las propiedades colindantes y brindar servicio al movimiento local, dejando a la arteria principal a cargo de las funciones más importantes de movilidad del tránsito a distancia. Esta conveniente separación de funciones entre dos elementos que operan en conjunto, favorece la fluidez de la circulación y mejora la capacidad del sistema.

Las calles marginales pueden mantener un alineamiento paralelo a la vía principal, ubicadas a uno y otro lado del eje central del conjunto, pero igualmente pueden seguir alineamientos diferentes y bien identificados, ser discontinuos y, preferiblemente, operar con circulación en un solo sentido para mejorar la seguridad y de paso simplificar el diseño de las intersecciones con la vía principal.

En áreas de poco desarrollo urbano, puede tolerarse la circulación de doble sentido en las calles marginales, para reducir los inconvenientes y mayores recorridos que afectarían al movimiento local. Las conexiones entre las calles marginales y la autopista o la arteria principal son elementos críticos del diseño, que como regla general deben espaciarse convenientemente para reducir la frecuencia de tales puntos de conflictos. Las rampas de transferencia de la pista principal a la calle marginal de un sentido o viceversa, operan de manera simple

y sin conflictos, conflictos que se hacen presentes cuando la circulación en la calle marginal es de doble sentido.

Una franja exterior de suficiente ancho debe separar la pista principal de las calles marginales, ofreciendo una zona de transición que se presta para su desarrollo como zona verde arborizada, que contribuye a reducir los conflictos de vehículos y peatones locales. La franja debe drenar hacia cunetas y alcantarillas dentro de la vía marginal o a un tragante dentro de la misma franja, según su configuración. La construcción de autopistas y arterias en áreas suburbanas y urbanas, por zonas que han alcanzado un cierto grado de desarrollo y valoración de la propiedad del suelo, máxime si se desea incorporar calles marginales a la solución, plantea problemas de adquisición de derechos de vías que, por insuperables, desalientan y hasta malogran los buenos propósitos de la planificación del desarrollo de las redes de transporte.

2.12 DISTANCIA DE VISIBILIDAD

2.12.1 VISIBILIDAD DE PARADA

Esta es la distancia requerida por un conductor para detener su vehículo en marcha, cuando surge una situación de peligro o percibe un objeto imprevisto adelante de su recorrido. Esta distancia se calcula para que un conductor y su vehículo por debajo del promedio, alcance a detenerse ante el peligro u obstáculo.

Es la distancia de visibilidad mínima con que debe diseñarse la geometría de una carretera, cualquiera que sea su tipo. Ver figura 4.6 La distancia de visibilidad de parada, D, tiene dos componentes, la distancia de percepción y reacción del conductor - que está regida por el estado de alerta y la habilidad del conductor - y se identifica como d1, más la distancia de frenado que se denomina d2. La primera es la distancia recorrida por el vehículo desde el momento que el conductor percibe el peligro hasta que aplica el pedal del freno, y la segunda, es la distancia que se necesita para detener el vehículo después de la acción anterior. El tiempo de reacción para actuar el freno es el intervalo que ocurre desde el instante en que el conductor percibe la existencia de un objeto o peligro en la carretera adelante, hasta que el conductor logra reaccionar aplicando los frenos. Los cuatro componentes de la reacción en respuesta a un estímulo exterior se conocen por sus iniciales PIEV, que corresponden a percepción, intelección, emoción y volición. Diversos estudios sobre el comportamiento de los conductores han permitido seleccionar un tiempo de reacción de 2.5 segundos, que se considera apropiado para situaciones complejas, por lo tanto más adversas.

La distancia de visibilidad de parada en su primer componente, d1, se calcula involucrando la velocidad y el tiempo de percepción y reacción del conductor, mediante la siguiente expresión matemática:

$$d1 = 0.278 vt \text{ (metros)}$$

Donde:

v = Velocidad inicial, kilómetros por hora.

t = Tiempo de percepción y reacción, que ya se indicó es de 2.5 seg.

La distancia de frenado, d2, se calcula por medio de la expresión que se muestra a continuación:

$$d2 = v^2 / 254 f \text{ (metros)}$$

v = velocidad inicial, kilómetros por hora.

f = coeficiente de fricción longitudinal entre llanta y superficie de rodamiento.

El factor f no es único, es un valor experimental que decrece en proporción inversa a las velocidades y está sujeto a cambios tomando en cuenta la influencia de las siguientes variables:

- ✓ Diseño y espesor de la huella de la llanta, resistencia a la deformación y dureza del material de la huella.
- ✓ Condiciones y tipos de superficies de rodamiento de las carreteras.
- ✓ Condiciones meteorológicas.
- ✓ Eficiencia de los frenos y del sistema de frenos del vehículo.

La investigación y la experiencia indican que el factor debe seleccionarse para reflejar las condiciones más adversas, por lo que los valores de f están referidos a pavimento húmedo, llantas en diferentes condiciones de desgaste y diferencias

en las calidades de los conductores y sus vehículos. Las velocidades promedios de ruedo, en lugar de las velocidades de diseño, son otras referencias adicionales para la escogencia de los valores apropiados para el factor f .

Para tomar en cuenta el efecto de las pendientes, hay que modificar el denominador de la fórmula anterior, de la siguiente manera:

$$D = v^2 / 254 (f \pm G)$$

G = Porcentaje de la pendiente dividida entre 100, siendo positiva la pendiente de ascenso (+) y negativa (-) la de bajada.

Las distancias de visibilidad de parada en subida tienen menor longitud que en bajada; consecuentemente, se calculan las primeras utilizando el promedio de la velocidad de marcha o de ruedo y las del siguiente orden utilizando la velocidad de diseño.

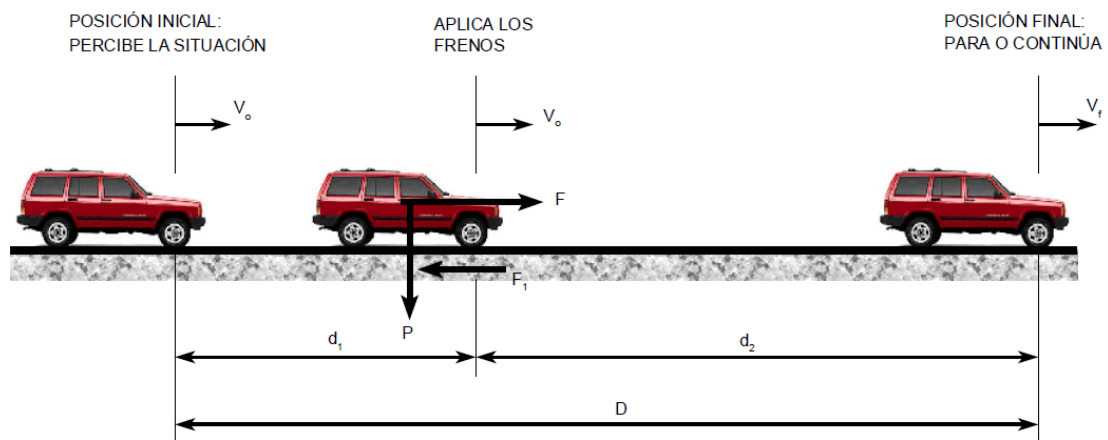


Figura 2. 6 visibilidad de parada

En los casos de carreteras divididas y vías con circulación de un solo sentido, el ajuste por pendientes se aplica a las calzadas individuales. Otros criterios para seleccionar valores de diseño para este parámetro de visibilidad en carreteras de dos carriles, no toma en cuenta este ajuste y el alineamiento se diseña igual que en condiciones de terreno plano, ya que se considera que se produce un ajuste automático por las diferencias en longitud en las pendientes de subida y bajada.

Es recomendable que los ajustes se hagan de acuerdo a los casos particulares y a propio juicio del diseñador. La distancia de visibilidad de parada no contempla situaciones al azar, que obliguen a los conductores a realizar maniobras imprevistas, por lo que en los manuales modernos de diseño se ha incorporado el concepto de distancia de visibilidad de decisión, que se define como aquella requerida por un conductor para detectar algo inesperado dentro del entorno de una carretera, reconocerlo y seleccionar una trayectoria y velocidad apropiadas, para maniobrar con eficiencia y seguridad. Por su concepto, estas distancias resultan sustancialmente mayores que las distancias calculadas de visibilidad de parada. Empíricamente se han establecido distancias para cubrir estas distancias divididas en las siguientes cinco situaciones particulares, que se dimensionan en el cuadro 2.5, literal c):

- a. Detención en carretera rural
- b. Detención en vía urbana
- c. Cambio de velocidad, trayectoria y dirección en carretera rural.

d. Cambio de velocidad, trayectoria y dirección en carretera suburbana

e. Cambio de velocidad, trayectoria y dirección en vía urbana.

Se ha preparado el cuadro 2.5 que contiene las distancias de visibilidad de parada en terreno plano y en pendiente y de decisión, producto de la aplicación de las fórmulas mencionadas en este acápite. Están comprendidos en este cuadro los parámetros y resultados aplicables para diseño del alineamiento horizontal y vertical, relacionados con la distancia de visibilidad de parada.

2.12.2 VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO

La distancia de visibilidad de adelantamiento se define como la mínima distancia de visibilidad requerida por el conductor de un vehículo para adelantar a otro vehículo que, a menor velocidad relativa, circula en su mismo carril y dirección, en condiciones cómodas y seguras, invadiendo para ello el carril contrario pero sin afectar la velocidad del otro vehículo que se le acerca, el cual es visto por el conductor inmediatamente después de iniciar la maniobra de adelantamiento. El conductor puede retornar a su carril si percibe, por la proximidad del vehículo opuesto, que no alcanza a realizar la maniobra completa de adelantamiento.

Se hacen los siguientes supuestos simplificadorios para los propósitos del dimensionamiento de dicha distancia de visibilidad de adelantamiento:

- ✓ El vehículo que es rebasado viaja a una velocidad uniforme.

- ✓ El vehículo que rebasa viaja a esta velocidad uniforme, mientras espera una oportunidad para rebasar.
- ✓ Se toma en cuenta el tiempo de percepción y reacción del conductor que realiza las maniobras de adelantamiento.
- ✓ Cuando el conductor está rebasando, acelera hasta alcanzar un promedio de velocidad de 15 kilómetros por hora más rápido que el otro vehículo que está siendo rebasado.
- ✓ Debe existir una distancia de seguridad entre el vehículo que se aproxima en sentido contrario y el que efectúa la maniobra de adelantamiento.
- ✓ El vehículo que viaja en sentido contrario y el que efectúa la maniobra de rebase van a la misma velocidad promedio.
- ✓ Solamente un vehículo es rebasado en cada maniobra.
- ✓ La velocidad del vehículo que es rebasado es la velocidad de marcha promedio a la capacidad de diseño de la vía.
- ✓ Esta distancia de visibilidad para adelantamiento, se diseña para carreteras de dos carriles de circulación, ya que esta situación no se presenta en carreteras divididas y no divididas de carriles múltiples.

La distancia de visibilidad de adelantamiento o rebase es la sumatoria de las cuatro distancias separadas que se muestran en la siguiente figura.

Cada una se determina de acuerdo a las siguientes descripciones:

- ✓ La distancia preliminar de demora (d_1) se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$d_1 = 0.278t_1 \left(v - m + a \frac{t_1}{2} \right)$$

Donde:

v = velocidad promedio del vehículo que rebasa, kilómetros por hora.

t_1 = Tiempo de maniobra inicial, segundos.

a = Aceleración promedio del vehículo que efectúa el rebase, en kilómetros por hora por segundo durante el inicio de la maniobra.

m = Diferencia de velocidad entre el vehículo que es rebasado y el que rebasa, kilómetros por hora.

- ✓ Distancia de adelantamiento (d_2) expresado por :

$$d_2 = 0.278vt_2$$

Donde,

v = velocidad promedio del vehículo que ejecuta el adelantamiento, kilómetros por hora

t_2 = Tiempo de ocupación del carril opuesto, segundos.

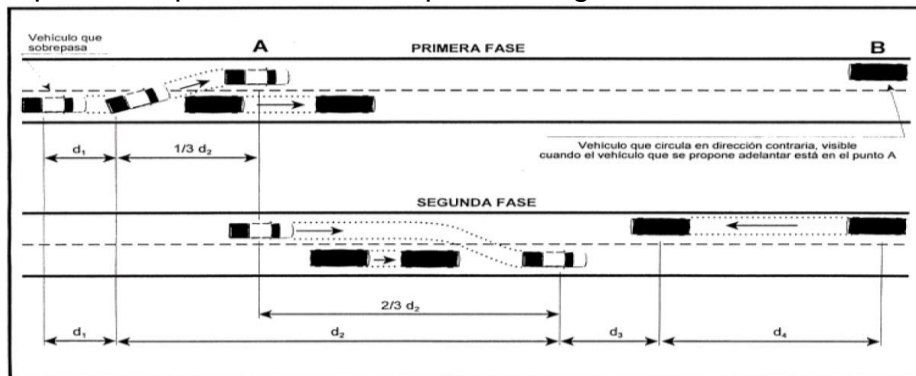


Figura 2. 7 distancia de adelantamiento

CUADRO 2.13 DISTANCIAS DE VISIBILIDAD DE PARADA Y DE DECISION

a) En Terreno Plano

Velocidad de Diseño	Velocidad de Marcha	Tiempo de Percepción y Reacción		Coeficiente de Fricción	Distancia de Frenado	Distancia de Parada para
		Tiempo (s)	Distancia (m)			
30	30 - 30	2.5	20.8 - 20.8	0.40	8.8 - 8.8	30 - 30
40	40 - 40	2.5	27.8 - 27.8	0.38	16.6 - 16.6	45 - 45
50	47 - 50	2.5	32.6 - 34.7	0.35	24.8 - 28.1	57 - 63
60	55 - 60	2.5	38.2 - 41.7	0.33	36.1 - 42.9	74 - 85
70	67 - 70	2.5	43.8 - 48.6	0.31	50.4 - 62.2	94 - 111
80	70 - 80	2.5	48.6 - 55.6	0.30	64.2 - 83.9	113 - 139
90	77 - 90	2.5	53.5 - 62.4	0.30	77.7 - 106.2	131 - 169
100	85 - 100	2.5	59.0 - 69.4	0.29	98.0 - 135.6	157 - 205
110	91 - 110	2.5	63.2 - 76.4	0.28	116.3 - 170.0	180 - 246

b) En Pendiente de Bajada y Subida

Velocidad de Diseño	Distancia de Parada en Bajadas (m)			Distancia de Parada en Subidas (m)		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
30	30.4	31.2	32.2	29.0	28.5	28.0
40	45.7	47.5	49.5	43.2	42.1	41.2
50	65.5	68.6	72.6	55.5	53.8	52.4
60	88.9	94.2	100.8	71.3	68.7	66.6
70	117.5	125.8	136.3	89.7	85.9	82.8
80	148.8	160.5	175.5	107.1	102.2	98.1
90	180.6	195.4	214.4	124.2	118.8	113.4
100	220.8	240.6	256.9	147.9	140.3	133.9
110	267.0	292.9	327.1	168.4	159.1	151.3

c) Decision para Evitar Maniobras

Velocidad de Diseño	Distancia de Decision para Evitar la Maniobra (m)				
	a	b	c	d	e
50	75	160	145	160	200
60	95	205	175	205	235
70	125	250	200	240	275
80	155	300	230	275	315
90	185	360	275	320	360
100	225	415	315	365	405
110	265	455	335	390	435

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, pp 120,125 y 127

Cuadro 2. 13 Distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento

- ✓ Distancia de seguridad (d_3). La experiencia ha demostrado que valores entre 35 y 90 m. son aceptables para esta distancia.

Distancia recorrida por el vehículo que viene en el carril contrario (d_4). Es práctica corriente fijar esta distancia en dos tercios ($2/3$) de la distancia d_2 .

Utilizando el procedimiento descrito se han calculado las distancias de visibilidad de adelantamiento para velocidades de diseño comprendidas desde 30 hasta 100 kilómetros por hora, con aumentos graduales de 10 kilómetros por hora. Los resultados se presentan en el cuadro 2.6, que se acompaña también con los parámetros básicos de cálculo para carreteras rurales de dos carriles.

Sorprendentemente, las extensas investigaciones de campo realizadas por Prisk⁶ durante los años 1938-1941, para medir el comportamiento de los conductores durante las maniobras de adelantamiento, no han sido desvirtuadas por estudios realizados en 1957, 1971 y 1978, y aunque ofrecen cifras conservadores para los vehículos modernos, se continúan utilizando para disponer de un margen apropiado de seguridad en el diseño.

Las distancias mostradas han sido fijadas tomando en cuenta que se adelanta un solo vehículo; considerando que en la realidad suceden casos de rebase de dos o más vehículos simultáneamente, esta situación debe de tomarse en cuenta en la práctica, cuando las condiciones topográficas y de tránsito lo permitan. También debe darse atención al comportamiento de los vehículos en marcha por carreteras con pendiente longitudinal, ya que tienen comportamientos disímiles

según se trate de pendientes en subidas o en bajadas, situación que altera las condiciones básicas y podría crear ambientes de peligrosidad en el desplazamiento de los vehículos.

2.12.3 CRITERIOS PARA MEDIR LA DISTANCIA VISUAL

a. Altura del Ojo del Conductor.

Experiencias y estudios realizados han confirmado que desde 1960, la altura promedio de los automóviles, por el efecto del mayor uso de vehículos compactos, ha decrecido en 66 milímetros, que se correlaciona bien con una reducción de 53 milímetros en la altura promedio del ojo del conductor. Como resultado, la altura promedio del ojo del conductor ha sido reducida de 1,140 a 1,070 milímetros, cambio que ha tenido como efecto el alargamiento de la distancia mínima de visibilidad en aproximadamente un 5 por ciento en una curva vertical en cresta. Para camiones grandes, la altura del ojo del conductor está situada entre 1.8 y 2.4 metros, con esta última dimensión como la más frecuente y utilizable en el diseño.

b. Altura de los Objetos. Para los cálculos de la distancia de visibilidad de parada, se ha utilizado desde 1965 un objeto con altura de 150 milímetros, ocupando como criterio la altura que podría tener una roca, un pequeño animal o cualquier obstáculo de los que frecuentemente se encuentran en las carreteras. Si se utilizara como referencia la altura de las luces traseras de un vehículo, situadas normalmente entre 460 y 600 milímetros sobre la superficie de

rodamiento, se perdería el detalle suficiente para enfrentar obstáculos más pequeños, cuya presencia es más usual y mayor su aporte a la inseguridad de la conducción.

Para la distancia de visibilidad de adelantamiento de un automóvil, donde el punto de referencia para la decisión es otro vehículo, se utiliza una altura de 1,070 milímetros, en sustitución de la altura de 1,140 milímetros que se había utilizado para diseño desde 1960. Esta altura es igualmente apropiada para la conducción nocturna, ya que los haces de luz de los faros son visibles desde una distancia mayor que la indicada para diseño.

Tomando en cuenta los aspectos de seguridad en la circulación de vehículos de día y de noche en conjunto con la economía en costos de construcción, se ha preparado el cuadro 2.7 que encierra las últimas recomendaciones de estos parámetros.

La distancia visual en el lado interior de una curva horizontal, está limitada por obstrucciones tales como edificios, bosques, elevaciones del terreno, etc. Al plotear estas obstrucciones en los planos, se puede utilizar una regla para identificar los obstáculos a la altura de 600 mm para distancias de visibilidad de parada y a 1,100 mm para distancias de visibilidad de adelantamiento, siendo estas cifras el simple promedio de las alturas del ojo y del objeto visual. Conviene anotar que la altura del objeto para la distancia de visibilidad de adelantamiento, utilizada desde 1940, ha sido reducida de 1.40 a 1.30 metros.

CUADRO 2.14 DISTANCIAS DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO

A. Distancias Mínimas de Diseño para Carreteras Rurales de dos Carriles, en metros

Velocidad de Diseño	Velocidades Km/h		Distancia mínima de adelantamiento (m)
	Vehículo que es rebasado	Vehículo que rebasa	
30	29	44	220
40	36	51	285
50	44	59	345
60	51	66	410
70	59	74	480
80	65	80	540
90	73	88	605
100	79	94	670
110	85	100	730

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p. 134

B. Parámetros Básicos

Velocidad promedio de adelantamiento (km/h)	50 – 65 56.2	66 – 80 70.0	81 – 95 84.5	96 –110 99.8
Maniobra Inicial				
A= aceleración promedio (km/h/s)	2.25	2.30	2.37	2.41
t ₁ = tiempo (s)	3.6	4.0	4.3	4.5
d ₁ = distancia recorrida (m)	45	65	90	110
Ocupación carril izquierdo:				
t ₂ = tiempo (s)	9.3	10.0	10.7	11.3
d ₂ = distancia recorrida (m)	145	195	250	315
Longitud Libre				
d ₃ = distancia recorrida (m)	30	55	75	90
Vehículo que se aproxima:				
d ₄ = distancia recorrida (m)	95	130	165	210
Distancia Total: d ₁ + d ₂ +d ₃ +d ₄ ,(m)	315	445	580	725

Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p. 131

cuadro 2. 14 Distancias de visibilidad de adelantamiento

FIGURA 2.8 DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES

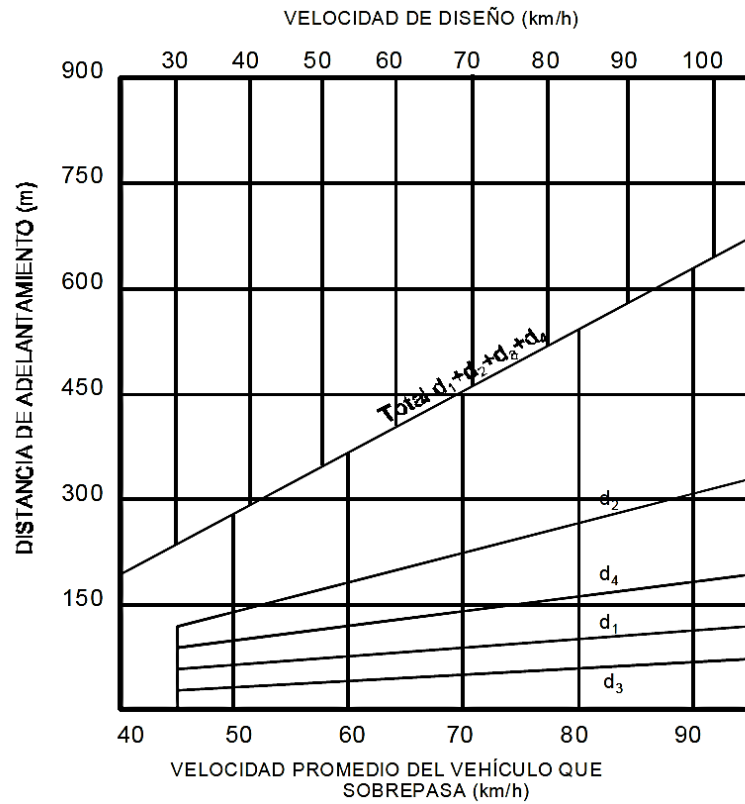


Figura 2. 8 Distancia de adelantamiento doble carril

CUADRO 2.15 ALTURA DEL OJO DEL CONDUCTOR DE UN AUTOMOVIL Y DEL OBJETO VISUAL

Control	Altura (m)	
	Ojo	Objeto
Distancia de visibilidad De Adelantamiento	1.07	1.30
Distancia de visibilidad de parada	1.07	0.15
Curvas Horizontales		
- Visibilidad de adelantamiento	1.07	1.10
- Visibilidad de parada	1.07	0.15

Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, pp. 136-8

Cuadro 2. 15 Altura del ojo del conductor

2.13 ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la sub-corona del camino.

Controles del alineamiento.

Las principales consideraciones que controlan el diseño del alineamiento horizontal son:

1. Categoría del camino.
2. Topografía.
3. Velocidad de diseño.
4. Seguridad.
5. Pendiente longitudinal.
6. Costo de construcción.

CRITERIOS PARA ESTABLECER EL ALINEAMIENTO.

Adicionalmente a los parámetros numéricos de diseño para el alineamiento horizontal, se debe estudiar un número de controles, los cuales no están sujetos a demostraciones empíricas o a fórmulas matemáticas, pero son muy importantes para lograr carreteras seguras y de flujo de tránsito suave y armonioso. Para evitar el diseño geométrico que presenta vías inseguras e incómodas, se deben usar los siguientes criterios generales:

El alineamiento debe ser tan directo como sea posible, ser consistente a los contornos de la topografía que siguen una línea de ceros, de acuerdo con la línea de pendiente seleccionada.

Una línea flexible que se acomode al contorno natural, es preferible a una rígida con largas tangentes. Los cortes en la construcción se deben reducir al mínimo posible, y las zonas de producción especialmente agrícola deben conservarse. Las cualidades estéticas de un alineamiento curvo son muy importantes, con el fin de proporcionar en el diseño tramos que permitan maniobras de adelantamiento en carreteras de dos carriles, diseñando curvas de radios amplios y/o tangentes moderadamente largas. Debe evitarse el uso de curvas con los radios mínimos de diseño, excepto en las condiciones más críticas que plantee el desarrollo del proyecto. El ángulo central de cada curva debe ser tan reducido y los radios tan amplios como lo permita el terreno.

En un proyecto geométrico con velocidad de diseño especificada, se debe procurar establecer curvas con velocidad específica, no muy superior a la velocidad de diseño.

En general el ángulo de deflexión para cada curva, debe ser tan pequeño como sea posible, en la medida que las condiciones topográficas lo permitan, teniendo en cuenta, que las carreteras deben ser tan directas como sea posible.

Los alineamientos siempre deben ser consistentes, no se debe introducir una curva pronunciada después de una larga tangente, los cambios bruscos de

sectores con curvas amplias a sectores con curvas pronunciadas debe evitarse. Cuando en situaciones críticas se empleen curvas de radio mínimo, en los sectores adyacentes, para tránsito en las dos direcciones, se deben diseñar curvas que crean una transición entre los dos sectores.

En lo que respecta a curvas circulares compuestas, deben extremarse los cuidados en su elección.

El uso de curvas compuestas con grandes diferencias en los radios, produce casi el mismo efecto que la combinación de una curva cerrada con tangentes de gran longitud. Para el empleo de estas curvas se debe tener en cuenta siempre que sea posible, que una curva cerrada debe ser siempre combinada con curvas espirales de transición, como la clotoide. A menos que las condiciones topográficas lo impongan, debe evitarse el uso de curvas del mismo sentido con una tangente corta entre ellas. En estas condiciones, es preferible la introducción de una curva compuesta directa o la introducción de curvas de transición espiral.

Es necesario mediante sistemas de señalización horizontal y como medida de seguridad vial, separar la calzada de los taludes y los carriles entre sí de acuerdo con la dirección del tránsito.

Para evitar inconsistencia o distorsión de una carretera, la cual origina inseguridad, el alineamiento horizontal debe ser cuidadosamente coordinado con el diseño vertical.

En este diseño se combina el alineamiento horizontal y vertical que permite una distancia de visibilidad y transición adecuada.

- Mínima curva vertical usada. Diseño no deseable que dificulta la distancia de visibilidad y la transición deseada.
- Curvas pronunciadas. No deseable.
- Adecuada distancia de visibilidad en una curva simple
- Diseño no deseable. Curvas muy cerradas.

Elementos del alineamiento horizontal.

Los elementos que integran el alineamiento horizontal son:

1. Las Tangentes.
2. Las Curvas Circulares.
3. Las Curvas de Transición.

Para el enlace de las tangentes y las curvas circulares de radio muy grande, se emplea un tercer tipo de alineación: las curvas de transición, que son alineaciones de curvatura variable con el recorrido, las cuales han adquirido un papel tan destacado que en carreteras con calzadas separadas, constituyen la alineación fundamental.

Tangentes.

Las tangentes son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas, las cuales se definen por su rumbo y longitud. La longitud máxima de

una tangente está condicionada por la seguridad. Las tangentes largas son causa potencial de accidentes, debido a la somnolencia que produce al conductor mantener concentrada su atención en puntos fijos del camino durante mucho tiempo. Por tal razón, conviene limitar la longitud de las tangentes, proyectando en su lugar alineamientos ondulados con curvas de gran radio. La longitud mínima de tangente entre dos curvas consecutivas está definida por la longitud necesaria para dar la sobre elevación y ampliación a esas curvas.

2.13.1 CURVATURA HORIZONTAL Y SOBREELEVACIÓN.

Las curvas circulares son los arcos del círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas; se definen por su ángulo central (deflexión) y por su radio de curvatura o radio. El grado máximo de curvatura (radio mínimo) es aquel que con la sobre elevación máxima permite a un vehículo recorrer con seguridad la curva. Los radios mínimos absolutos para una velocidad de diseño determinada, solo podrán ser usados en situaciones extremas, deberá evitarse su incorporación en tramos que superan las características mínimas. Las curvas circulares pueden ser simples o compuestas, según se trate de un solo arco de círculo de dos o más sucesivos, de radio diferente.

De acuerdo a lo anterior las curvas circulares se dividen en:

Curvas Circulares Simples. Las cuales se definen cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular. Las curvas simples pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha.

Curvas Circulares Compuestas. Son aquellas que están formadas por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido y de diferente radio, o de diferente sentido y cualquier radio, pero siempre con un punto de tangencia común entre dos consecutivas. Cuando son del mismo sentido se llaman compuestas directas y cuando son de sentido contrario, compuestas inversas.

En caminos debe evitarse este tipo de curvas, porque introducen cambios de curvatura peligrosos; sin embargo, en intersecciones pueden emplearse siempre y cuando la relación entre dos radios consecutivos no sobrepase la cantidad de 2.0 y se resuelva satisfactoriamente la transición de la sobreelevación.

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 4%			Peralte máximo 6%		
		Radio (m)		Grado de Curva	Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
30	0.17	33.7	35	32° 44'	30.8	30	38° 12'
40	0.17	60.0	60	19° 06'	54.8	55	20° 50'
50	0.16	98.4	100	11° 28'	89.5	90	12° 44'
60	0.15	149.2	150	7° 24'	135.0	135	8° 29'
70	0.14	214.3	215	5° 20'	192.9	195	5° 53''
80	0.14	280.0	280	4° 05'	252.0	250	4° 35'
90	0.13	375.2	375	3° 04'	335.7	335	3° 25'
100	0.12	492.1	490	2° 20'	437.4	435	2° 38'
110	0.11	635.2	635	1° 48'	560.4	560	2° 03'
120	0.09	872.2	870	1° 19'	755.9	775	1° 29'

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 8%			Peralte máximo 10%		
		Radio (m)		Grado de Curva	Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
30	0.17	28.3	30	38° 12'	26.2	25	45° 50'
40	0.17	50.4	50	22° 55'	46.7	45	25° 28'
50	0.16	82.0	80	14° 19'	75.7	75	15° 17'
60	0.15	123.2	120	9° 33'	113.4	115	9° 58'
70	0.14	175.4	175	6° 33'	160.8	160	7° 10'
80	0.14	229.1	230	4° 59'	210.0	210	5° 27'
90	0.13	303.7	305	3° 46'	277.3	275	4° 10'
100	0.12	393.7	395	2° 54'	357.9	360	3° 11'
110	0.11	501.5	500	2° 17'	453.7	455	2° 31'
120	0.09	667.0	665	1° 43'	596.8	595	1° 56'

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p. 156
 Nota: Cifras redondeadas para radios y grados recomendados

cuadro 2. 16 Radios mínimos y grados máximos de curvas

El proyecto de las curvas circulares.

Del análisis de la condición dinámica de equilibrio presente cuando un vehículo pasa por una curva, se ha obtenido la expresión matemática que relaciona los factores que limitan la metodología a seguir en el diseño del alineamiento horizontal, como son: el radio mínimo de curvatura, la tasa de sobreelevación máxima o peralte máximo, los factores de fricción y las longitudes de transición. La expresión matemática desarrollada para tomar en cuenta estos factores y la velocidad de diseño, es la siguiente:

$$R_c = \frac{V^2}{127(S + f)}$$

Donde:

R_c : Radio mínimo de curva

V : velocidad de diseño

S : sobreelevación o peralte

f = coeficiente de fricción transversal máximo.

2.13.2 FACTOR MÁXIMO DE FRICCIÓN LATERAL Y PERALTE.

El factor de fricción lateral depende principalmente de las condiciones de las llantas de los vehículos, el tipo y estado de la superficie de rodamiento y de la velocidad del vehículo, mientras que la sobreelevación o peralte depende de las

condiciones climáticas, tipo de área, urbana o rural, frecuencia de vehículos de baja velocidad y las condiciones del terreno.

Por las condiciones variables existentes entre países, algunos investigadores han registrado factores de fricción lateral diferentes, aún para condiciones similares de composición del pavimento, debido a diferencias en la textura del pavimento, condiciones climáticas y diferencias en la manufactura de las llantas utilizadas. En general, los valores máximos de fricción lateral para pavimentos de concreto húmedo han variado de 0.5 a 30 kilómetros por hora a 0.35 a 100 kilómetros por hora. Para pavimentos húmedos de concreto y llantas lisas, el factor alcanzó 0.35 a 70 kilómetros por hora. En el cuadro 4.9 se presentan valores representativos que se utilizan en el diseño geométrico de las carreteras en los países que se mencionan.

Para seleccionar el máximo factor de fricción lateral para uso en diseño, el principal control es el sentimiento de falta de comodidad que experimentan los conductores cuando transitan una curva a una velocidad determinada. Esta sensación del conductor está relacionada con la fuerza centrífuga ($v^2/127R$), que al mismo tiempo se relaciona con la resistencia al deslizamiento que se requiere para efectuar la maniobra.

El "ball bank indicator" es un instrumento sencillo que ha sido utilizado extensamente para la medición de la fricción lateral, consistente en una bola de

acero dentro de un tubo sellado, dentro del cual se desplaza la bola hasta registrar el ángulo que marca la incomodidad para el conductor en una curva. Hay una relación directa entre el ángulo de desplazamiento y el factor de fricción, de forma que para velocidades de 30, 40-50 y 55-80 kilómetros por hora, los factores de fricción registrados son de 0.21, 0.18 y 0.15, respectivamente.

De otras pruebas, se han obtenido factores de fricción lateral de 0.16 para velocidades hasta de 100 kilómetros por hora. Por otra parte, estudios efectuados en la Pennsylvania Turnpike condujeron a la conclusión de que los valores de fricción lateral no deben exceder 0.10 para velocidades de 110 kilómetros por hora y mayores.

La AASHTO presenta factores de fricción lateral para tres tipos de carreteras, con variaciones entre 0.17 y 0.10 en función inversa de la velocidad para todo tipo de carreteras rurales y urbanas con velocidades comprendidas entre 30 y 110 kilómetros por hora, entre 0.30 y 0.16 para vías urbanas de baja velocidad, de 30 a 70 kilómetros por hora, y entre 0.33 y 0.15 para tramos de giro en intersecciones a velocidades de 20 a 70 kilómetros por hora⁷ Otros valores máximos típicos para la fricción lateral, f , y la sobreelevación, e , en función de la velocidad de diseño y el tipo de las carreteras, se muestran en el cuadro siguiente:

Valores Máximos Típicos para "e" y "f"

Pais	e	f	Velocidad de Diseño km/h	Tipo de Carreteras
Gran Bretaña	0.06	0.15	100	Especiales
	0.07	0.10	120	Autopistas
Estados Unidos	0.08	0.14	80	Rurales
	0.12	0.10	110	Rurales
Alemania	0.06	0.04	160	Autobahn-Terreno plano
		0.10	100	Autobahn-Terreno montañoso
Malasia	0.10	0.15	95	Camino Rural
Honduras	0.04	0.18	30	Rurales
	0.10	0.13	100	Autopistas suburbanas
El Salvador	0.04	0.17	30	Urbanas y Rurales
	0.10	0.11	110	Autopistas Suburbanas y Rurales

Cuadro 2. 17 Valores máximos típicos para "e" y "f"

2.13.3 DISTRIBUCIÓN DE "e" y "f"

Los métodos que se utilizan para la distribución de la sobreelevación ó peralte "e" y el factor de fricción lateral "f" para contrarrestar la fuerza centrífuga en curvas con una determinada velocidad de diseño, son los cinco que se ilustran en la figura siguiente, con la misma numeración con que se enuncian a continuación:

1. Considera que existe una relación proporcional directa entre "e" y "f" y el inverso del radio de la curva horizontal. Este método además de simple, es lógico y tiene considerables méritos, aunque se recomienda incrementar las tasas de sobreelevación en el caso de curvas intermedias.
2. En este método las fuerzas centrífugas que actúan sobre el vehículo que viaja en curvas a la velocidad de diseño, se contrarrestan en proporción directa al factor de fricción, hasta que éste alcanza su valor máximo. En curvas cerradas el factor de fricción se mantiene a su máximo y la sobreelevación se aplica en su desarrollo hasta alcanzar el máximo. Este método es particularmente ventajoso

en vías urbanas de baja velocidad, donde resulta difícil proyectar las sobreelevaciones requeridas.

3. Las fuerzas centrífugas se contrarrestan en proporción directa al desarrollo de la sobreelevación hasta alcanzar su máximo, cuando el vehículo viaja en curvas a la velocidad de diseño. En curvas de ángulo pequeño el peralte se mantiene a su máximo y el factor de fricción lateral se incrementa en proporción directa al desarrollo de la curva hasta que alcanza su valor máximo.

Este método resulta en fricciones negativas para curvas amplias e intermedias, después de lo cual la fricción lateral se incrementa rápidamente al máximo para curvas de radios mínimos.

4. Este método es similar al método 3 anterior, excepto que se basa en la velocidad promedio de ruedo, en lugar de la velocidad de diseño. Es un intento por superar las deficiencias del método 3, introduciendo la sobreelevación antes de que se alcance la velocidad de diseño.

Valores Máximos Típicos para "e" y "f"

Pais	e	f	Velocidad de Diseño km/h	Tipo de Carreteras
Gran Bretaña ⁹	0.06	0.15	100	Especiales
	0.07	0.10	120	Autopistas
Estados Unidos ⁹	0.08	0.14	80	Rurales
	0.12	0.10	110	Rurales
Alemania	0.06	0.04	160	Autobahn-Terreno plano
		0.10	100	Autobahn-Terreno montañoso
Malasia	0.10	0.15	95	Camino Rural
Honduras ¹⁰	0.04	0.18	30	Rurales
	0.10	0.13	100	Autopistas suburbanas
El Salvador ¹¹	0.04	0.17	30	Urbanas y Rurales
	0.10	0.11	110	Autopistas Suburbanas y Rurales

cuadro 2. 18 valores máximos típicos para "e" y "f"

Tasa de Sobreelevación, "e" en (%)	Tipo de Area
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Cuadro 2. 19 Tasa de sobreelevación

2.13.4 RADIOS MÍNIMOS Y SUS CORRESPONDIENTES GRADOS MÁXIMOS DE CURVA.

Los radios mínimos son los valores límites de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relacionan con la sobreelevación máxima y la máxima fricción lateral escogida para diseño. Un vehículo se sale de control en una curva, ya sea porque el peralte o sobreelevación de la curva no es suficiente para contrarrestar la velocidad, o porque la fricción lateral entre las ruedas y el pavimento es insuficiente y se produce el deslizamiento del vehículo. Un vehículo derrapa en las curvas debido a la presencia de agua o arena sobre la superficie de rodamiento. El uso de radios más reducidos solamente puede lograrse a costas de incómodas tasas de sobreelevación o apostando a coeficientes de fricción lateral que pueden no estar garantizados por la adherencia de las llantas (calidad, grado de desgaste del grabado, presión, etc.) con la superficie de rodamiento de la carretera.

Una vez establecido el máximo factor de sobreelevación (e), los radios mínimos de curvatura horizontal se pueden calcular utilizando la fórmula presentada al inicio del acápite, que es la siguiente:

$$R = \frac{V^2}{127(e+f)}$$

donde:

R = Radio mínimo de curva, en metros
 e= Tasa de sobreelevación en fracción decimal.
 f = Factor de fricción lateral, que es la fuerza de fricción dividida por la masa perpendicular al pavimento.
 V = Velocidad de diseño, en kilómetros por hora.

El grado de curva o de curvatura (D) es el ángulo sustentado en el centro de un círculo de radio R por un arco de 100 pies o de 20 metros, según el sistema de medidas utilizado. Para países como los centroamericanos, que se rigen por el sistema métrico, se utiliza la siguiente expresión para el cálculo de D:

$$D_{20} = 1145.92 / R$$

Utilizando los valores recomendados para el factor de fricción (f) y la tasa de supe relevación o peralte, se ha preparado el cuadro 4.10 donde se presentan dos radios mínimos y grados máximos de curvatura para diferentes velocidades de diseño, aplicando la fórmula para D20.

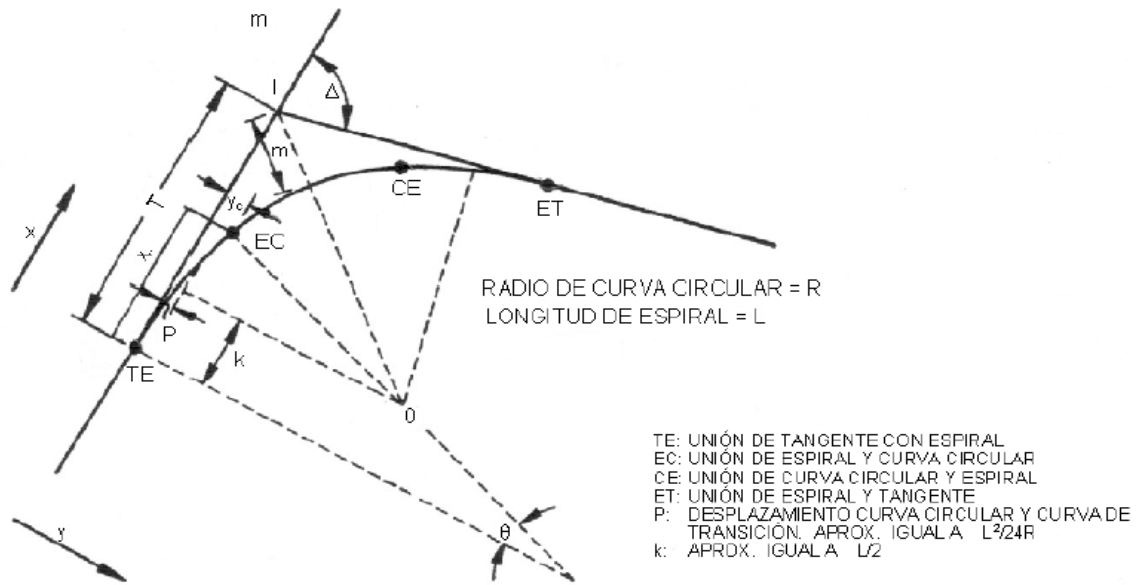
2.13.5 CURVAS HORIZONTALES DE TRANSICIÓN.

Para dar seguridad al recorrido de los vehículos desde una sección en recta ó tangente de una carretera a una determinada curva horizontal circular, los conductores desarrollan a su manera y en ocasiones invadiendo el carril vecino, una curva que podría denominarse de transición. En los nuevos diseños se ha vuelto práctica común intercalar una curva de transición, que facilite a los

conductores el recorrido seguro y cómodo de la curva, manteniendo el vehículo inscrito dentro de su carril y sin experimentar la violencia de la fuerza centrífuga que es propia de la circulación por dicha curva. El requerimiento especial de una curva de transición consiste en que su radio de curvatura pueda decrecer gradualmente desde el infinito en la tangente que se conecta con la espiral (TE) - ver figura 4.11 - hasta el final de la espiral en su enlace con la curva circular (EC).

En la situación de salida de la curva circular hacia la espiral (CE), se produce el desarrollo inverso hasta el contacto de la espiral con la tangente (ET). Esta condición produce un incremento y decremento gradual de la aceleración radial, que es bastante deseable en diseño. No cabe lugar a dudas de que la utilización de curvas en espiral mejora la apariencia y la circulación en una carretera.

Se han utilizado la parábola cúbica, la lemniscata y la clotoide¹³ en el diseño de curvas de transición, siendo esta última, también conocida como espiral de Euler, la más aceptada en el diseño de carreteras. Por definición, el radio en cualquier punto de la espiral varía en relación inversa con la distancia medida a lo largo de la espiral. En la figura siguiente se presentan las características geométricas de sus diferentes componentes.



- k_c : IGUAL A L
- y_c : IGUAL A $4P$
- T: LONGITUD DE TANGENTE. IGUAL A $K+(R+P)\text{tang}\Delta/2$
- E: DISTANCIA EXTERNA U ORDENADA MEDIA. IGUAL A $(R+P)\text{Sec}\Delta/2 - R$
- θ : ÁNGULO SUSTENDIDO POR LA ESPIRAL. IGUAL A $L/2R$ (radianes)
- LONGITUD DE CURVA CIRCULAR. IGUAL A $R(\Delta\text{rad}-2\theta\text{rad})$

Figura 2. 9 Elementos principales en curvas horizontales

Radios mínimos y grados máximos de Curvas Horizontales para distintas

Velocidades de Diseño

Velocidad de Diseño(Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 4%			Peralte máximo 6%		
		Radio (m)		Grado de Curva	Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
30	0.17	33.7	35	32° 44'	30.8	30	38° 12'
40	0.17	60.0	60	19° 06'	54.8	55	20° 50'
50	0.16	98.4	100	11° 28'	89.5	90	12° 44'
60	0.15	149.2	150	7° 24'	135.0	135	8° 29'
70	0.14	214.3	215	5° 20'	192.9	195	5° 53''
80	0.14	280.0	280	4° 05'	252.0	250	4° 35'
90	0.13	375.2	375	3° 04'	335.7	335	3° 25'
100	0.12	492.1	490	2° 20'	437.4	435	2° 38'
110	0.11	635.2	635	1° 48'	560.4	560	2° 03'
120	0.09	872.2	870	1° 19'	755.9	775	1° 29'

Velocidad de Diseño(Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 8%			Peralte máximo 10%		
		Radio (m)		Grado de Curva	Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
30	0.17	28.3	30	38° 12'	26.2	25	45° 50'
40	0.17	50.4	50	22° 55'	46.7	45	25° 28'
50	0.16	82.0	80	14° 19'	75.7	75	15° 17'
60	0.15	123.2	120	9° 33'	113.4	115	9° 58'
70	0.14	175.4	175	6° 33'	160.8	160	7° 10'
80	0.14	229.1	230	4° 59'	210.0	210	5° 27'
90	0.13	303.7	305	3° 46'	277.3	275	4° 10'
100	0.12	393.7	395	2° 54'	357.9	360	3° 11'
110	0.11	501.5	500	2° 17'	453.7	455	2° 31'
120	0.09	667.0	665	1° 43'	596.8	595	1° 56'

Cuadro 2. 20 Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales

2.13.6 SOBREANCHOS EN CURVAS.

Los sobreechamientos se diseñan siempre en las curvas horizontales de radios pequeños, combinados con carriles angostos, para facilitar las maniobras de los vehículos en forma eficiente, segura, cómoda y económica. Principalmente la decisión de dar o no el sobreechamiento al ancho de la curva van a depender de los vehículos pesados que transiten estas calles. En las carreteras modernas con buen alineamiento, la necesidad de sobreechamientos en curvas se ha disminuido a pesar de las velocidades, aunque tal necesidad se mantiene para otras condiciones de la vía.

Para establecer el sobreebanco en curvas deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

- En curvas circulares sin transición, el sobreebanco total debe aplicarse en la parte interior de la calzada. El borde externo y la línea central deben mantenerse como arcos concéntricos.
- Cuando existen curvas de transición, el sobreebanco se divide igualmente entre el borde interno y externo de la curva, aunque también se puede aplicar totalmente en la parte interna de la calzada. En ambos casos, la marca de la línea central debe colocarse entre los bordes de la sección de la carretera ensanchada.
- El ancho extra debe efectuarse sobre la longitud total de transición y siempre debe desarrollarse en proporción uniforme, nunca abruptamente, para asegurarse que todo el ancho de los carriles modificados sean efectivamente utilizados.

2.13.7 DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES.

Obstrucciones a la visibilidad, localizadas en el interior de las curvas horizontales, tales como edificaciones, muros, árboles o bosques, barreras longitudinales, taludes en cortes y otros similares, deben ser tomados en cuenta para aplicarles el tratamiento de despeje que acompaña a un buen diseño. Los controles que se utilizan para un diseño apropiado son la distancia de visibilidad y la velocidad de diseño, elementos que deben ser bien estudiados y revisados para conciliarlos

con las condiciones del sitio, ya sea para recomendar cambios de alineamientos ó remoción de obstrucciones, según la solución que califique de ser más factible.

La línea de vista es la cuerda de la curva y la distancia de visibilidad de parada se mide a lo largo de la línea central del carril interior de la referida curva. Se requiere que la ordenada media desde el centro de la curva hasta la obstrucción, no obstaculice la visibilidad de parada requerida en sus valores alto y bajo, para satisfacer las necesidades del conductor.

Existen varias expresiones matemáticas para calcular la distancia de visibilidad necesaria para disponer de una visión segura a lo largo de curvas horizontales.

Una de ellas es la siguiente:

$$(S/2)^2 = (2R-d)d$$

Donde:

R= Radio de curva, metros.

d= Distancia entre la línea central del carril interior de la curva y la obstrucción limitante de visibilidad, metros (ordenada media).

S= Distancia de visibilidad de parada medida a lo largo de la curva,

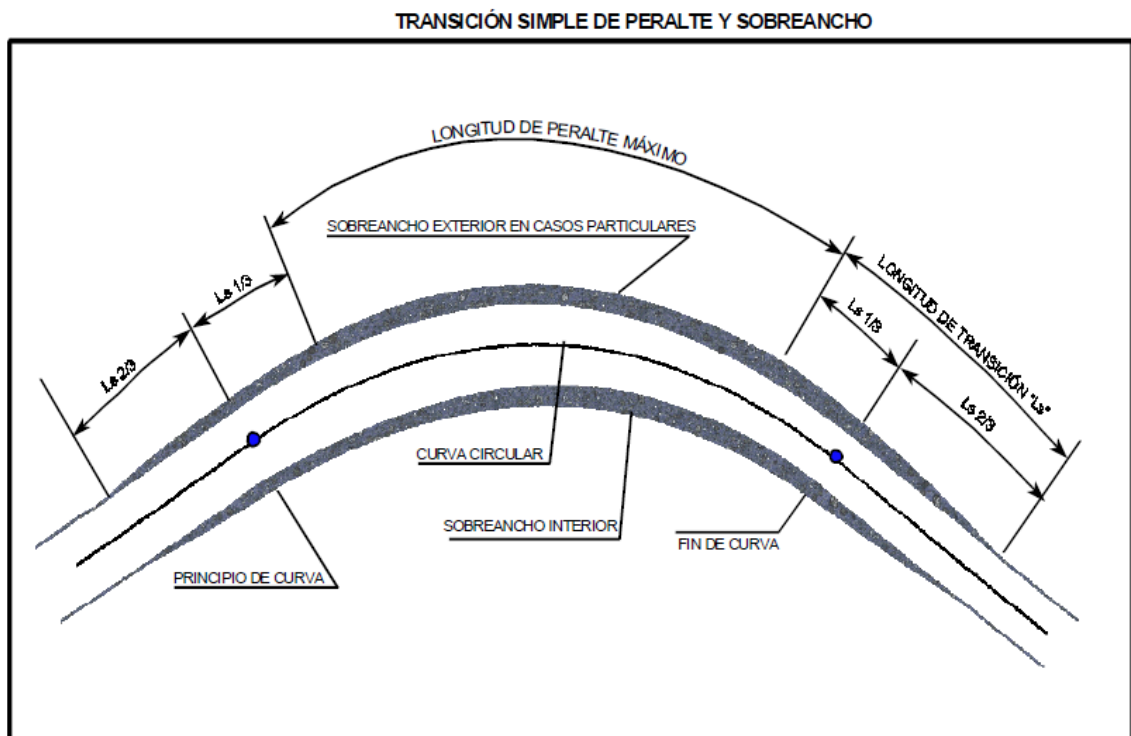


Figura 2. 10 transición simple de peralte y sobrealcho

2.13.8 BALANCE ENTRE CURVAS Y TANGENTES.

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

En primer lugar, sin embargo, se debe procurar que el alineamiento horizontal sea tan directo como lo permita la topografía, el uso del suelo y los valores de las comunidades servidas por la carretera. Un trazado que se acomoda al terreno natural es preferible a otro que con largas tangentes acorta las distancias y mejora las visibilidades, pero eleva excesivamente el movimiento de tierra con profundos cortes y elevados terraplenes. Los efectos de la construcción de una carretera deben minimizarse, preservando las pendientes naturales y respetando el crecimiento existente dentro del área de influencia directa del proyecto. Un diseño tal es preferible desde el punto de vista de los costos de construcción y de mantenimiento. Pero, en general, el número de curvas cortas y cerradas debe limitarse a un mínimo.

En segundo lugar, debe evitarse el uso de curvas con los radios mínimos de diseño, excepto en las condiciones más críticas que plantee el desarrollo del proyecto. El ángulo central de cada curva debe ser tan reducido y los radios tan amplios como lo permita el terreno. Las curvas cerradas no deben proyectarse al extremo de tangentes de gran longitud, evitándose cambios abruptos de secciones con amplias y bien desarrolladas curvas y tangentes, seguidas por curvas de radios mínimos o cercanos al mínimo, que reducen la consistencia recomendable para el diseño.

Como regla de aplicación práctica, las curvas deben tener por lo menos 150 metros de largo cuando el ángulo de deflexión sea de 5 grados, incrementándose

en 30 metros por cada reducción de un grado en el ángulo central. La longitud mínima de las curvas horizontales en las carreteras principales debe ser tres veces la velocidad de diseño, elevándose a seis veces dicha relación en las carreteras de alta velocidad con accesos controlados.

En lo que respecta a curvas circulares compuestas¹⁵, deben extremarse los cuidados en su elección. Aunque el uso de curvas compuestas puede facilitar el diseño de una carretera para ajustarla a las condiciones del terreno, esta práctica conduce frecuentemente a su utilización en forma irrestricta por algunos diseñadores, que deben ser desalentados a continuar en tales aplicaciones.

El uso de curvas compuestas con grandes diferencias en los radios, produce casi el mismo efecto que la combinación de una curva cerrada con tangentes de gran longitud. Cuando la topografía o el derecho de vía hagan necesario su utilización, el radio de la curva circular mayor no debe exceder el 50 por ciento de la curva de menor radio. El manual mexicano propone que en las intersecciones se utilicen curvas compuestas, siempre y cuando la relación entre dos radios consecutivos no sobrepase la cifra de 2.0 y se resuelva satisfactoriamente la transición de la sobreelevación¹⁶. A criterios como el del manual mexicano se ajusta las curvas compuestas que se proponen en varias partes de este manual, aunque siempre que sea posible, una curva cerrada debe ser combinada con curvas espirales de transición, como la clotoide.

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

A menos que las condiciones topográficas lo impongan, debe evitarse el uso de curvas del mismo sentido con una tangente corta entre ellas. Fuera de su desagradable apariencia, los conductores no esperan que se presenten curvas cortas y sucesivas en el mismo sentido. En estas condiciones, es preferible la introducción de una curva compuesta directa como la indicada en párrafos anteriores o la introducción de curvas de transición espiral.

2.14 ALINEAMIENTO VERTICAL.

La coordinación del alineamiento horizontal y el perfil no debería dejarse al azar, sino que debería comenzar con el diseño preliminar, durante el cual los ajustes pueden hacerse rápidamente. El proyectista debería estudiar tramos largos y continuos de carretera en planta y perfil, y visualizar el todo en tres dimensiones. Esta aplicación de un enfoque integral al diseño vial, donde el camino se integra en sus alrededores, separa el proyecto excelente de aquel que meramente satisface los criterios de diseño básicos (ver Figuras). La publicación *Aesthetics in Transportation* contiene una excelente descripción de este integral proceso de diseño, de la cual se extracta:

Una regla general para los proyectistas es alcanzar una “línea fluida”, con una suave y natural apariencia en la tierra, y una sensual y rítmica continuidad para el conductor. Este efecto resulta del seguimiento de los contornos naturales de la tierra, usando graciosas y graduales transiciones horizontales y verticales, y relacionando el alineamiento con las características permanentes tales como ríos y montañas.

El alineamiento de una nueva vía juega un importante papel en la minimización de los impactos sobre los alrededores. En este ejemplo, se disturbó el carácter del paisaje.

Consideraciones sobre los alineamientos horizontal y vertical.

Las mayores oportunidades para influir en los alineamientos horizontal y vertical de una carretera ocurren durante las fases de planificación e ingeniería preliminar asociadas con la nueva ubicación de una vía. Los diseños de los alineamientos tienen los efectos más dramáticos sobre los ambientes natural y humano a través de los cuales pasan. El más típico problema de diseño que enfrentan hoy los ingenieros viales es el mejoramiento de una carretera o calle

existente. En muchos casos, los alineamientos básicos bien pueden haberse establecido hace 100 años. A pesar de todo, los mismos principios básicos de diseño con respecto a los alineamientos horizontales pueden aplicarse a las vías nuevas y existentes.

Importantes puntos a considerar en relación con los alineamientos horizontal y vertical son que deberían ser coherentes con la topografía, preservar las propiedades desarrolladas a lo largo del camino, e incorporar los valores de la comunidad. Los alineamientos superiores son los que siguen los contornos naturales del terreno y no afectan los recursos estéticos, escénicos, históricos y culturales a lo largo de la vía. En muchos casos pueden reducirse los costos de construcción cuando se necesita menor movimiento de suelos, y se preservan los recursos y desarrollo. Sin embargo, no siempre es posible evitar producir un impacto sobre los ambientes natural y humano. Esto es por qué los alineamientos superiores incorporan datos recibidos por la comunidad a través de un proceso de diseño participativo. Cuando sea posible, el alineamiento debería diseñarse para realzar las vistas escénicas atractivas, tales como ríos, formaciones rocosas, parques, lugares históricos, sobresalientes edificios.

Una cantidad de factores influye en el alineamiento vertical de una carretera, incluyendo:

- Terreno natural
- Mínima distancia de visibilidad de detención para la velocidad de diseño seleccionada.
- Número de camiones y otros vehículos pesados en la corriente de tránsito.
- La básica sección transversal del camino; es decir, dos versus múltiples carriles

- Los factores ambientales naturales, tales como pantanos, y recursos históricos, culturales y comunitarios.

Un error común de los ingenieros inexpertos es proyectar primero el alineamiento horizontal y entonces tratar de sobreponer el perfil vertical. Dado que ellos deben complementarse, las geometrías de los alineamientos horizontal y vertical deben diseñarse concurrentemente. Las geometrías horizontal y vertical no coordinadas pueden arruinar las mejores partes y acentuar los puntos débiles de cada elemento. La excelencia de la combinación de sus diseños incrementa la eficiencia y seguridad, alienta una velocidad uniforme, y mejora la apariencia, casi siempre sin costo adicional. Una herramienta para ayudar en la coordinación de las geometrías horizontal y vertical es el uso de los diseños computadorizados (CARLSON) programas que permite a los ingenieros viales evaluar rápidamente las interrelaciones entre los alineamiento horizontal y vertical, particularmente en zonas de terreno difícil. La adecuada atención de estas básicas consideraciones de diseño ayudará a asegurar que las nuevas ubicaciones y mejoramientos de las vías existentes concuerden armoniosamente con sus alrededores.

Evitar impactos sobre el entorno adyacente natural y humano.

Se reconoce que habrá algún grado de impacto físico en los alrededores asociados con la construcción de cualquier nueva ubicación de carretera, o reconstrucción importante, o ensanchamiento de una vía existente. Sin embargo, desde la perspectiva de los alineamientos horizontal y vertical, mucho de este

impacto puede y debería aliviarse. El impacto sobre el ambiente circundante puede minimizarse mediante la cuidadosa atención a los detalles durante la ubicación de la ruta y las fases preliminares de diseño. Se requiere además el consentimiento general de todas las partes interesadas para trabajar juntas hacia un objetivo común. Por ejemplo, mediante ajustes menores a los alineamientos horizontal y vertical originalmente propuestos (combinados con el uso de cortas secciones de muros de sostenimiento) a lo largo de una carretera eliminan la necesidad de adquirir cualquiera de las casas y comercios adyacentes.

2.14.1 TIPOS DE TERRENOS

El alineamiento vertical de una carretera está ligada estrechamente y depende de la configuración topográfica del terreno donde se localice la obra. Se compone de líneas rectas y curvas en el plano vertical, identificándose las subidas o pendientes ascendentes con un signo positivo (+), y las bajadas con signo negativo (-), expresadas usualmente en porcentajes. Aparte de consideraciones estéticas, costos de construcción, comodidad y economía en los costos de operación de los vehículos, siempre deben tomarse en cuenta los siguientes factores:

- Visibilidad y accidentalidad.
- Composición del tránsito.
- Relación entre la velocidad y sus engranajes de cambio en la operación del vehículo.

Idealmente se desea que los vehículos operen en el cambio más alto en el alineamiento vertical, sin necesidad de cambiar hasta la detención; pero por consideraciones económicas se aceptan pendientes mayores a las ideales.

Clasificación de los Terrenos en función de las Pendientes Naturales

Tipo de Terreno Rangos de Pendientes (%)

Llano o plano $S \leq 5$

Ondulado $5 > S \leq 15$

Montañoso $15 > S \geq 30$

S= pendiente

La AASHTO identifica las tres categorías generales de terreno del cuadro anterior, en la forma que se describe seguidamente:

Terreno plano es aquel en el cual se dan condiciones topográficas favorables para los levantamientos de campo, el diseño horizontal y vertical, la construcción y reconstrucción de las obras viales, facilitándose el mantenimiento y la segura, cómoda y económica operación de los vehículos. Las distancias de visibilidad en el alineamiento horizontal y vertical pueden lograrse sin mayores dificultades.

El Terreno ondulado presenta frecuentes pendientes de subida y bajada y, ocasionalmente, ofrece algunas dificultades y restricciones en el alineamiento horizontal y vertical de las carreteras.

El último tipo se identifica como terreno montañoso, el cual ofrece dificultades y altos costos en la construcción por la frecuencia de cortes y rellenos, que se requieren para lograr alineamientos horizontales y verticales aceptables. Las pendientes longitudinales y transversales son frecuentes en este tipo de terreno.

Las pendientes de las carreteras ya construidas tienen una influencia muy relevante en la operación de los vehículos que circulan por ellas. En los automóviles, las pendientes de subida hasta 5 por ciento, no tienen influencia apreciable en su velocidad, cuando se compara con la correspondiente al terreno plano. En pendientes de subida mayores, la velocidad decrece progresivamente, y en las de bajada estos vehículos livianos sufren un pequeño aumento, siempre comparadas con las velocidades en terreno plano. Las condiciones del sitio relacionadas con comodidad y seguridad, imponen restricciones a estas velocidades.

En vehículos pesados, la influencia de las pendientes es bastante significativa por el atraso que produce a otros vehículos, especialmente en carreteras con altos o significativos volúmenes de tránsito, ya que la velocidad de estos vehículos se reduce tanto en subida, como en bajadas.

Inclinación mínima.

La necesidad de una inclinación mínima en una rasante se deriva del desagüe superficial, es decir la evacuación de la lluvia que caiga sobre la calzada. Normalmente el bombeo o peralte transversal contribuye excesivamente a dicha

evacuación; no obstante se recomienda prever una inclinación de la rasante no inferior al 0.5%, sobre todo donde el peralte sea pequeño, como en las proximidades de las tangentes de entrada y salida de la curva. Los siguientes casos requieren atención especial:

- En descapote, para que las cunetas (cuya rasante es normalmente paralela a la de la carretera) tenga pendiente suficiente para evacuar la escorrentía; a no ser que la rasante de las cunetas se desvincule de la carretera.
- Junto a una acera o a una barrera de hormigón, la recogida de la escorrentía se hace mediante un canal de poca profundidad, que desagua en los sumideros.

2.14.2 CURVAS VERTICALES.

En términos generales existen curvas verticales en crestas o convexas y en columpio o cóncavas.

Las primeras se diseñan de acuerdo a la más amplia distancia de visibilidad para la velocidad de diseño y las otras conforme a la distancia que alcanzan a iluminar los faros del vehículo de diseño. De aplicación sencilla, las curvas verticales deben contribuir a la estética del trazado, ser confortables en su operación y facilitar las operaciones de drenaje de la carretera. La configuración parabólica de estas curvas es la más frecuentemente utilizada.

a) DISEÑO DE CURVAS VERTICALES CONVEXAS.

Existen dos condiciones para diseñar este tipo de curvas: La primera considera que la longitud de la curva (L) es mayor que la distancia de visibilidad (S) y la segunda se presenta cuando L es menor que S. En el primer caso se aplica la siguiente expresión para calcular la longitud mínima (L) de curva vertical:

$$L = S \left(\frac{D^2}{200(V h_1 + V h_2)} \right)^2$$

Donde:

S = Diferencia algebraica de pendientes (%)

D = Distancia de visibilidad

h1 = Altura del ojo del conductor

h2 = Altura del objeto

Reemplazando en esta fórmula la altura del ojo del conductor h1 = 1.07 metros y del objeto h2 = 0.15 metros, la ecuación para diseño es la siguiente:

$$L = \frac{GS^2}{404}$$

Cuando L es menor que S, la expresión matemática es la siguiente:

$$L = 2 S - \frac{404}{S}$$

Estos términos tienen igual significado que los anteriormente señalados.

La información sobre distancias de visibilidad de parada presentada en el cuadro siguiente es utilizada en el cálculo de la longitud de curvas en cresta.

Se abrevian las operaciones al tomar en cuenta que la distancia de visibilidad es constante para una velocidad de diseño dada; entonces, L puede ser relacionada con la diferencia algebraica de pendientes por medio de un factor denominado K, que en sí identifica la curva. La longitud de la curva vertical utilizando el factor K es:

$$L = K.G$$

Controles de Diseño de Curvas Verticales en Columpio basados en la Distancia de Visibilidad de Parada, DVP

Velocidad de diseño Km/h	Rango de velocidad de marcha Km/h	Coeficiente de fricción	Valores DVP (m)		Factor K de diseño *
			Menores	Mayores	
30	30-30	0.40	30	30	4-4
40	40-40	0.38	45	45	8-8
50	47-50	0.35	60	65	11-12
60	55-60	0.33	75	85	15-18
70	63-70	0.31	95	110	20-25
80	70-80	0.30	115	140	25-32
90	77-90	0.30	130	170	30-40
100	85-100	0.29	160	205	37-51
110	91-110	0.28	180	245	43-62

Cuadro 2. 21 Controles de diseño de curvas verticales en columpio

Terreno Plano

En pendiente de Bajada y Subida

Cuando se utiliza la distancia de visibilidad de adelantamiento como criterio de control para el diseño, las longitudes de las curvas verticales en cresta resultan mayores que las calculadas utilizando las expresiones arriba indicadas, lo que hace pensar que diseñar para estas longitudes, conduce a una considerable

elevación de los costos de construcción; además, que para recomendar estas distancias, debe haber una combinación favorable entre topografía del terreno, seguridad y volúmenes de tránsito, que dé como resultado su plena justificación.

De igual manera que el caso anterior, existen dos consideraciones a tomar en cuenta cuando se usa la distancia de visibilidad de adelantamiento; la primera se presenta cuando la longitud de curva (L) es mayor que la distancia de visibilidad (D), entonces se utiliza la siguiente fórmula:

$$L = DS^2 / 946$$

La diferencia estriba en que la altura del objeto es de 1.30 metros en vez de 0.15 metros.

Cuando la longitud de curva (L) es menor que la distancia de visibilidad de adelantamiento (D); la expresión que se usa es la que sigue:

$$L = 2 S - 946/S$$

Todos los términos de estas expresiones tienen igual significado que los anteriores.

DISTANCIAS DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO

A. Distancias Mínimas de Diseño para Carreteras Rurales de dos Carriles, en metros

B. Parámetros Básicos

Controles de Diseño de Curvas Verticales en Cresta basados en las Distancias de Visibilidad de Parada y de Adelantamiento Diseño de Curvas en Cumpios o Cónovas

Se han identificado los siguientes cuatro criterios para usarse en el cálculo de las longitudes de curvas en cumpios.

El siguiente toma en cuenta básicamente una sensación subjetiva de comodidad en la conducción, cuando el vehículo cambia de dirección en el alineamiento vertical.

- El tercero considera requerimientos de drenaje.
- El último se basa en consideraciones estéticas.

Se presentan dos casos a considerar en el primer criterio, dependiendo si la distancia iluminada por los faros del vehículo es mayor o no que la longitud de la curva. Cuando la longitud de curva, L , es mayor que la distancia de visibilidad iluminada, S , se utiliza la fórmula que sigue:

$$L = G S^2 / (120 + 3.5S)$$

Donde,

L = Longitud mínima de curva vertical en cumpio, m.

S = Distancia de visibilidad iluminada por los faros del vehículo, m.

G = Diferencia algebraica entre pendientes de la curva, %.

Cuando L es menor que S la fórmula utilizada es la siguiente:

$$L_{\min} = 2S - (120 + 3.5S)/G$$

Estos términos tienen igual significado que los anteriores.

Se considera una altura de los faros de 0.6 metros y un ángulo de 1° de divergencia de los rayos de luz. En el desarrollo de las fórmulas de este criterio y para su aplicación en diseño, se recomienda utilizar los rangos de distancias de visibilidad de parada, que sean aproximadamente iguales a la distancia iluminada por los faros de los vehículos cuando viajan a la velocidad de diseño.

El segundo criterio basado en la comodidad, tiene su fundamento en la suspensión de la carrocería de los vehículos, el peso que mueve, la flexibilidad de las llantas, los tipos de asientos, entre otros. Se reconoce que la operación confortable de vehículos en curvas en columpio, se logra cuando la aceleración centrífuga alcanza 0.3m/seg², que incorporado a la fórmula de diseño, resulta:

Siendo el significado de los componentes de esta ecuación iguales a los utilizados con anterioridad.

Las longitudes de curvas calculadas utilizando este criterio equivalen al 50% de los correspondientes a la modalidad anterior.

El tercer criterio persigue la satisfacción de las necesidades del drenaje en las curvas en columpio. Un criterio recomendado para el diseño consiste en dotar una pendiente de 0.3 por ciento dentro de los 15 metros del punto a nivel del

terreno, sus resultados son muy similares a los obtenidos de la fórmula $L = KG$, cuando $K = 51$ y la velocidad de diseño es de 100 kilómetros por hora.

Donde,

L = Longitud mínima de curva vertical en columpio, m.

S = Distancia de visibilidad iluminada por los faros del vehículo, m.

Hay que aclarar que las longitudes calculadas para efecto de drenaje son máximas hasta 100 kilómetros por hora y no mínimas, como en los demás criterio de diseño de curvas verticales.

Después de 100 hasta 120 Kilómetros por hora, las longitudes son mínimas, al igual que los otros criterios.

Cuando se trata de tomar en cuenta aspectos de estética en estas curvas, existe la fórmula empírica $L = 30G$, siendo L la longitud mínima y G la diferencia algebraica de pendientes. Los resultados obtenidos son similares a los que corresponden al criterio de la distancia iluminada por los faros de vehículos para velocidades de 70 – 80 kilómetros por hora.

En atención a la diferencia de longitudes de curva que se obtienen aplicando los criterios mencionados, se recomienda diseñar curvas verticales en columpio utilizando el primer criterio descrito, dando especial consideración al drenaje cuando K es mayor de 51.

A como se ha indicado en la descripción del primer criterio, la distancia de visibilidad de parada es la que controla la recomendación de longitudes mínimas para curvas en columpio, considerando valores menores y mayores de este parámetro. De igual manera en que fueron calculados los valores de diseño de las curvas en cresta, también es conveniente expresar los controles de diseño de las curvas en columpio en términos de K para todos los valores de S.

Controles de Diseño de Curvas Verticales en Columpio basados en la Distancia de Visibilidad de Parada, DVP

Carriles de Ascenso

La justificación para la construcción de un carril de ascenso en una carretera de dos carriles, debe basarse en los tres criterios siguientes:

- a. El tránsito ascendente debe ser mayor de 200 vehículos por hora: este se determina multiplicando el proyectado volumen de diseño por el factor de distribución direccional para el tránsito ascendente y dividiendo el resultado por el factor de hora pico.
- b. El tránsito ascendente de camiones debe ser mayor de 20 vehículos por hora: la cifra anterior se multiplica por el porcentaje de camiones en el sentido ascendente del tránsito.
- c. Debe además concurrir una de las siguientes causales:

Se espera que la velocidad de un camión pesado se reduzca por lo menos en 15 kilómetros por hora. Los carriles de ascenso se diseñan de manera separada para cada sentido, de manera que resulta posible que bajo determinadas circunstancias de las condiciones del terreno, existan traslapes en los carriles de ascenso de cada lado, como en el caso de una curva vertical con fuertes pendientes en cresta, presentando la imagen de una carretera de cuatro carriles no divididos.

El carril de ascenso debe tener una transición al inicio de 25 a 1, pero no menor de 50 metros. El carril debe extenderse 30, 60 o 90 metros después de la cresta, más una longitud de transición en la relación de 50 a 1, pero que no debe ser menor de 60 metros.

El carril de ascenso debe tener el ancho normal del carril de paso y construirse de forma que pueda ser reconocido de inmediato como un carril especial. La sección de los dos carriles de la carretera debe tener marcada la línea central continúa, que indica la prohibición de las maniobras de adelantamiento.

Características mínimas de los acuerdos verticales.

Para determinar las dimensiones mínimas de una acurva vertical, ya sea su longitud L o su parámetro $K_v = 100 \times L / \theta$ se suele atender a dos tipos de criterios: la visibilidad que permite la apreciación visual del propio acuerdo. En todo caso se elige el que proporcione mayor longitud.

2.15 SECCIÓN TRANSVERSAL.

La sección transversal de un camino incluye alguno o todos los elementos siguientes:

1. Calzada (la parte de la plataforma provista para el movimiento de los vehículos).
2. Plataforma (la parte de una carretera, incluyendo banquetas, provista para uso vehicular)
3. Mediana (la separación física o pintada provista entre las dos plataformas adyacentes de carreteras divididas)
4. Vías ciclistas y peatonales
5. Servicios públicos y zonas paisajísticas
6. Cunetas y taludes laterales
7. Ancho de zona despejada (distancia desde el borde de la calzada hasta cualquier objeto fijo o talud no atravesable)

La sección transversal influye fundamentalmente en la capacidad de la carretera, en su ocupación, en sus costos de construcción y conservación, y también en su costo de explotación (fluidez y seguridad de la circulación). Un proyecto realista debe, en general adaptarse a las condiciones existentes o previstas a corto plazo. El elemento más importante de la sección transversal es la zona destinada al paso normal de vehículos, o calzada. Esta puede ser única, o puede haber calzadas separadas para cada sentido de circulación, con el consiguiente aumento de la fluidez y la seguridad; en algunos casos urbanos de gran

intensidad de circulación, se recurre a sistemas de calzadas centrales y laterales, con conexiones entre ellas. También los márgenes de la carretera tienen una gran influencia en la seguridad de la circulación (accidentes por salida de un vehículo fuera de la plataforma). En carreteras con calzadas separadas juega un papel importante la mediana, o franja de terreno comprendida entre ambas.

Las características y dimensiones de estos elementos de la sección transversal dependen de la clase de carretera, de su entorno, de la intensidad de la circulación, etc.

La calzada.

Generalidades.

La calzada es la zona de la sección transversal destinada a una circulación segura y cómoda de los vehículos. Para ello es necesario que su superficie este pavimentada. El tipo de firme, en general, no está relacionado con sus dimensiones. La calzada se divide en varias franjas paralelas, denominadas carriles, cada una de anchura suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

Número de carriles.

Como se vio al estudiar la capacidad de las carreteras. El número de carriles es fundamental para determinar el nivel de servicio que se pueda conseguir. Las disposiciones que se emplean son las siguientes:

Al seleccionar los elementos y dimensiones de la sección transversal adecuados, los proyectistas necesitan considerar una cantidad de factores, incluyendo:

- Volumen y composición del tránsito vehicular que se espera use la vía (porcentaje de camiones, buses y vehículos recreacionales) - La posibilidad de que ciclistas y peatones usen la vía.
- La presencia de obstrucciones naturales o artificiales adyacentes a la plataforma (acantilados, árboles grandes, pantanos, edificios, líneas eléctricas)
- Tipo e intensidad del desarrollo a lo largo de la sección de carretera en diseño seguridad de los usuarios.

El más adecuado diseño para un mejoramiento vial es uno que equilibra las necesidades de movilidad de la gente al usar la vía (motoristas, peatones o ciclistas) con las restricciones físicas del corredor dentro del cual se ubica la vía.

2.15.1 ELEMENTOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL.

Usualmente, el número de carriles necesarios para una vía se determina durante la etapa conceptual de desarrollo del proyecto. Es el número de carriles necesarios para acomodar los volúmenes de tránsito previstos en un determinado

nivel de servicio, adecuado para la vía. El número de carriles sólo puede crecer en enteros, es decir, una carretera de dos carriles puede ensancharse a tres o cuatro carriles. Cada carril adicional incrementa la aptitud de llevar tránsito de la vía. Conociendo las futuras demandas de tránsito, el proyectista, usando los procedimientos de análisis del Highway Capacity Manual puede proveer datos, en el proceso de toma de decisiones durante el desarrollo del proyecto, para determinar el adecuado número de carriles de viaje para el nivel de servicio deseado. Los datos de la comunidad también juegan una parte en la decisión. Una comunidad puede decidir a través del compromiso público que un menor nivel de servicio es aceptable para la situación, en lugar del normalmente provisto para proyectos de construcción nueva.

En zonas urbanas y suburbanas, usualmente las intersecciones semaforizadas son un factor predominante que controla la capacidad de la carretera o calle. Esto puede ser más amplio al determinar el número de carriles para estos tipos de vías. Por ejemplo, una vía de dos-carriles que se aproxima a una intersección puede expandirse a cuatro carriles (uno carril de giroizquierda, dos carriles directos, un carril de giro-derecha) en la intersección misma, y luego volver a dos carriles más allá de la intersección. La necesidad de distribuir el tránsito con seguridad determinará la necesidad de cualquier expansión de la plataforma de acceso. Los carriles agregados en la intersección pueden ser de una variedad de configuraciones para servir a los deseos de viaje del tránsito.

2.15.1.1 ANCHO DEL CARRIL.

El ancho de los carriles de viaje está limitado por las dimensiones físicas de los automóviles y camiones a un rango entre 2.7 y 3.6 m. Generalmente, en tanto la velocidad de diseño crece, también crece el ancho de carril, para permitir el movimiento lateral de los vehículos dentro del carril. Aunque los anchos de carril de 3.6 m son deseables en vías rurales y urbanas, hay circunstancias que necesitan el uso de carriles menores de 3.6 m de ancho. En zonas urbanas donde la zona-de-camino y el desarrollo existente se vuelven estrictos controles, es aceptable el uso de carriles de 3.3 m. Los carriles de 3.0 son aceptables en vías de baja velocidad. Los carriles de 2.7 m son adecuados en caminos de bajos volúmenes de tránsito en zonas rurales y residenciales.

2.15.1.2 MEDIANAS.

Una consideración importante en el diseño de cualquier carretera multicarril es si se provee una mediana y, si se provee, de qué dimensiones debería ser. Las funciones primarias de las medianas viales son:

- Separar los flujos de sentido opuesto
- Proveer una zona de recuperación para los vehículos fuera de control
- Permitir espacio para los cambios de velocidad y a los vehículos que giran a la izquierda y en U.
- Minimizar el resplandor de los faros delanteros.

- Proveer ancho para carriles futuros (particularmente en zonas suburbanas).
- Proveer espacio para plantaciones paisajísticas que estén de acuerdo con las necesidades de seguridad y que mejoren la estética de la vía.
- Proveer espacio para barreras.

Según la práctica del organismo vial y los requerimientos de la ubicación específica, las medianas pueden ser deprimidas, sobreelevadas, y al ras con la calzada. Deberían tener una dimensión en equilibrio con los otros elementos de la sección transversal. El rango general del ancho de medianas es desde 1.2 m, usualmente en zonas urbanas, hasta 24 m o más, en zonas rurales.

2.15.1.3 HOMBROS.

Llamados también Arcenes, Banquinas, etc. Aunque las dimensiones físicas de los automóviles y camiones limitan el ancho básico de los carriles de viaje, el tratamiento de esa parte de la carretera hacia la derecha de la verdadera calzada, que es el borde de la plataforma, provee al proyectista un mayor grado de flexibilidad. Esto es cierto tanto en las zonas rurales y como urbanas, aunque en cada ubicación son más adecuados diferentes elementos de diseño. El tratamiento de los hombros es importante desde varias perspectivas, incluyendo seguridad, capacidad, impacto sobre el ambiente circundante, y gastos iniciales de mantenimiento y operación. El diseño de los hombros debería equilibrar estos factores. Por ejemplo, un proyectista puede considerar el impacto del ancho de los hombros y otros elementos a los costados del camino en el entorno

circundante y, al mismo tiempo, cómo estas dimensiones afectarán la capacidad. Aun con un carril de ancho máximo de 3.6 m, la ausencia de un hombro o presencia de una obstrucción en el borde del carril de viaje puede resultar en una reducción de la capacidad como del 30 por ciento, comparada con una zona donde el hombro o la zona despejada es de 1.8 m de ancho. Por otra parte, significativos recursos ambientales, escénicos o históricos pueden resultar adversamente afectados por un hombro ensanchado.

Otra consideración es el acomodamiento de los peatones y vehículos no motorizados. En muchas partes del país los hombros proveen una calzada separada para peatones, ciclistas, y otros (cuando no se proveen veredas). Las desventajas pueden ser que a menudo son menos seguras que las pavimentadas, y fuerzan a los peatones y ciclistas a compartir el camino con los motoristas, si no se provee otra vía separada. Los hombros representan un elemento importante en los sistemas de drenaje al desviar el derrame superficial desde los carriles de viaje hasta los sistemas de drenaje. Para acomodar el drenaje de la plataforma a través de las zonas de hombros se usan varios tratamientos. En las zonas rurales y suburbanas, la técnica más común permite cruzar el drenaje superficial a través la banquina e ir directamente hacia las zanjas de drenaje que corren paralelas al borde de la plataforma. Además de las dimensiones de los hombros, los proyectistas tienen que elegir los materiales. Los hombros pueden revestirse en anchos parciales o totales.

Algunos de los materiales comúnmente usados incluyen grava, conchillas, piedra partida, aditivos minerales o químicos, tratamientos bituminosos superficiales, y varias formas de pavimentos asfálticos o de hormigón. En varios Estados, particularmente en los países del Norte y Europa donde los climas son fríos donde la remoción de la nieve no es un tema, se proveen superficies de pasto o césped sobre terraplenes de suelo compactado. Las ventajas de las banquetas de pasto son que proveen un sistema de detención natural del agua de lluvia y son estéticamente placenteras.

2.15.1.4 CORDONES CUNETA Y CONTRA CUNETAS.

Usados primariamente en ambientes urbanos y semiurbanos, los cordones pueden servir alguna o todas las funciones siguientes:

- Control de drenaje
- Delineación de los bordes de la plataforma
- Reducción de zona-de-camino
- Estética
- Delineación de sendas peatonales
- Reducción de operaciones de mantenimiento
- Ayuda en el desarrollo de los costados del camino.

Básicamente hay dos tipos de cordones que son: barrera y montable.

La flexibilidad en el uso de cualquier tipo es una práctica herramienta para del proyectista vial al definir la sección transversal de un proyecto de mejoramiento.

Sin embargo, no se recomiendan los cordones tipo barrera para proyectos con velocidades de diseño arriba de los 65 km/h.

Pueden construirse de una variedad de materiales, incluyendo hormigón, asfalto, y piedra partida. La siguiente figura ilustra una variedad de los cordones barrera y montable comúnmente usados.

ANCHOS MÍNIMOS DE HOMBROS Y ACERAS

Tipo de Carretera	Acceso	Tipo de Superficie	Ancho de Hombros (m)		Ancho de Aceras (m)	
			Internos	Externos		
AR	Autopistas Regionales	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	1.8 - 2.5	
TS	Troncales Suburbanas	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	1.8 - 2.5	1.2 - 2.0
TR	Troncales Rurales	-	Alto	0.5 - 1.0*	1.2 - 1.8	1.2 - 1.5
CS	Colectoras Suburbanas	-	Intermedio	0.5*	1.2 - 1.5	1.0 - 1.2
CR	Colectoras Rurales	-	Intermedio	-	1.2 - 1.5	1.0 - 1.2

* Solamente con mediana

cuadro 2. 22 Anchos mínimos de Hombros y aceras

2.15.1.5 PARTES COMPLEMENTARIAS

Pendiente transversal.

Para evacuar la lluvia de la calzada es necesario que esta tenga inclinación transversal. En carreteras con calzada única y doble sentido de circulación, lo normal es que haya una arista en el eje, y dos planos inclinados hacia los bordes (bombeo): la sección transversal se representa por dos rectas que se cortan en el centro de la calzada. En carreteras con calzadas separadas, se puede emplear una disposición como la anterior en cada una de las calzadas; pero es más frecuente que cada una de ellas tenga una sola pendiente, con el punto alto en el borde contiguo a la mediana. Para conseguir el desagüe aceptable, es preciso

que la pendiente transversal sea superior al 1%. En pavimentos muy bien ejecutados, este valor podría ser suficiente; pero es preferible utilizar una pendiente del orden del 2%. En pavimentos con mayores irregularidades, se necesitaran mayores pendientes, hasta un 4%; por encima de este limite, la suspensión de los vehículos no los absorbe, y hace falta un cierto esfuerzo en la dirección para contrarrestar la tendencia a salirse de la calzada. Además, donde hay un bombeo se forma un ángulo en el centro de la calzada que, si es excesivo, puede hacerse muy brusco el paso de un carril a otro en adelantamiento. Por todo ello, con pavimentos de calidad como los de mezcla bituminosa u hormigón, se utilizan pendientes transversales del 2% en recta. Para firmes granulares con tratamientos superficiales mediante riegos de gravilla, el valor de la pendiente transversal esta comprendido entre el 2 y el 4 por ciento.

Transición del peralte.

La transición de la pendiente transversal de la calzada, entre la recta y la curva circular, se hace girando la sección transversal, en todo o en parte, alrededor del punto del eje longitudinal. El peralte suele seguir una ley lineal, generalmente a lo largo de la curva de transición. Una elevación del borde exterior de la curva contribuye a destacar al presencia de esta, pero puede resultar antiestética, por el contrario, una depresión del borde interior puede crear un punto bajo, cuyo desagüe hay que prever. Debido a estas consideraciones, en las curvas a veces se cambia el punto de la sección transversal que define el trazado en alzado. En

todo caso, hay que desvanecer el bombeo (o la inclinación transversal en recta, de sentido contrario al del peralte) dentro de la propia alineación recta.

CARRILES ADICIONALES, AUXILIARES Y ESPECIALES.

En ciertos tramos se añaden carriles a la calzada para fines específicos.

En rampas largas e inclinadas, se pueden disponer carriles adicionales.

En nudos se emplean carriles auxiliares para que los vehículos puedan modificar su velocidad, fuera de la calzada principal: esta situación se presenta típicamente en las entradas y salidas de autopistas y autovías. Donde los vehículos deben detenerse (por ejemplo, para esperar un hueco en el tráfico opuesto y girar a la izquierda) pueda ser necesario disponer un *carril de espera*.

También se disponen carriles auxiliares:

- Para equilibrar el número de carriles y mantener la continuidad de los de paso al pasar por un enlace.
- Para mejorar el acceso a una glorieta.
- Para mejorar localmente la fluidez de una intersección semaforizada.

En zona urbana, se suele destinar un carril en el borde derecho de la calzada para el estacionamiento de vehículos, generalmente en línea. Su anchura depende del tipo de vehículo que vaya a estacionarse; los pesados necesitan, al menos 2.5 mt. Mientras que bastara con 1.8 mt. Si solo son vehículos.

También en zona urbana, en calzada de varios carriles por sentido, es frecuente reservar el carril exterior al transporte público, señalizándolo. Su anchura normalmente de 3.0 mt. En consonancia con su carácter urbano.

DRENAJE SUPERFICIAL.

Cunetas Una cuneta es una zanja longitudinal, exterior al hombro, y en su caso la berma. Su rasante es paralela a la de carretera, salvo que se ciña más al terreno, o se aumente su inclinación para mejorar la capacidad de desagüe. Su diseño debe tener en cuenta los siguientes criterios:

Salvo que consideraciones económicas o el espacio disponible lo impidan, hay que dar prioridad a la seguridad de los vehículos que se pueden salir de la plataforma y llegar a la cuneta, la inclinación de los cajeros de las cunetas triangulares y trapezoidales.

Las dimensiones y pendiente longitudinal de la cuneta deben asegurar que, al paso del caudal que corresponda al periodo de retorno adoptado El nivel de la lamina libre no rebasa al de la plataforma, salvo en carreteras de muy baja intensidad de circulación, en las que se puede admitir una elevación de hasta 30cm. Valorando la interrupcion de la circulación por esta causa.

La velocidad del agua no causa erosiones ni aterramientos. Donde se tema que filtraciones procedentes de la cuneta puedan perjudicar al firme, el nivel de la lámina libre no debe rebasar el de la explanada, excepto donde se disponga un drenaje profundo.

2.15.1.6 TALUDES.

En un terraplén, la gravedad del accidente de un vehículo que rebase su arista depende de la pendiente del talud. Si este es muy escarpado (pendiente superior a $1/2$). El vehículo perderá el contacto con el suelo y sufrirá un impacto al pie de talud, cuya fuerza dependerá de la altura de este. Con inclinaciones menores, el vehículo descenderá por el talud; pero si la pendiente es superior a $1/3$ o $1/4$ volcará casi con seguridad. Por ello, desde el punto de vista de la seguridad, conviene que los taludes tengan una inclinación menor de $1/3$.

2.15.1.7 DERECHO DE VÍA

El derecho de vía es la franja de terreno que adquiere el dueño de una carretera, normalmente el Estado, para la construcción de la misma, incluyendo dentro de sus límites el diseño bien balanceado de la(s) calzada(s) con sus carriles proyectados, los hombros interiores y exteriores, las medianas y todos los demás elementos que conforman normalmente la sección transversal típica de este tipo de instalaciones, conforme su clasificación funcional.

No obstante la conveniencia de contar con una franja de terreno de ancho uniforme para cada tipo de carretera, en la práctica dicha franja es variable y determinada ad-hoc en función de cada proyecto en particular. Lo cierto es que se requieren ampliaciones cuando el pie de los taludes excede los límites normales de la franja de terreno, cuando se desea diseñar para mayores distancias de visibilidad, cuando se aplican determinadas exigencias para aislar el ruido y otros contaminantes ambientales y, finalmente, en las intersecciones

con otras carreteras que de por sí pueden plantear exigencias considerables de espacio físico, como en el caso de la construcción de intercambios o distribuidores de tránsito, que ocupan una o varias hectáreas según el diseño geométrico que se seleccione.

La determinación del ancho del derecho de vía de una carretera conlleva, por consiguiente, la determinación del ancho óptimo de los componentes de la sección transversal típica que, para el término del período de diseño de alrededor de veinte años, se requiere acomodar con la amplitud necesaria y suficiente dentro de la franja de terreno adquirida para la obra vial y sus detalles conexos. Esta es la opción para determinar el ancho de derecho de vía que podría calificarse como mínima, por corresponder a soluciones desarrolladas en condiciones restrictivas, como sucedería en zonas urbanas y suburbanas donde el valor del suelo es elevado, como también es elevado el costo de las propiedades colindantes que se precisa expropiar. En casos extremos de esa naturaleza, se llega en ocasiones a sacrificar el diseño y optar por soluciones de dimensiones restringidas a un mínimo funcional y de sentido práctico, donde lo primero que se limita son los anchos de hombros y las dimensiones de la mediana o franja divisoria central.

Pensando quizá en probables ampliaciones a futuro o como factor de seguridad ante desarrollos imprevistos, se ha optado en muchos casos por generosas provisiones de derecho de vía, sobre todo donde el valor del suelo es bajo o

alcanza niveles razonables, pero se combina con un sensible potencial de la zona de influencia de la carretera para el desarrollo a largo plazo, en magnitudes que en un momento dado parecen incalculables. Estas disponibilidades adicionales, propias de la opción ampliada - por oposición a la opción mínima, arriba citada - , se convierten al inicio en efectivas aportaciones al ornato, para más adelante contribuir a la solución de problemas de circulación que se vuelven agudos cuando prevalece la estrechez en el espacio disponible. En este sentido, una mediana de gran amplitud puede constituir una reserva para futuros carriles, así como igualmente podrán utilizarse para el mismo propósito las franjas laterales, previstas inicialmente para separar de la pista principal, las calles marginales o laterales, aunque se prefiera la primera opción sobre la segunda.

No se desconoce, sin embargo, el peligro que entraña en Centroamérica la ocupación o invasión de los derechos de vía que permanecen sin utilización durante largos años, pues a mayor tiempo de ocupación se torna más difícil el desalojo. Cuando se desea más tarde continuar con la fase de ampliación planificada o prevista. La única alternativa para enfrentar este problema, es la continua vigilancia de las autoridades responsables del mantenimiento de las carreteras, que deben estar dispuestas a actuar en el marco de lo que la ley y el derecho les señalan.

En la planificación del desarrollo vial, es usual que en los planes maestros de desarrollo urbano de las ciudades, áreas y regiones metropolitanas principales

de Centroamérica, se proyecten los derechos de vía del sistema de circulación, con una visión sistémica de las necesidades de movilidad de las personas en el medio urbano y suburbano, que asume una clasificación funcional de los diferentes componentes del sistema, supuestos a complementarse unos con otros. La visión de la ciudad que concibe el planificador urbano y su equipo es la que recoge la propuesta, misma que deber ser revisada a períodos regulares para confirmar las hipótesis de trabajo o introducirle los ajustes pertinentes. Visión de futuro es la que condujo a la ciudad de Guatemala a construir desde principios del siglo pasado el paseo de la Reforma, por ejemplo, concebido para el movimiento de carruajes, el paseo a caballo y a pié, paseo que hoy mismo ha sido transformado, sin perder

aún parte de su belleza y colorido, para el movimiento masivo del tránsito por las pistas centrales de tres carriles y por las pistas laterales, estas últimas de ancho suficiente para concentrar con preferencia el movimiento del transporte colectivo en autobuses.

En lo relativo a las carreteras rurales, es usual que los países de la región establezcan a priori, mediante disposiciones legales a veces de vieja data, los anchos de que debe disponer el derecho de vía de las diferentes carreteras, haciendo abstracción del obligado ejercicio de análisis de oferta-demanda que precede a todo nuevo diseño o mejoramiento.

Como un ejemplo ilustrativo es el caso de la Ley de Derecho de Vía de Nicaragua, Decreto No. 46 de 10 de septiembre de 1956, que clasifica a las carreteras en internacionales, interoceánicas, interdepartamentales y vecinales, reservando para las dos primeras categorías un ancho de derecho de vía de 40 metros y limitando a 20 metros el ancho de la franja correspondiente a las carreteras interdepartamentales y vecinales. Sorprendentemente y por reformas introducidas en el Decreto No. 956 del 18 de junio de 1964, se dispuso reducir a 20 metros - en lugar de 40 metros - el derecho de vía de la carretera internacional conocida como Interamericana, el tramo comprendido entre Tipitapa y Nandaime, pasando por Managua, justamente donde ahora los elevados volúmenes de tránsito y sus expectativas de crecimiento a mediano y largo plazo, apuntan a exigencias mucho mayores de 40 metros para el ancho de la franja de derecho de vía requerida.

A manera de ilustración, cabe destacar que para carreteras de la clase A, con volúmenes de diseño de más de 12,000 vpd, el ancho mínimo del derecho de vía en Costa Rica se sitúa en los 60 metros. Cuando los volúmenes de tránsito están comprendidos entre 6,000 y 12,000 vpd, se recomienda la adquisición de una franja de terreno entre 30 y 60 metros de ancho para las condiciones mínimas y recomendables, en tanto que para volúmenes de 2,000 a 6,000 vpd el rango correspondiente oscila entre 30 y 50 metros. Para volúmenes mayores de 400 vpd y menores de 2,000 vpd, la franja de derecho de vía se ubica entre los 25 y los 40 metros de ancho.

La provisión de derecho de vía para las carreteras es considerablemente más holgada en Honduras, donde las carreteras denominadas especiales, previstas para atender más de 3,000 vehículos promedio por día, disponen de un ancho de 60 metros, disminuyendo dicha disponibilidad hasta 50 y 30 metros según que los volúmenes de diseño sean mayores de 1,000 y 500 vehículos por día promedio, respectivamente.

De las ilustraciones anteriores se puede apreciar que el ancho de la franja del derecho de vía en Centroamérica varía desde un límite inferior de 20 metros, hasta un máximo de 60 metros, excluyendo desde luego de ese tratamiento por sus particulares requisitos, a las autopistas de todo tipo.

Para las carreteras colectoras, ubicadas en el rango inferior de la clasificación funcional de la red de carreteras regionales, se considera suficiente disponer de un derecho de vía de 20.0 metros de ancho, que puede ampliarse hasta 30.0 metros de ancho para disponer de una solución más holgada. Esta franja deberá ampliarse según se requiera para acomodarse a requerimientos especiales del diseño o para facilitar el diseño de las intersecciones con otras vías de similares o mayores exigencias. Las carreteras colectoras están provistas de una calzada de dos carriles, que drenan hacia los lados a partir de la línea central, excepto cuando debido a la sobreelevación requerida por el alineamiento en curva, deben drenar hacia un solo lado. A los 6.6 o 7.2 metros del ancho recomendado de la calzada, se suman hombros que varían de 1.2 a 1.5 metros, para un ancho de

corona que varía de 7.8 metros hasta 8.7 metros. Dentro de los 20.0 metros del derecho de vía de las carreteras colectoras hay ancho suficiente, en el caso de terrenos planos o ligeramente ondulados, para el drenaje longitudinal, la instalación de dispositivos para el control del tránsito, la construcción de instalaciones de servicio público y, de manera especial, para proveer taludes suaves que sirvan como zona despejada para facilitar la maniobra de recuperación de los vehículos fuera de curso. A mayor altura del corte o profundidad del terraplén, menor será la disponibilidad de área para operar como zona despejada. La figura adjunta muestra la sección típica que se logra inscribir dentro del derecho de vía recomendado.

Para las carreteras troncales del sistema regional, el ancho recomendable del derecho de vía se incrementa hasta los 40.0 metros, con un óptimo recomendable por exceso de 50.0 metros. Con una mediana que puede alcanzar de 6 a 10 metros, según se trate de la alternativa rural o suburbana, pero que será suficiente para la construcción de carriles de giro a izquierda o la realización de maniobras de retorno, habrá dentro de la franja de terreno disponible, espacio suficiente para la construcción de dos calzadas paralelas de 7.2 metros de ancho cada una, con dos carriles por sentido, hombros exteriores de 2.5 metros de ancho y hombros interiores de 1.5 metros, quedando espacio suficiente para acomodar una zona despejada de suficiente amplitud para la recuperación de vehículos extraviados, además de servir las otras funciones mencionadas al final del párrafo inmediato anterior. Cabe observar que en una eventual necesidad de

mayor capacidad para esta sección típica, que muestra la figura, puede ampliarse la calzada de dos a tres carriles, sacrificando parte de la mediana de 10.0 metros de ancho, que quedaría reducida a 2.8 metros o construyendo los carriles adicionales del lado exterior de cada calzada, para dejar en su función la mediana reducida de 6.0 metros de ancho.

En algunas soluciones, ha sido conveniente y posible ampliar el derecho de vía para construir calles marginales, particularmente en las áreas suburbanas, donde se prefiere separar el tránsito de paso del tránsito local. Las calles marginales se utilizan para recoger y distribuir el tránsito de y hacia las propiedades colindantes, proporcionar estacionamiento en la vía y servir a las comunidades vecinas, liberando a la vía principal de las alteraciones generadas por el movimiento local.

Sin embargo, también se reconoce que algunas veces la calle marginal puede construirse dentro de su propio derecho de vía, afectando la disponibilidad de espacio físico para la arteria principal. Cuando los cruces son separados de nivel de la vía principal y se cuenta además con calles marginales, se tiene en principio.

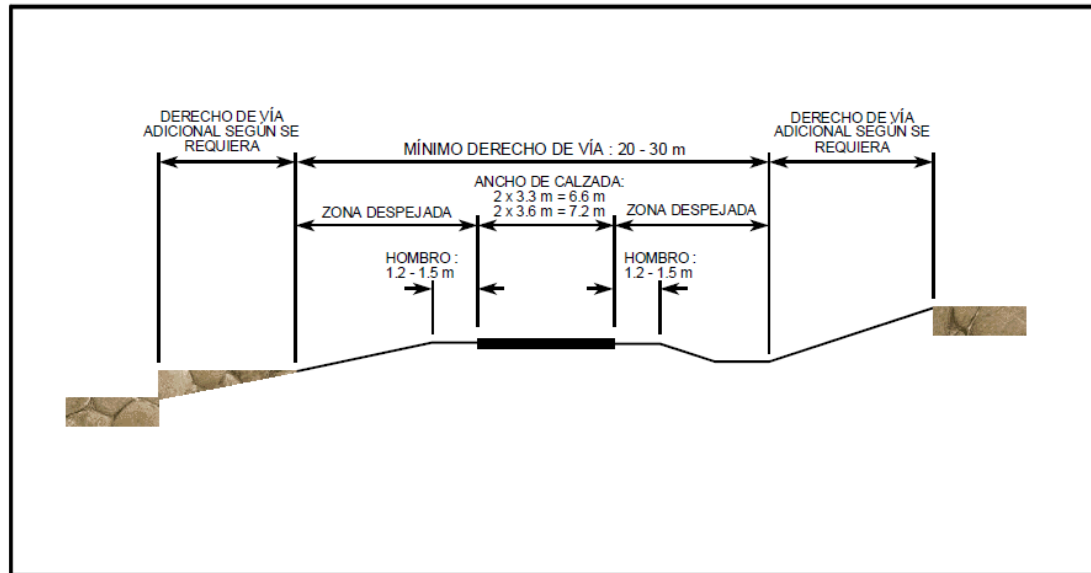


Figura 2. 11 Dimensiones de sección transversal

2.16 MOVIMIENTO DE TERRACERIA

2.16.1 COEFICIENTE DE VARIABILIDAD ECONOMICA.

El material que se ocupa en la formación de terraplenes ya sea producto de corte o préstamo de algún banco, experimenta un cambio de volumen al pasar de su estado natural a formar parte del terraplén, es esencial conocer el valor de este cambio de volumen para la correcta determinación de los volúmenes y de los movimientos de tierra correspondientes. Se denomina coeficiente de variación volumétrica o coeficiente de abundamiento a la relación que existe entre el peso volumétrico del material en estado natural y al peso volumétrico que ese mismo material tiene al formar parte del terraplén, esto es, los pesos volumétricos sueltos y compactos del material de corte, dicha relación también se puede dar como coeficiente de reducción en terraplenes. Dicho coeficiente será mayor que la unidad, cuando un metro cubico de terraplén pueda construirse con un volumen

menor de material, obtenido en el corte o en el préstamo. Contrariamente, el coeficiente será menor que la unidad, cuando el volumen de terraplén requiera un volumen mayor de material constitutivo. La siguiente expresión es la que se utiliza para obtener el coeficiente de variación volumétrica o coeficiente de abundamiento:

$$C.V.V. = \frac{\gamma m_c}{\gamma m_s}$$

Donde:

C.V.V.= Coeficiente de variación volumétrica γm_c = Peso volumétrico compacto del material

= Peso volumétrico suelto del material

El coeficiente de variación volumétrica permite establecer los volúmenes de materiales que han de ser extraídos de los bancos de préstamo o del sitio donde se está realizando la obra, para llegar al volumen requerido en las terracerías, es un dato indispensable para llegar a los verdaderos costos de un proyecto dado.

A continuación se presenta una tabla con los valores típicos de coeficientes de variación volumétrica:

Tipo de material		Compactado			Bandeado	Abmto.
		90	95%	100%		
	Suelta	0	0.82	0.78		1.00
	Medianamente	0	0.91	0.86		1.10

	Compacta	1	0.98	0.93		1.20
	Muy compacta	1	1.05	1		1.28
	Muy suelto	0	0.78	0.74		1.06
	Suelto	0	0.86	0.82		1.17
	Medianamente	0	0.94	0.89		1.27
	Compacto	1	1	0.95		1.36
	Muy compacto	1	1.05	1		1.43
	Muy blanda	0	0.74	0.7		1.08
	Blanda	0	0.82	0.78		1.20
	Media	0	0.9	0.85		1.30
	Firme	1	0.96	0.91		1.40
	Muy firme	1	1.02	0.97		1.49
	Dura	1	1.08	1.02		1.57

Rocas

Muy intemperiz adas	Rocas con alteración física y química muy avanzada, poco cementadas, con grietas apreciables rellenas de suelo, se disgregan fácilmente, podrán atacarse con tractor y se obtendrán fragmentos chicos, gravas, arenas y arcillas.	1.00	1.10
Mediana mente intemperiz adas	Rocas con alteración física y química medianamente avanzadas, medianamente cementadas, fracturadas. Para atacarlas se requerirá el empleo de arado y de explosivos de bajo poder y se obtendrán fragmentos chicos y medianos, gravas y arenas.	1.07	1.25

Poco intemperiz adas	Rocas con poca alteración física o química, bien cementadas, poco fracturadas. Para atacarlas se requerirá el empleo de explosivos de alto poder y se obtendrán fragmentos medianos, chicos, grandes y gravas.	1.15	1.50
Sanas	Rocas sin alteración física o química, poco o nada fisuradas, bien cementadas, densas. Para atacarlas se requerirá el	1.25	1.75

2.16.2 DIAGRAMA DE CURVA MASA.

Tomando como ejemplo la figura 3.1, que está representado el diagrama de masas *ABCDEFG* correspondiente a los volúmenes de terracería por mover, al ubicar la subrasante *aceg* en el perfil *abcdefg* del terreno, se definirán las principales propiedades del diagrama.

Las principales propiedades del diagrama de masas son las siguientes:

1. El diagrama es ascendente cuando predominan los volúmenes de corte sobre los de terraplén y descendente cuando ocurre lo contrario. En la figura 3.1, se tiene que las líneas *ABC* y *EFG* son ascendentes por derivarse de los volúmenes de los cortes *abc* y *efg*, en tanto que la línea *CDE* es descendente por referirse al terraplén *cde*

Cuando después de un tramo ascendente en el que predominan los volúmenes de corte, se llega a un punto del diagrama en el cual empiezan a preponderar los volúmenes de terraplén, se dice q se forma un máximo; caso contrario, cuando después de un tramo descendente en el cual han sido mayores los volúmenes de terraplén se llega a un punto en que comienzan a prevalecer los volúmenes de corte, se dice que se forma un mínimo.

Los puntos *A* y *E* del diagrama son mínimos y corresponden a los puntos *a* y *e* del terreno que son los extremos de tramos en terraplén, en tanto que los puntos *C* y *G* del diagrama son máximos y corresponden a los extremos de los cortes *abc* y *efg*.

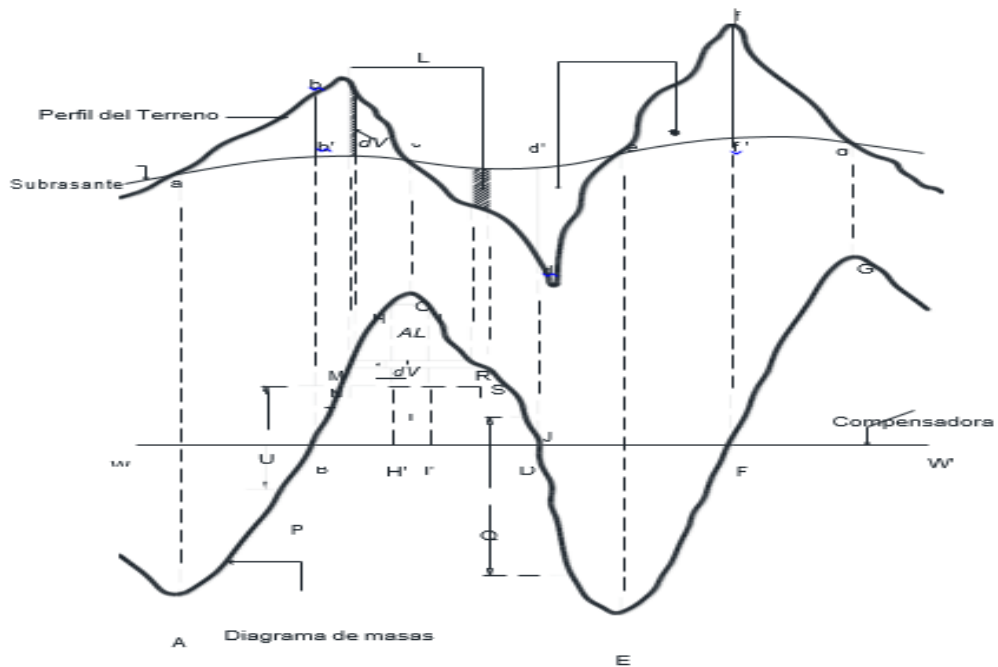


Figura 2. 12 Diagrama Curva - Masa

La diferencia entre las ordenadas de la curva masa, en dos puntos cualesquiera P y T , expresa un volumen U que es igual a la suma algebraica de todos los volúmenes de corte, positivos, con todos los volúmenes de terraplén, negativos, comprendidos en el tramo limitado por esos dos puntos. En el diagrama citado, la diferencia de ordenadas entre P y T es U ; por quedar T arriba de P , expresa que en el tramo hay un excedente U del volumen de corte sobre el del terraplén; si los dos puntos son como el J y el K y este queda debajo de aquel, la diferencia de ordenadas Q indica el volumen de terraplén en exceso del corte en ese tramo.

2. Si en un diagrama de masas se dibuja una línea horizontal en tal forma que lo corte en dos puntos consecutivos, estos tendrán la misma ordenada y por consecuencia, en el tramo comprendido entre ellos serán iguales los volúmenes de corte y los volúmenes de terraplén, o sea que estos dos puntos son los extremos de un tramo compensado.

Esta línea horizontal se llama compensadora. La distancia entre los dos puntos se llama abertura del diagrama y es la distancia máxima de acarreo al llevar el material del corte al terraplén.

En la figura 5.1, la horizontal BD es una compensadora, pues la línea BC representa los volúmenes del corte bcb' que son iguales a los volúmenes del terraplén $cd d'$ representados por la línea CD del diagrama. La abertura BD es

la distancia máxima de acarreo al transportar el volumen del corte $b'bc$ al terraplén cdd' .

3. Cuando en un tramo compensado el contorno que origina el diagrama de masas y la línea compensadora WW' queda arriba de esta, el sentido del acarreo es hacia adelante; caso contrario, cuando el contorno cerrado queda debajo de la compensadora, el sentido del movimiento es hacia atrás.

Así, en el diagrama, el contorno cerrado $BCDB$ indica un movimiento hacia adelante por estar arriba de la compensadora WW' , pues el volumen BC del contorno cerrado $DEFD$ que está debajo de la compensadora WW' indica que el volumen EF del corte eff' será llevado al terraplén ded' mediante un acarreo cuyo sentido es hacia atrás.

4. Las áreas de los contornos cerrados comprendidos entre el diagrama y la compensadora, representan los acarreos. Si en el corte bcb' se toma un volumen elemental dV , que está representado en el diagrama de masas por el segmento MN , que será transportado a una distancia L , para ser colocado en el segmento RS del terraplén, el acarreo elemental será $dV \times L$ que es precisamente el área del trapecio elemental $MNSR$; por lo tanto, la suma de todas las áreas de los trapecios elementales, representativos de acarreos elementales, será el área de contorno cerrado $BCDB$, que representara el monto del acarreo total. Así pues, si se tiene un contorno cerrado formado por el diagrama de masas y por una compensadora, bastara con determinar el área

de él, para que, considerando las escalas respectivas, se encuentre el valor del acarreo total.

2.16.3 ACARREOS

A continuación se determinaran los acarreos con base en el diagrama de masas.

Acarreo libre. Es la distancia máxima a la que puede ser transportado un material, estando el precio de esta operación incluido en el de la excavación. Por lo tanto, para no encarecer el precio de la excavación, el acarreo libre debe ser a la mínima distancia requerida por el equipo que lleva a cabo la extracción, carga y descarga del material.

Por convención, la SCT ha adoptado una distancia de acarreo libre de 20 m; esta se representa por medio de una horizontal en la zona inmediata a los máximos o mínimos del diagrama de masas.

En el diagrama de masas de la figura siguiente, son conocidas las ordenadas correspondientes a las estaciones 1, 3, 4 y 6, y por supuesto el acarreo libre AL , que estará dividido en los tramos a , b y c .

Se ha mencionado, dentro de las propiedades de la curva masa, que la diferencia de ordenadas entre dos puntos cualesquiera expresa un volumen, representados en la figura por las letras Q y U para terraplén y corete respectivamente.

La pendiente en la línea correspondiente al terraplén es:

$$P_t = \frac{Q}{\text{distancia entre estaciones 1 y 3}}$$

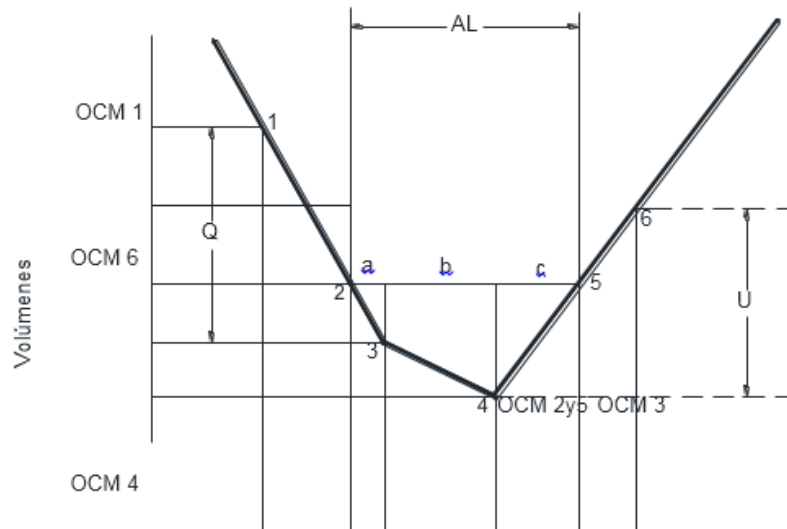


Figura 2. 13 Pendinte de terraplén

Y la pendiente de la línea correspondiente al corte es:

$$P_c = \frac{U}{\text{distancia entre estaciones 4 y 6}}$$

Por otro lado, se tiene que la ordenada en el punto 2 es igual a la del punto 5 y por tanto, en el tramo comprendido entre ellos serán iguales los volúmenes de corte y los volúmenes de terraplén.

Entonces:

$$OCM_2 = OCM_5$$

Como:

$$OCM_2 = OCM_3 - aP_t$$

$$OCM_5 = OCM_4 - cP_c$$

Se tiene que:

$$OCM_3 - aP_t = OCM_4 + P_c$$

En esta ecuación son conocidos todos los valores menos la longitud de los segmentos a y c .

Pero como $AL = a + b + c$; $c = AL - (a + b)$, en donde b es conocido, por ser la distancia entre las estaciones 3 y 4.

Sustituyendo el valor de c , se tiene:

$$OCM_3 - aP_t = OCM_4 + [AL - (a + b)]P_c$$

$$OCM_3 - OCM_4 - P_c(AL - b) = a(P_t - P_c)$$

$$\frac{OCM_3 - OCM_4 - P_c(AL - b)}{P_t - P_c} = a$$

Por lo tanto, las estaciones que limitan el acarreo libre serán:

$$Est. 2 = Est. 3 - a$$

$$Est. 5 = Est. 4 + c$$

Distancia media de sobreacarreo. Para poder hacer la cuantificación de los movimientos de tierras, es necesario precisar la distancia de sobreacarreo y la cantidad del volumen que hay que transportar más allá del límite establecido por el acarreo libre.

Tomando como referencia la figura 5.3, se tiene, que la distancia de acarreo libre es la horizontal que corta a la curva en los puntos *A* y *C*, de modo que $AC = 20$ m. El material por encima de la recta *AC* es el que se transportara sin costo adicional. El volumen de este material viene dado por la diferencia de ordenadas entre la recta *AC* y el punto *B* y es una medida del volumen de corte entre *a* y *b*, que forma el terraplén entre *b* y *c*.

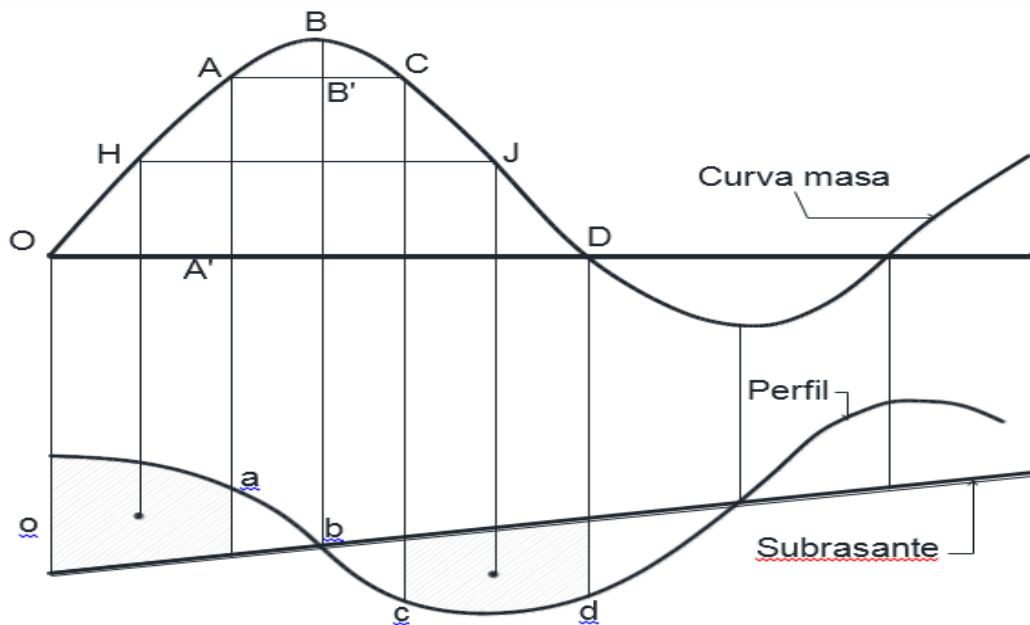


Figura 2. 14 Distancia Media de sobreacarreo

Considerando ahora el volumen sobre la línea compensadora OD . El estudio de la curva masa y del perfil correspondiente, muestra que el corte de o a b formara el terraplén de b a d . como el material que queda por encima de la compensadora AC está incluido en el límite de acarreo libre, la otra parte entre las líneas OD y AC que se mide por la ordenada $A'A$ está sujeta a un transporte adicional o sobreacarreo. Esto es, el volumen comprendido entre o y a debe ser sobreacarreado para formar el terraplén entre c y d .

La distancia media de sobreacarreo entre el corte o - a , y el terraplén a formar entre c y d , es la distancia entre los centros de gravedad del corte o - a y del terraplén c - d . Si por los centros de gravedad del corte y del terraplén se lleva una vertical, esta cortara a la curva masa en los puntos H y J .

En consecuencia, la distancia media de sobreacarreo está dada por la longitud de la recta HJ , menos la distancia de acarreo libre AC .

La distancia media de sobreacarreo se obtiene con base en la propiedad de la curva masa que dice que las áreas de los contornos cerrados comprendidos entre el diagrama y la compensadora, representan el monto de los acarreos, es decir, un volumen por una distancia. Si el área de estas figuras se divide entre la ordenada de las mismas, que representa un volumen, se obtendrá como resultado una distancia, que restándole el acarreo libre, dará la distancia media de sobreacarreo.

Así, por ejemplo, el área de contorno cerrado $OACDO$ dividida entre la ordenada $A'A$ dará como resultado la distancia HJ , a la cual habrá que restarle la distancia de acarreo libre AC para obtener la distancia media de sobreacarreo.

CAPITULO III: MODULO DE CARRETERAS DE SOFTWARE
CARLSON

3.1 GENERALIDADES

Carlson 2013 es el software de aplicación para el desarrollo de terracería, ingeniería civil, topografía, construcción, GIS y de ingeniería de minas que se ejecuta con AutoCAD e IntelliCAD. El motor de CAD sirve como el motor gráfico y editor de dibujo para Carlson.

3.1.1 INSTALACION EN PLATAFORMA CAD

Inserte el CD y el programa se inicializará automáticamente. Si el programa de instalación no se inicia automáticamente, haga clic en Inicio, seleccione Ejecutar, escriba D: \ Launch.exe y haga clic en Aceptar figura 3.1

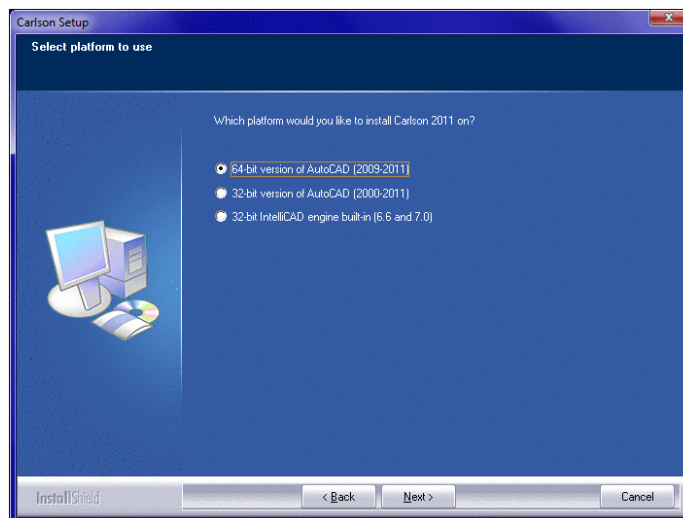


Figura 3. 1 Asistente de instalación versión de Windows

Seleccione el tipo de velocidad de bits de su Windows de acuerdo a la versión instalada en su ordenador y damos clic en siguiente.

Especificamos el lugar donde queremos instalar el software y especificamos que queremos hacer una instalación completa Figura 3.2

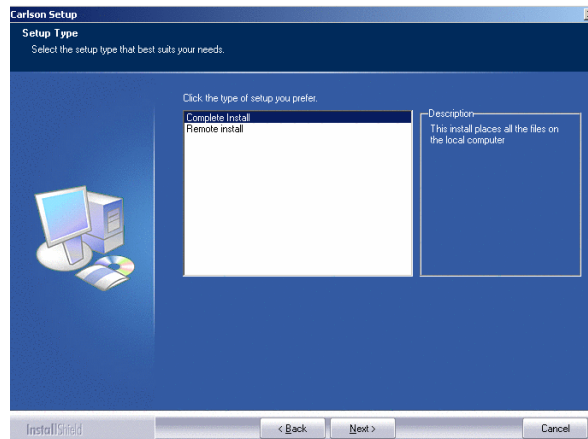


Figura 3. 2 Asistente de Instalacion configuración Carlson

Revisamos los parámetros de la instalación, y si están correctos damos clic en siguiente (Figura 3.3)

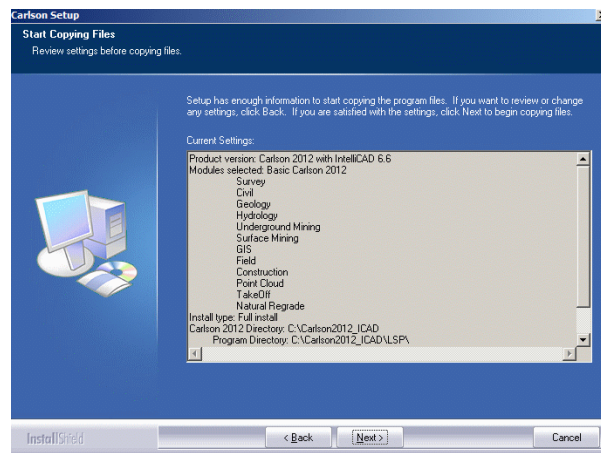


Figura 3. 3 Asistente de Instalacion Inicio de copiado de archivos

El programa instalará todos los componentes del software en la plataforma de AutoCAD y al final será necesario ingresar la licencia de Carlson Figura 3.4

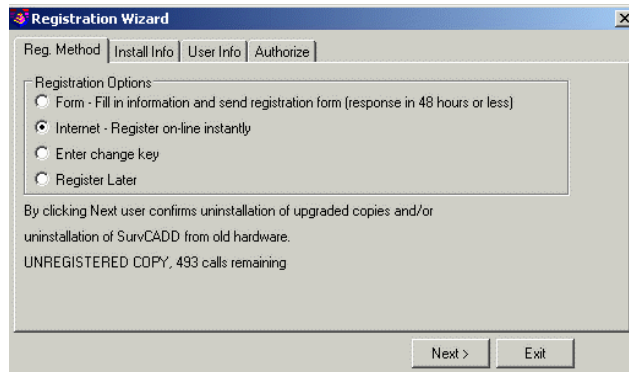


Figura 3. 4 Registro de Software

3.1.2 CONFIGURACION DEL PROYECTO

CONFIGURACION:

Este comando le permite configurar los valores predeterminados que se utilizan cada vez que se inicia un nuevo dibujo, o cargar un dibujo existente. Estos ajustes se almacenan en archivos llamados Carlson.INI, COGO.INI, SCTPRO.INI, DTM.INI, HYDRO.INI y MINE.INI en el directorio USER Carlson. Configure restaurará la configuración de dibujo actuales a estos valores predeterminados. Estos ajustes globales se pueden guardar y cargar en un equipo nuevo, o para una nueva instalación de Carlson (Figura 3.5)

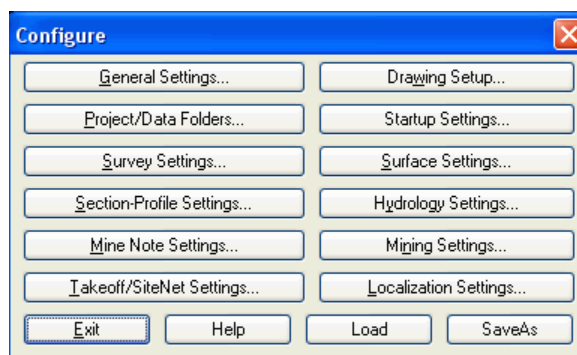


Figura 3. 5 Cuadro de Configuracion

Dando clic en la pestaña “drawing Setup” se nos abre la siguiente ventana de la figura 3.6 y revisamos los parámetros para adecuarlo a nuestro sistema métrico, digitamos los valores que ahí aparecen y damos clic en OK.

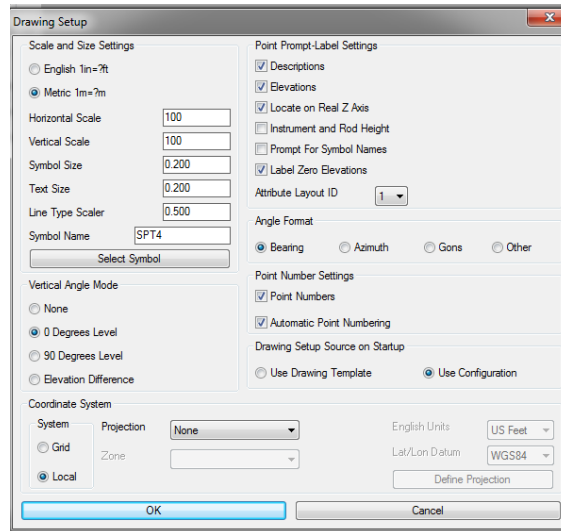


Figura 3. 6 Drawing Setup

En la barra de comando escribimos “Units” y nos aparece el siguiente recuadro figura 3.7 para configurar las unidades:

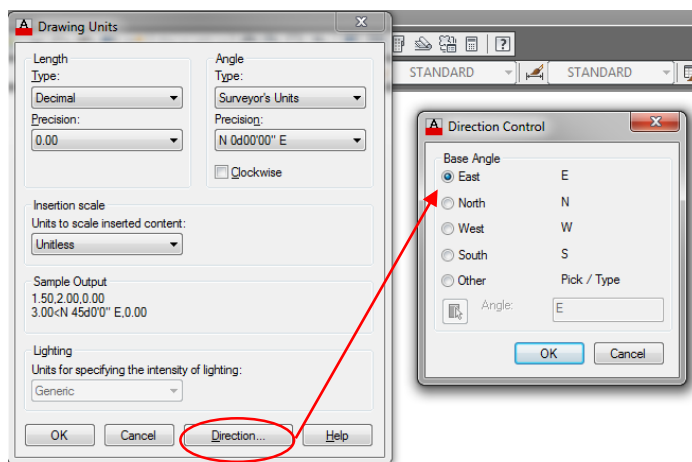


Figura 3. 7 Units

3.2 DATOS 3D

3.2.1 ELEVACIONES DE 2D A 3D

Elevacion de 2d a 3d por puntos

Este comando convierte una polilínea 2D en una polilínea 3D mediante el uso de las elevaciones de puntos. En cada vértice de las polilíneas, el programa busca un punto con elevación en la misma ubicación x, y. Los puntos pueden ser bloques de puntos Carlson o entidades POINT. Esta rutina puede ser útil si se crea la línea de trabajo en 2D en la cota cero con comandos como Diseño Polilínea y puntos con elevación que se encuentran a lo largo de la línea de trabajo. Entonces la línea de trabajo se puede convertir en polilíneas 3D con este comando. Por ejemplo, puede ser necesario crear una polilínea en 2D para realizar el estacionamiento porque AutoCAD no permite arcos en polilíneas 3D y con ello transformar la polilínea a una línea central con arcos.

A través del menú usamos: 3D Data > 2D to 3D Polyline

en la barra de comando digitamos: 2dto3dpt

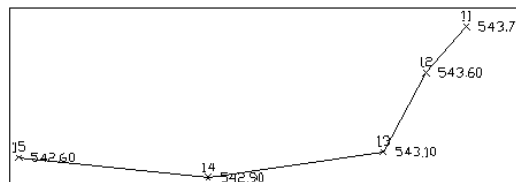


Figura 3. 8 Elevacion a partir de puntos

De 2d a 3d a través de una superficie

Este comando convierte una polilínea 2D en una polilínea 3D mediante el cálculo de los vértices de polilínea 3D en absoluto con la intersección de la polilínea 2D, con la definición de superficie que figura en la cuadrícula seleccionada (.grd) o triangulación (.flt, .tin) de un archivo superficie. El comando luego interpola las elevaciones de estas intersecciones en las ubicaciones de los vértices originales. La finalidad de este comando es "cubrir" las funciones lineales a lo largo de una superficie, como una línea central 2D. Por ejemplo, una línea central 2D puede ser creado en el dibujo y luego elevada a la superficie del objetivo, proporcionando así un "perfil" rápido de la línea central que puede ser compensado por los bordes izquierdo y derecho, la construcción de un modelo tridimensional 3 de la alineación corredor .

A traves del menú usamos: 3D Data > 2D to 3D Polyline

en la barra de comando digitamos: 2dto3dpf

3.2.2 EDITAR / ASIGNAR ELEVACIONES A POLILÍNEAS

Este comando se puede utilizar para asignar rápidamente y con precisión la elevación a una serie de polilíneas que se hayan convertido de la trama o digitalizada sin elevaciones correctas. La rutina asignará automáticamente elevaciones a las polilíneas que se seleccionen figura 3.9.

Al mismo tiempo que las elevaciones se cambian, el programa puede asignarle una nueva capa, color, tipo de línea y ancho de polilínea. Este proceso generalmente funciona mejor si los contornos están en (blanco) que es una capa

temporal para comenzar. Cuando se procesan, tomarán en el color de las nuevas capas por lo que es fácil distinguir que polilíneas han sido procesados.

La secuencia del comando es:

En la barra de menú: 3D Data > Assign Contour Elevations

En la barra de comando: grpcelev

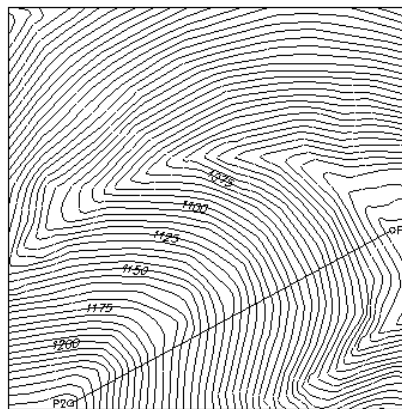
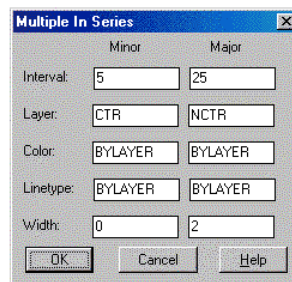


Figura 3. 9 Elevacion a multiples polilíneas

3.2.3 CREAR LINEAS 3D DESDE CURVAS DE NIVEL

Este comando asigna las elevaciones de los puntos seleccionados, líneas y polilíneas a las elevaciones definidas por la red especificada (.GRD) o triangulación de los archivos con extensión .flt, .TIN.

Para las líneas y polilíneas, se añaden nuevos vértices para modelar la superficie. Las Polilíneas 3D no pueden tener arcos, por lo que cualquier arco en las polilíneas 2D originales se convierten en una serie de acordes. Este comando es útil para objetos tipo vías de carreteras sobre una superficie y para actualizarse fácilmente si se mueven a una ubicación diferente en la superficie después de ejecutar el comando de nuevo.

La secuencia para ejecutar el comando es la siguiente:

En el menú principal: 3D Data

en la barra de comando: convert3d

3.2.4 HERRAMIENTAS PARA DIBUJAR POLILÍNEAS EN 3D

Una polilínea 3D es una versión especializada de una línea poligonal que puede tener diferente elevación en cada vértice.

El comando Polilínea 3D está disponible en el menú desplegable a cargar, de la barra de herramientas Dibujo o en el Comando: 3DP.

El cuadro de diálogo Opciones 3D Polilínea aparecerá Figura 3.10

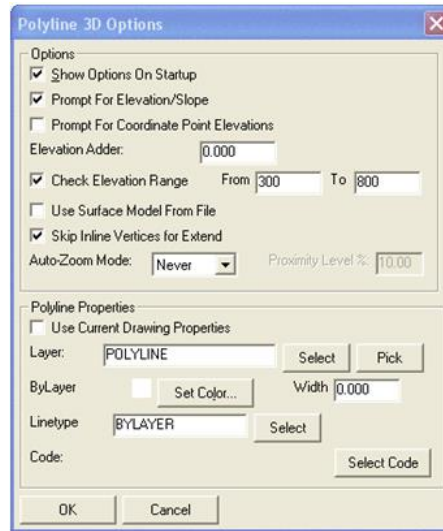


Figura 3. 10 Opciones de polilínea 3D

Show Options On Startup: Cuando se activa esta opción, el cuadro de diálogo Opciones de Polilínea 3D se mostrará automáticamente al iniciar el comando Polilínea 3D. Si está desactivado, el comando se ejecuta estrictamente en la barra de comando

Prompt For Elevation/Slope Cuando se activa esta opción, la elevación para cada vértice nuevo se mostrará como una sugerencia, que le da la oportunidad de reescribir el valor a una nueva elevación. Cuando está desactivada, la elevación que se asignará a cada nuevo vértice se muestra pero no se les da la oportunidad de asignar una elevación diferente.

Prompt for Coordinate Point Elevations: Ésta opción sólo se aplica si se especifica un número de punto de un archivo asociado de coordenadas (.CRD) para establecer los valores de los ejes X, Y, Z para un nuevo vértice Polilínea 3D. Cuando se activa esta opción, la elevación de cada nuevo vértice se mostrará

como un símbolo, el cual dará la oportunidad de que se sobrepase el valor escribiendo en una nueva elevación. Cuando está desactivada, la elevación que se asignará a cada nuevo vértice, esta se muestra pero no da la oportunidad de asignar una elevación diferente.

Elevation Adder: Utilice esta opción para agregar un valor de elevación constante para todos los valores de elevación por defecto.

Check Elevation Range: La activación de esta opción le permite monitorear elevaciones asignados a los vértices de polilínea 3D y emite una advertencia (con opciones para corregir) sí la elevación cae fuera del rango especificado. Sí la elevación propuesta de un vértice Polilínea 3D cae fuera del rango especificado, la advertencia se muestra en el cuadro de diálogo Rango de Elevación.

La Advertencia: cuadro de diálogo, Rango de elevación le permite asignar un nuevo valor de elevación, ajustar el rango aceptable de elevaciones o desactivar la supervisión de las elevaciones (figura 3.11)



Figura 3. 11 cuadro de advertencia rango de elevaciones

Use Surface Model From File: Al seleccionar esta opción le permite utilizar un modelo de superficie archivo (.TIN, .GRD, .flt) para determinar la elevación de cada nuevo vértice Polilínea 3D.

Skip Inline Vertices for Extend: Este ajuste se aplica a la opción "Extender" con la opción Distancia Total submenú. Si se activa, un vértice existente se disolverá cuando se alargue un segmento de polilínea 3D.

Auto-Zoom Mode: Esta configuración ofrece 3 opciones de Auto-Zoom las cuales son: nunca, proximidad o Siempre. El ajuste "Nunca" requiere hacer zoom o Pan manualmente para mantener el vértice polilínea actual centrada en la pantalla de dibujo. El ajuste "de proximidad" se activará el ajuste "Nivel de proximidad" y volver a centrar automáticamente la vista sólo si el vértice polilínea actual está dentro de una cierta distancia de los límites del área de dibujo. Sí se añade la opción "siempre" automáticamente se volverá a centrar la vista después de cada nuevo vértice de polilínea.

En la sección "Propiedades polilínea" del cuadro de diálogo, tenemos varias alternativas para la especificación de la capa, color y tipo de línea de la polilínea para una nueva creación.

Use Current Drawing Properties: Seleccione esta opción si desea que la capa, color y tipo de línea de la polilínea creada recientemente coincida con los parámetros establecidos actualmente en el dibujo.

Layer: Utilice este ajuste para asignar manualmente la capa de la polilínea de nueva creación. Usted puede escribir el nuevo nombre de la capa, utilice el botón "Select" para elegir una capa existente de la lista de la capa del dibujo o utilice el botón "Pick" para seleccionar una entidad en el dibujo y la altura de su capa.

Set Color: Utilice este botón para especificar manualmente un color para la línea poligonal de la nueva creación.

Width: Especifique el ancho de la línea poligonal creada.

Linetype: Utilice el botón "Select" para especificar manualmente un tipo de línea de la polilínea creada.

Para abrir este cuadro de herramientas de dibujo de polilínea 3D usamos cualquiera de los dos métodos siguientes:

En la barra de menú: Draw

En la barra de comando: 3DP

3.3 PUNTOS

3.3.1 IMPORTAR PUNTOS

Este comando convierte los datos de puntos de un archivo de texto ASCII en el archivo actual Carlson coordenada (.CRD). Cada línea del archivo de texto puede contener cualquier combinación de número de punto, norte, este, elevación y la descripción.

Toda la información punto, debe estar en una línea con los valores separados por una coma, un espacio u otro delimitador. Bajo el formato de archivo de origen se puede elegir entre algunos formatos o definidos por el usuario específicamente. Para definido por el usuario, el formato del archivo de texto se especifica en el campo Orden de coordenadas donde las designaciones de valores se muestran con los delimitadores apropiados. Por ejemplo:

Para un archivo de texto con el Norte, Este, elevación y delimitado por coma:

5100.0,5150.5,485.1

5127.1,5190.3,487.3

El orden de las coordenadas sería:

Y, X, Z

Para un archivo de texto con números de punto, Este, Norte, elevación, descripción, delimitados por espacios:

1 5.000,0 5.000,0 490,3 TRAV

2 5.030,4 4.930,5 495,5 TRAV

El orden de las coordenadas sería:

P X Y Z D

Los formatos más comunes se pueden seleccionar de la lista de Formato Común.

Todas las líneas del archivo de texto deben contener los datos de puntos únicos y ninguna línea principal deberá ser removida.

Para leer el archivo de texto, elija el botón Import Text/ASCII File y seleccione el archivo para leer (Figura 3.12). A continuación, el archivo seleccionado se visualiza en la ventana de vista previa.

Las descripciones permiten sólo un juego de puntos con las descripciones que serán importados. Con el comando Point Protect activo, el programa verificará si un número de punto ya existe en el CRD antes de importar los demás puntos. Si se encuentra un punto de conflicto, puede asignar un nuevo número de punto o sobrescribir el punto en conflicto. La opción para agregar una nueva numeración de los puntos le permite volver a numerar los puntos a medida que se importan. La opción Grupo de Puntos, creará un grupo de puntos con el nombre especificado para el archivo de coordenadas que contiene los números de puntos importados con Text/ASCII File.

Múltiples archivos podran ser importados a la vez. Para ello, se debe cambiar la opción Enable Process Multiple Files. Después de seleccionar el botón Text/ASCII File, puede seleccionar varios archivos mediante el uso de las teclas Shift o Ctrl mientras ingrese los archivos.

También puede ejecutar Seleccionar Text/ASCII File varias veces lo que permite la selección de los archivos que se encuentran en diferentes lugares.

Los archivos de importación se enumeran en la ventana superior de la pantalla de desplazamiento, los datos de los puntos de todos los archivos de importación pueden ser almacenados en el fichero CRD actual o en archivos separados para

cada archivo de importación. La opción de archivo separado nombra a los archivos CRD resultantes con el mismo nombre que el archivo de importación utilizando una extensión de archivo .CRD. Por ejemplo, el archivo de importación job125.txt crearía job125.crd. El archivo CRD se creará en la misma ubicación que la del archivo de texto seleccionado para importar (Figura 3.12)

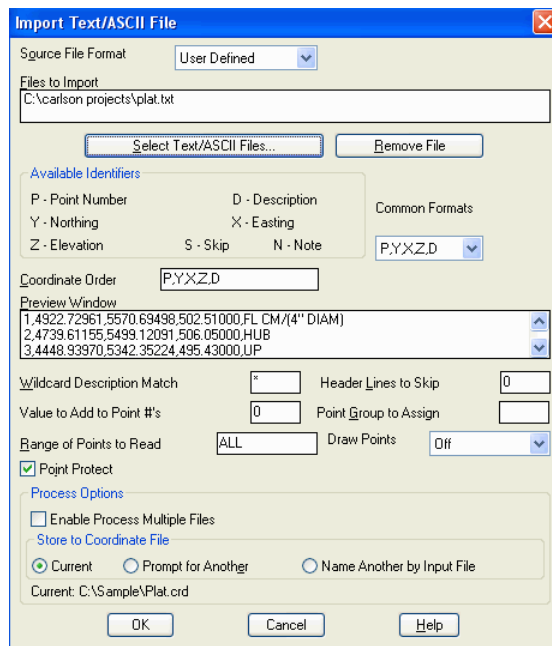


Figura 3. 12 cuadro de importación de texto

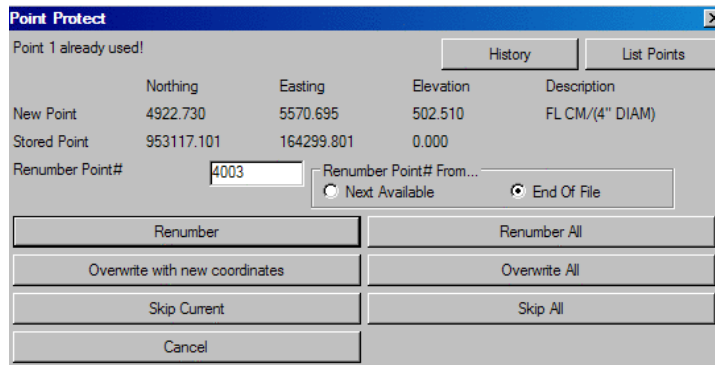


Figura 3. 13 proteccion de puntos

La secuencia para ingresar puntos es la siguiente:

En el menú desplegable: Points

en la barra de comandos: readpt

3.3.2 DIBUJAR PUNTOS

El cuadro de diálogo Draw-Locate Point (Figura 3.14) permite insertar puntos nuevos o existentes en el dibujo. Puede crear nuevos puntos, ya sea seleccionando puntos en la pantalla, o introduciendo las coordenadas norte y este. También puede colocar puntos existentes mediante la introducción de números de punto que hacen referencia al archivo de coordenadas actual. Se le pedirá que elija un archivo de coordenadas si no hay archivo de coordenadas es actual.

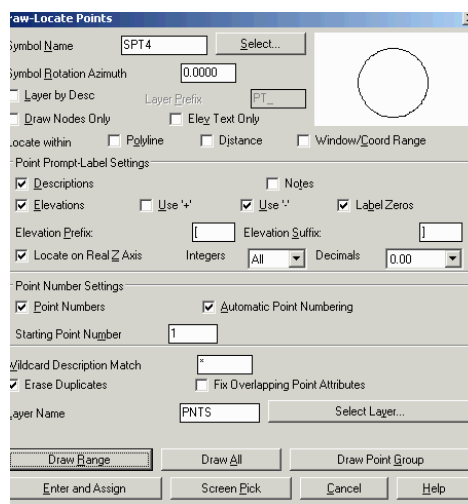


Figura 3. 14 Dibujar/Ubicar puntos

El nombre del archivo de símbolos se muestra en Symbol Nam. Usted puede elegir un símbolo diferente haciendo clic en Seleccionar. El símbolo del punto seleccionado se mostrará a la derecha.

3.3.3 GRUPOS DE PUNTOS

Este comando se utiliza para crear grupos de puntos basados en filtros de inclusión y exclusión. El administrador puede realizar varias funciones en estos grupos de puntos. También grupos de puntos pueden ser referenciados por nombre del grupo en otros comandos como campo a fin y de recopilación de datos.

3.3.4 HERRAMIENTA DE PUNTOS

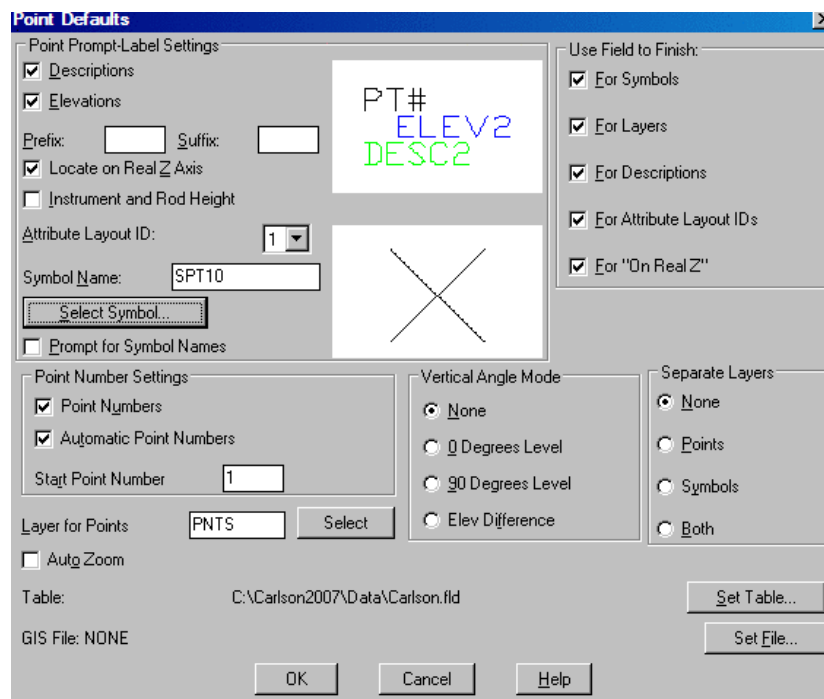


Figura 3. 15 Herramienta puntos

Descriptions: Especifique si se le pide una descripción del punto al crear puntos y si las descripciones de punto están etiquetadas en el bloque de punto.

Elevations: Especifique si se le pide un punto de elevaciones al crear puntos y si las elevaciones de puntos se marcan en el bloque de punto.

Locate on Real Z Axis: Cuando se activa, los puntos se encuentran en su elevación real, de lo contrario los puntos estarán ubicados en la elevación cero.

Attribute Layout ID: Controla la ubicación del número de punto, la elevación y la descripción. Estos diseños de atributos que se definen en los dibujos, se almacenan en el directorio Carlson SUP con el nombre del archivo de SRVPNO más el número de identificación (es decir SRVPNO1.DWG, SRVPNO2.DWG, etc.). Si desea cambiar las posiciones de atributo para un ID de distribución, a continuación, abrir y editar el dibujo SRVPNO asociado.

Symbol Name: Introduzca el nombre del símbolo predeterminado para usar. También puede elegir el botón seleccionar símbolo, para seleccionar un símbolo de la biblioteca de símbolos.

Prompt for Symbol Names: Cuando se activa, se le pedirá ingresar el símbolo para cada nombre en lugar de utilizar el símbolo predeterminado.

Point Numbers: Cuando este conmutador está desactivado, ningún número de puntos se creará y ningún punto se almacenará en el archivo de coordenadas (.CRD).

Automatic Point Numbers: Cuando este conmutador está apagado, los comandos que localizan los puntos solicitarán un número de punto. De lo contrario, los números de punto se numeran secuencialmente. Si el campo de inicio, número de puntos se establece en 0, no se trazará ningún punto. Una excepción a esto es cuando se utiliza el comando Draw-Locate Points y se utiliza la opción de ingresar un rango, a continuación, una entidad punto se traza.

Start Point Number: Especifique el siguiente número de punto a utilizar.

Vertical Angle Mode: Especifique cómo Carlson debería pedirle ángulos verticales. Se aplica a la creación de puntos con comandos como Traverse. El ángulo vertical se usa para calcular la elevación del punto.

Separate Layers: Especifique los parámetros capas de atributos del punto.

None: El símbolo del punto, número de punto, la elevación y la descripción utilizan los nombres de las capas PNTMARK, PNTNO, PNTELEV y PNTDESC.

Points: Las capas de los números de punto, elevación y la descripción se componen mediante la concatenación de la capa de puntos y la cadena NO, ELEV, y DESC respectivamente. Por ejemplo, si la capa de punto es UTIL a continuación, las capas atributo será UTILNO, UTILELEV y UTILDESC.

Symbols: La capa de símbolo de punto se compone concatenando la capa de puntos y la marca de la cadena. Por ejemplo, si la capa del punto es UTIL, a continuación, la capa de símbolo será UTILMARK.

Both: Las capas de punto de símbolos, números de punto, elevación y la descripción se componen mediante la concatenación de la capa de puntos y la cadena MARCA, NO, ELEV, y DESC respectivamente. Por ejemplo, si la capa de punto es UTIL, las capas de symbol/attribute será UTILMARK, UTILNO, UTILELEV y UTILDESC.

Layer for Points: Especifique el nombre de la capa de puntos Carlson.

Auto Zoom: Cuando se activa, el dibujo llevará a cabo un Zoom-Center en torno a nuevos puntos para evitar que la pantalla quede centrada en el área de trabajo actual. Esto sólo se aplica durante comandos como Traverse. Este ajuste también está disponible en la configuración general donde se llama Zoom automático en el centro de nuevos puntos.

Use Field to Finish For: Permite utilizar las definiciones de los códigos de campo terminada para los menus Point Symbols, Layers, Descriptions, Attribute Layout ID, de diseño y si se debe localizar el punto de la elevación "Z Real" se debe separar el atributo capas al crear nuevos puntos. Por ejemplo, al crear un punto con la descripción "EP", Carlson consideraría "EP" en el campo para de la tabla de datos y utilizará las definiciones de los códigos de campo para establecer el punto en lugar de las definiciones de los valores predeterminados.

GIS File: Esta opción le permite especificar un archivo SIG para usarse cuando se crean nuevos puntos. El archivo SIG contiene una lista de campos para que los solicite rápidamente. Por cada punto que se crea, el programa le pedirá los

valores para estos campos y almacenará los resultados en el archivo de la nota (.not) asociado con el archivo CRD actual.

Para activar esta herramienta de puntos se usa la secuencia siguiente:

En el menú desplegable: Points

En la barra de comando: ptsetup

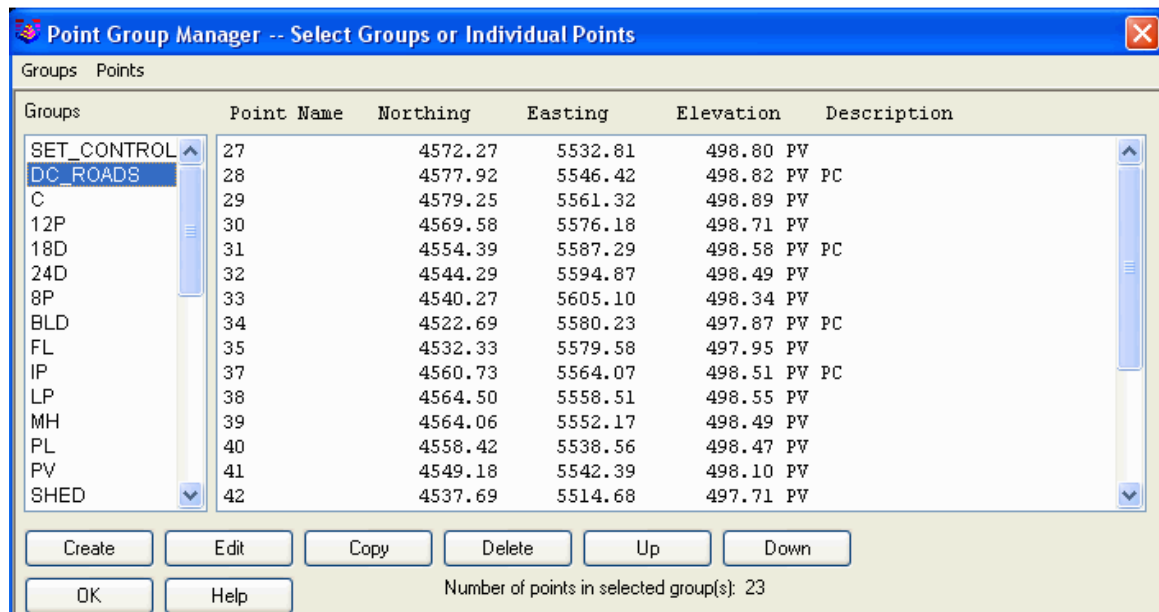


Figura 3. 16 Administrador de grupo de puntos

Damos clic en Create, esta rutina crea grupos de puntos. Cuando se selecciona, se muestra el cuadro de diálogo New group Point Figura 3.17.

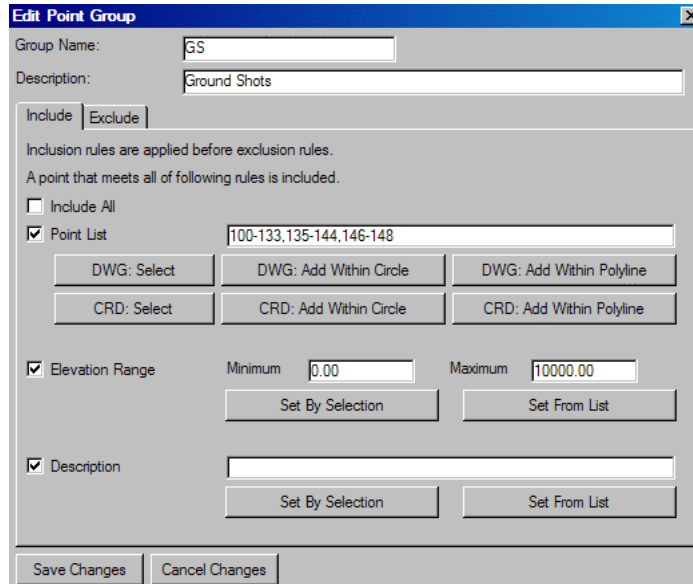


Figura 3. 17 Editar Grupo de puntos

CDR: Select permite la selección manual de los puntos a incluir a partir de una lista de puntos. Herramientas de selección de ventana estándar están disponibles para la selección de los puntos a incluir. (Figura 3.18)

Name	North	East	Elevation	Description
1	4806.66	5980.63	0.00	
2	4950.61	4695.72	102.05	XCUT
3	4785.03	4716.23	96.96	XCUT
4	4852.58	5278.93	109.71	MNSET
5	5154.12	5237.54	106.49	MN-SET
6	5124.84	4999.58	104.90	MN-6
7	5287.14	5049.95	0.00	
8	5297.01	5098.97	0.00	
9	5306.88	5147.98	0.00	
10	5316.75	5197.00	0.00	
11	5326.61	5246.02	0.00	
12	5336.48	5295.03	0.00	
13	5346.35	5344.05	0.00	
14	5356.22	5393.07	0.00	
15	5366.09	5442.08	0.00	

Figura 3. 18 puntos a partir de archivos

En el menú desplegable: Points

En la barra de comando: pgm

3.4 SUPERFICIE

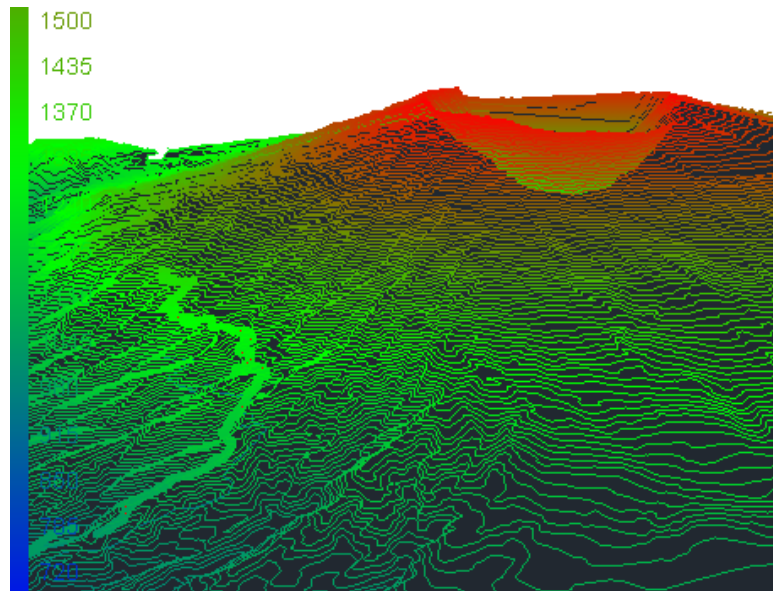


Figura 3. 19 Superficie 3D

Este término se refiere al corazón del diseño de casi todos los proyectos que involucran trabajos de la tierra y se les suele llamar por varios nombres y uno de los más comunes es el de "TIN" o Triangulación de Red Irregular; Otro nombre común es "DTM" o Modelo Digital del Terreno. Desde representaciones precisas de un modelo de superficie hasta otras de menor categoría son significativamente importantes para la mayoría de los proyectos de desarrollo de la tierra, además una superficie nos brinda un control total de la Triangulación y contornos de la misma lo cual es muy importante. Los modelos de superficie están generalmente constituidas por combinaciones de los siguientes tipos de datos generales:

- Puntos - La mayoría de los modelos de superficie se componen de puntos cuyas coordenadas (x, y, z) y contribuyen a la formación de planos triangulares que se

conectan por medio tres puntos que están en estrecha proximidad entre sí. Dentro de Carlson, la mayoría puntos vienen del campo comando Draw Field to Finish o del comando Draw-Locate Points.

- Breaklines - Las líneas de corte (o " Breaklines ") se utilizan para controlar la secuencia de conexión entre cuatro puntos lo que resulta en dos triángulos. Los usos más comunes de las líneas de corte incluyen barrancos, zanjas, muros de contención y otras áreas donde se produce la discontinuidad de distinto grado. Las líneas de corte deben estar en la forma de polilíneas 3D o líneas simples cuyos vértices o puntos finales posean una 'elevación' Z ' válida. Un problema común relacionado con las líneas de corte es cuando dos líneas de ruptura se cruzan entre sí en el espacio 3D. En estas situaciones, se produce un impase y se traducen en un informe de "cruce de línea de rotura ".

- Inclusion - Inclusiones (o " contornos ") se utilizan para identificar las entidades que se pueden utilizar para la triangulación y múltiples regiones de inclusión pueden ser seleccionados para un modelo de superficie dada. Las entidades que se encuentran fuera de un límite de inclusión y no están encerrados por un límite de inclusión diferente son ignoradas por el motor de la triangulación.

- Exclusions - Exclusiones (o " regiones vacias") son lo inverso de inclusiones y se utilizan para evitar que la triangulación se produzcan entre los puntos que están obligados por una región de Inclusión. Los usos más comunes de las regiones de exclusión incluir huellas de edificios y límites de agua independiente (por ejemplo, estanques). Las entidades que caen dentro de una exclusión región

son ignoradas por el motor de la triangulación. Regiones de exclusión deben estar en la forma de polilíneas cerradas 2D o 3D.

3.4.1 CREAR SUPERFICIE POR TRIANGULACIÓN O REJILLA RECTANGULAR

Los **MDT (Modelo Digital del Terreno)**, se conocen como Superficies y son los bloques de construcción básicos de AutoCAD Civil 3D. Se puede importar información de superficie desde archivos LandXML, TIN (red irregular triangular) y DEM (modelo de elevación digital), así como utilizar puntos, archivos de puntos, datos DEM, objetos de AutoCAD existentes, curvas de nivel, líneas de rotura y contornos para crear superficies.

SUPERFICIE DE REJILLA (GRID)

Una superficie de rejilla se compone de puntos que residen en una rejilla regular. Se puede crear una superficie de rejilla o importarla desde un archivo DEM.

Utilice las superficies de rejilla:

- Para trazar superficies más uniformes que cuentan con datos de muestreo distribuidos de forma regular.
- Para examinar áreas de estudio de gran tamaño (mapas a pequeña escala).

Por regla general, las superficies de rejilla se cargan más rápidamente y requieren menos espacio en disco que las superficies TIN.

SUPERFICIE TIN

Una superficie TIN se compone de los triángulos que forman una red irregular triangular.

Las líneas TIN forman los triángulos que constituyen la triangulación de la superficie. Para crear líneas TIN, AutoCAD Civil 3D conecta los puntos de la superficie que están más cerca unos de otros. La elevación de un punto de la superficie se define mediante la interpolación de las elevaciones de los vértices de los triángulos en los que se encuentra dicho punto.

Las superficies TIN resultan útiles sobre todo:

- Para trazar superficies muy variables que cuentan con datos de muestreo distribuidos de forma irregular para representar la influencia de líneas de escorrentía, carreteras y lagos.
- Para examinar áreas concretas (mapas a gran escala).

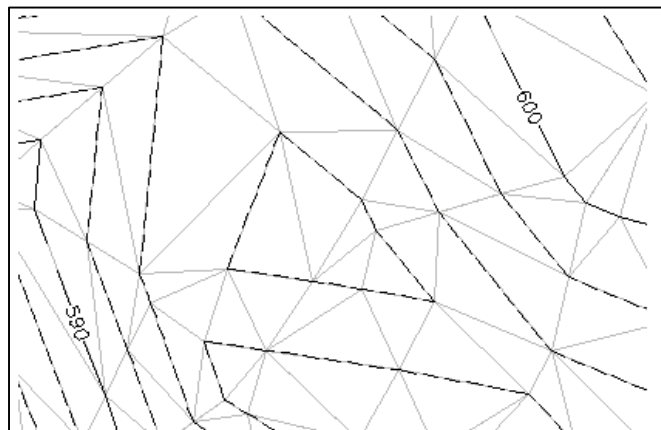


Figura 3. 20 Superficies TIN

3.4.2 CONTORNO A PARTIR DE ARCHIVOS DE SUPERFICIE

Los contornos son polilíneas cerradas que afectan a la visibilidad de los triángulos dentro o fuera de las polilíneas. Un contorno exterior define la extensión de la superficie. Todos los triángulos situados dentro del contorno son visibles y todos los triángulos situados fuera son invisibles.

Las áreas ocultas por los contornos no se tienen en cuenta a la hora de hacer cálculos como, por ejemplo, el área total y el volumen.

Los contornos de superficie se definen seleccionando los polígonos existentes en el dibujo. La definición de superficie muestra el ID numérico y una lista de los vértices de cada contorno.

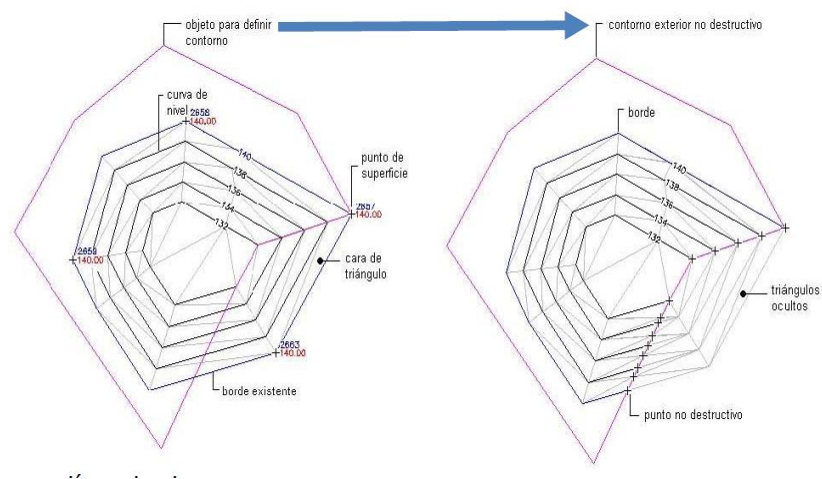


Figura 3. 21 ID numerico y vertices de contorno

3.4.3 HERRAMIENTAS DE TRIANGULACIÓN

- **Contornos.** Polígonos que definen los tipos de contornos de superficie exteriores, ocultos y mostrados.

- **Líneas de rotura.** Se incluyen líneas de rotura estándar, de proximidad, no destructivas y de muro. Se pueden definir líneas de rotura a partir de objetos del dibujo o importarlas desde un archivo.
- **Curvas de nivel.** Incluye datos de curvas de nivel que se pueden definir a partir de objetos de polilínea.
- **Archivos DEM.** Se incluyen archivos DEM de modelo de elevación digital de USGS (United States Geological Survey, Prospección geológica de EE.UU.). Para utilizar archivos SDTS, primero es necesario convertirlos en archivos DEM
- **Objetos de dibujo.** Se incluyen líneas, puntos, bloques, texto, vistas 3D y vistas múltiples.

Se utilizan para crear puntos de superficie a partir de entidades de AutoCAD.

- **Archivos de puntos.** Se incluyen archivos de puntos ASCII (American Standard Code of Information Interchange, Código normalizado estadounidense para el intercambio de la información).
- **Grupos de puntos.** Se incluyen grupos de puntos definidos previamente.

3.4.4 MENÚ DE ADMINISTRADOR DE SUPERFICIE



Figura 3. 22 Administrador de superficie

El cuadro de diálogo Administrador de superficie Fig. 3.22 contiene las siguientes opciones:

Set Current designa una superficie activa para su edición con diversas funciones de la herramienta de superficie, tales como la modificación de líneas TIN, establecer un nuevo intervalo de contorno, marcando curvas de nivel, etc.

Add le permite añadir una superficie mediante la selección de un archivo de modelo de superficie (.TIN o .flt).

Remove le permite eliminar una superficie de la lista de superficies almacenadas.

Rename le permite renombrar una superficie.

Copy crea una copia del archivo TIN y agrega la copia como una nueva entrada.

Edit le permite realizar varias modificaciones relacionadas con la superficie TIN actual. Usando la función Edit, activará una línea de comandos, en la que se le pedirá al usuario realice las siguientes opciones:

Añadir Point (AP) agrega un punto de triangulación a la red por elegir un punto de la pantalla. La selección debe ser dentro de un triángulo existente. La elevación del punto seleccionado se interpola desde la red TIN circundante. Este es un buen método para añadir triangulación adicional a la superficie en una zona de escasa información. Además, una nueva elevación puede ser especificada para el punto seleccionado. Esta función no guarda puntos Carlson, y el punto no se guardará en la Archivo .CRD.

Remove Point (RP) elimina una intersección triangulación existente de la red TIN. La triangulación afectada re-ajusta para compensar la intersección que falta. Contornos actualizan en consecuencia.

Move Point (MP) es una combinación de la eliminación de un punto y agregarlo a una nueva ubicación.

Add Breakline (AB) añade una línea de ruptura a la superficie recogiendo puntos inicial y final en la pantalla. Sólo puede ser creado una línea de rotura a la vez. La red TIN se puede reconfigurar para seguir la nueva línea de rotura y actualizar los contornos. Esto no crea polilíneas 3D en el dibujo.

Add Entities (AE) se suma una serie de puntos y líneas de ruptura en el conjunto de selección, la selección de las entidades existentes en la superficie actual.

Swap Edge edges (SW) intercambia bordes TIN comunes para crear dos triángulos diferentes del triángulo original de configuración. Las curvas de nivel se actualizan automáticamente para reflejar los cambios realizados en el TIN. Algunos bordes comunes pueden no ser intercambiados debido a la orientación de los dos triángulos.

Set Elevation (SP) Establece una nueva elevación de una intersección TIN especificado. El TIN afectada se ajusta y los contornos se actualizan.

Remove Tri (RT) elimina una línea de TIN de la superficie recogiendo una línea TIN o la selección de un punto interior. Los contornos se eliminan de la zona afectada.

Hide Tris (ST) encendido y apagado la red TIN.

3.4.5 INSPECCION DE SUPERFICIE

Después de definir la superficie, automáticamente se construye y se visualiza Fig.

3.4.5.1. Nota: dependiendo del estilo elegido para la superficie, ésta se puede mostrar o no. En el siguiente ejemplo se utilizó el estilo Contours & Triangles. (Cabe mencionar que este estilo también muestra el borde de la superficie)

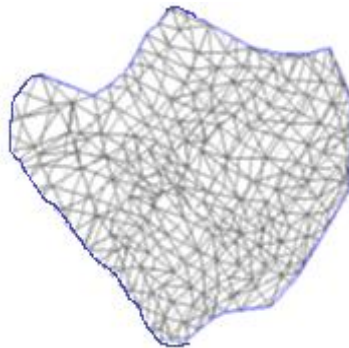


Figura 3. 23 Inspeccion de superficie

Otro ejemplo mostrando el estilo Contours 1m and 5m (Design) Fig. 3.24



Figura 3. 24 Estilo de contours

3.4.6 RECORRIDO DE SUPERFICIE EN 3D

La superficie o cualquier elemento del dibujo, se pueden visualizar mediante el 3d viewer de Windows, Fig. 3.25, con el menú contextual view.

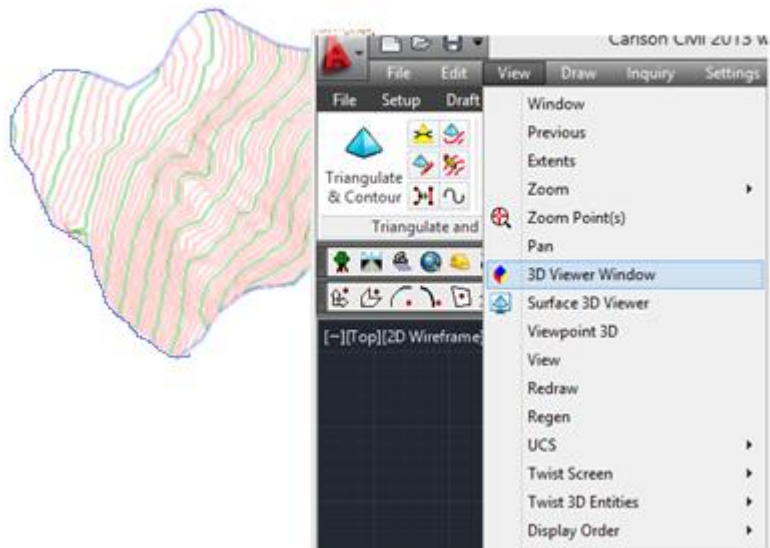


Figura 3. 25 Visualizador 3D de superficie

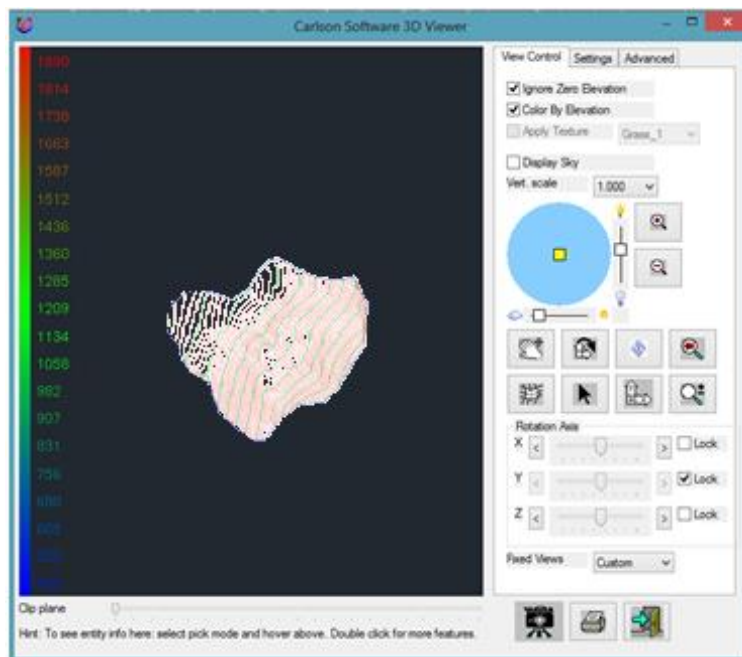


Figura 3. 26 ventana visualizador 3D

3.4.7 ANALISIS DE TALUDES

Permite modelizar los triángulos de superficie de forma diferente de acuerdo con el intervalo de talud en el que se encuentran.

Draw Contour Gradient Marks. Se utiliza para el análisis de orientación de talud. Permite colocar una flecha direccional de talud en cada triángulo Fig. 3.4.7.1. Este comando dibuja líneas perpendiculares a los contornos mostrando la dirección de la pendiente cuesta abajo. El programa utiliza este archivo de superficie para determinar la dirección de las líneas de gradiente. A continuación, el programa solicita dónde trazar las marcas de gradiente. Las opciones de polilínea dibujan marcas en cada intersección de la polilínea seleccionada con los contornos.

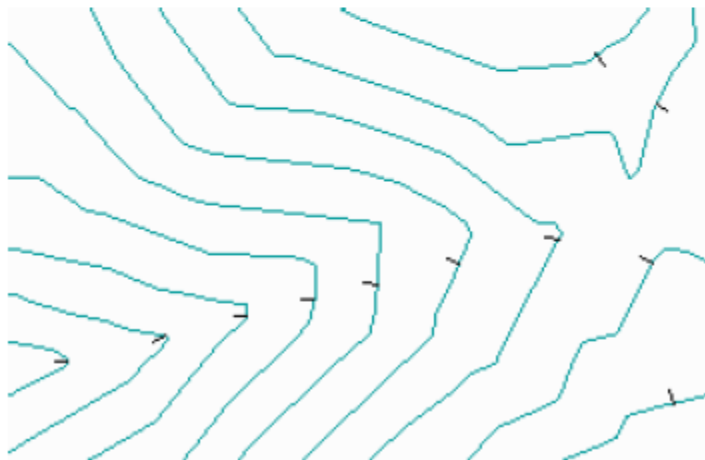
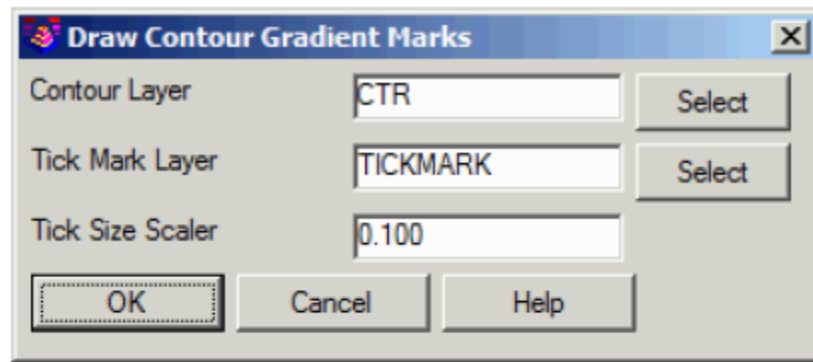


Figura 3. 27 Gradiente de contorno

3.5 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

Para el equilibrio del diseño vial y según fuere económicamente posible, todos los elementos geométricos deben diseñarse para proveer operación segura y continua a una velocidad probable de ser adoptada bajo las condiciones generales de ese camino.

En gran medida, esto se hace por medio de la velocidad de diseño como un control global. En el diseño de las curvas, es necesario establecer la relación adecuada entre la velocidad de diseño y la curvatura, y también sus relaciones conjuntas con el peralte y la fricción lateral. Aunque estas relaciones surjan de las leyes de la física, los valores reales para usar en el diseño dependen de límites prácticos y factores determinados más o menos empíricamente sobre el rango de variables comprendidas.

Un parámetro clave que representa la demanda de fricción para un vehículo que recorre una curva horizontal es el factor de fricción lateral, que puede estimarse según:

	Métrico
$R_{\min} =$	V^2
	$127(0.01e_{\max} + f_{\max})$
donde:	
$R_{\min} =$	radio mínimo (m)
$e_{\max} =$	peralte máximo (%)
$f_{\max} =$	fricción lateral máxima

Figura 3. 28 ecuacion de radio de curvatura

Métrico						
Velocidad diseño (km/h)	Factor fricción lateral máxima $f_{máx}$	Radio mínimo (m)				
		Máximo índice de peralte $e_{máx}$ (%)				
		4	6	8	10	12
20	0.180	15	15	10	10	10
30	0.170	35	30	30	25	25
40	0.170	60	55	50	45	45
50	0.160	100	90	80	75	70
60	0.150	150	135	125	115	105
70	0.140	215	195	175	160	150
80	0.140	280	250	230	210	195
90	0.130	375	335	305	275	255
100	0.120	490	435	395	360	330

Figura 3. 29 tabla de SIECA radio minimo vs velocidad de diseño

Los alineamientos puede representar ejes, carriles de una vía, o líneas base auxiliares. La creación y definición de un alineamiento horizontal es uno de los primeros pasos del diseño de carreteras, vialidades, ferrocarriles, túneles y canales. La geometría del alineamiento se puede definir a partir de una polilínea (Create from Polyline), o bien utilizar las herramientas de composición de alineamientos. También se pueden realizar ediciones en los alineamientos utilizando los grips, o los comandos de la barra de herramientas de composición.

3.5.1 DISEÑAR Y EDITAR ALINEAMIENTO HORIZONTAL

Para definir un alineamiento, ya sea a partir de una polilínea o mediante las herramientas de composición, es necesario definir un sitio, un nombre, un estilo de alineamiento y un estilo de etiquetamiento. Es indispensable configurar las unidades, esto se logra escribiendo el comando “setup” en la barra de comandos y presionando “ENTER”. La configuración de las unidades debe ser de acuerdo a la siguiente figura 3.5.1.1.

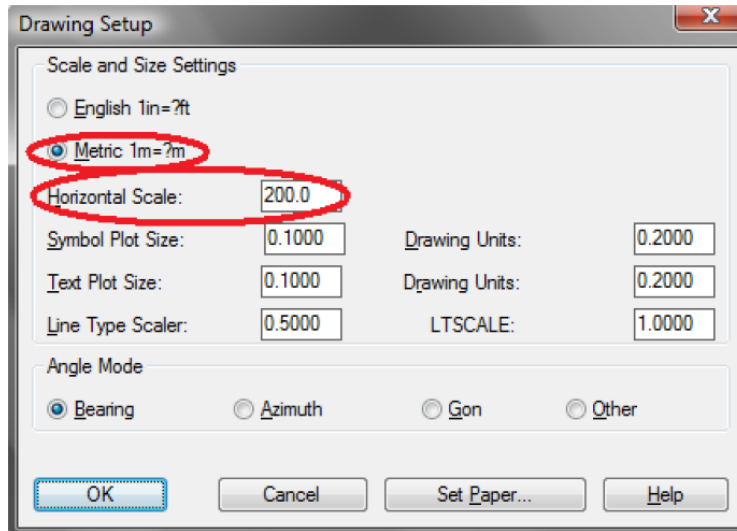


Figura 3. 30 unidades metricas

Luego Crear el layer de la línea central o “Centerline” (como se le denomina en Carlson). Para esto, escribir en la barra de comandos “LAYER” y luego presionar “ENTER”, saldrá una caja de texto en el cual se seleccionará el ícono correspondiente a “NEW” y se creará el layer con las características mostradas en la figura siguiente 3.5.1.2

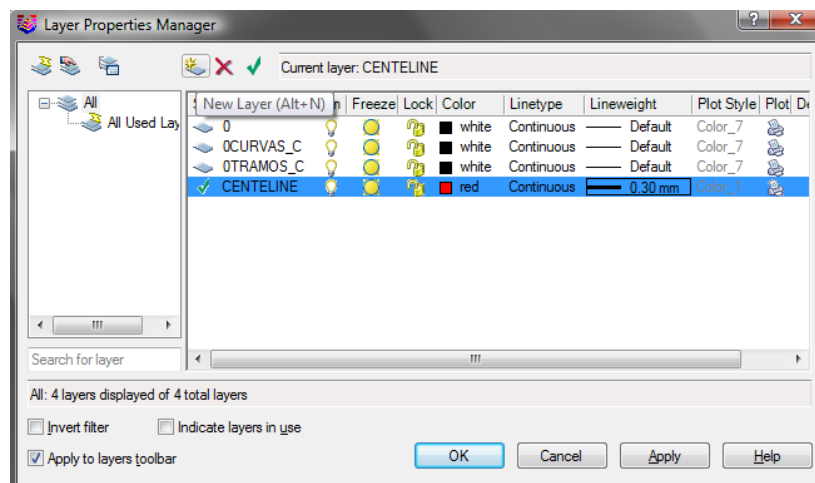


Figura 3. 31 Asistente propiedades de capas

3.5.2 ESTACIONAMIENTOS Y COMPENSACIONES

Teniendo trazada una polilínea hay que decirle al software que esta será la línea central o "**CENTERLINE**", para esto en el menú principal del programa se realizan los siguientes pasos:

Utilizando el menú principal del programa irse a: "Centerline - Polyline to Centerline file"

Luego se le asigna un nombre y una ubicación en "BROWSE" y se pone "OK"

Fig. 3.32

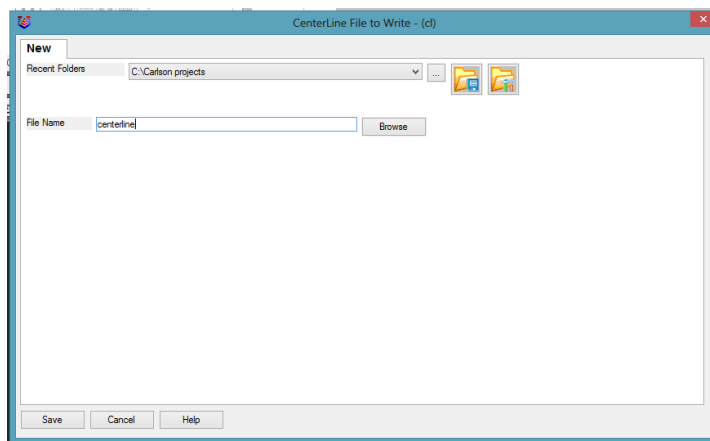


Figura 3. 32 Estacionamientos y compensaciones

Luego el programa pedirá la estación con la que comienza la línea central, en este caso, comienza en la estación (0+000 y como último paso se pide seleccionar la polilínea que se utilizó como línea central.

Luego utilizando la línea de comandos escribir: "stapl" para definir los estacionamientos de la via Fig. 3.33

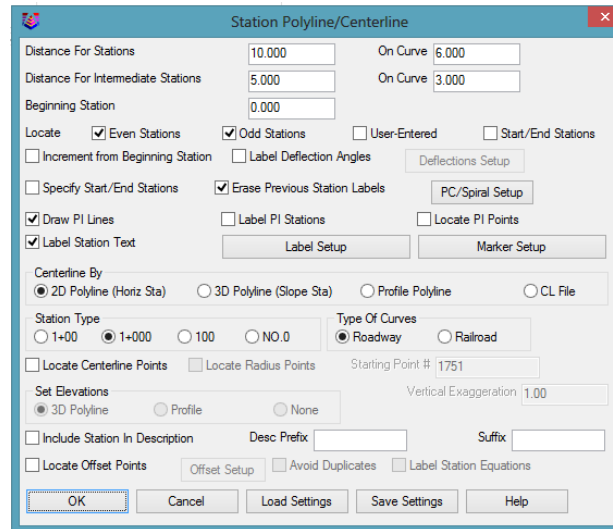


Figura 3. 33 Estacionamiento de la centerline

Este comando genera el cuadro de texto, en donde se tienen que especificar la distancia entre estaciones, en este caso es a cada 10 m. La distancia entre estaciones intermedias es de 5.0. También se especifica la estación en la que se comienza y se detalla que se dibujen las líneas PC, PI y que se ponga nomenclatura (“LABEL”) de las PC y PI en la” Centerline”.

3.5.3 ESPIRALES

El uso de las espirales de transición es necesario para las carreteras modernas y su uso ha ido aumentando a tal punto en que son necesarias en un diseño de estas mismas, estas como su nombre lo indica nos sirve para dar a cabo la transición del bombeo o pendiente de la corona de una recta (tangente) al de una curva, denominado así como sobreelevación. La sobreelevación en una curva es de gran importancia para el control satisfactorio de un vehículo que pasa por una curva, por ejemplo una curva cerrada con el mismo bombeo de las tangentes

presenta un peligro ya que al agarrar ésta a gran velocidad el automóvil puede salirse del trayecto, por estos motivos se le asigna valores de sobreelevación a las curvas para tratar de contrarrestar efectos de fricción, gravedad, etc.

3.6. SECCIONES

Proyectar con acierto la sección transversal de un camino es problema delicado, al cual debe el ingeniero dedicar la máxima atención ya que de la sección transversal, depende en proporción importante la capacidad de tráfico del camino; y al mismo tiempo, la sección transversal es fundamental a la hora de revisar los costos de construcción de la vía.

Por otra parte, para fijar con acierto una sección transversal, es imprescindible prever el tráfico futuro del camino; y en esta previsión, es el buen sentido del proyectista el que ha de determinar la solución más conveniente. Visión amplia de porvenir y, al mismo tiempo, sentido económico, para no hacer irrealizable, o al menos inconveniente desde el punto de vista económico, el proyecto.

Para coordinar ambas necesidades, es aquí, tal vez más claramente que en ningún otro problema de ingeniería, donde el proyectista ha de tener como guía el lema de máxima ambición al proyectar, ejecutando de momento sólo aquello que el momento exige, pero haciendo posible para el futuro una ampliación fácil y económica. Que la falta de visión no constituya en el porvenir un obstáculo insuperable para la ampliación.

3.6.1. CREAR SECCIONES

Antes de la creación de la sección del terreno natural a lo largo de la línea central se requiere definir el archivo “.*mxs*”, el cual determinará las propiedades de la misma. Para esto, debemos ejecutar el comando siguiente: “*EDITMXS*” Fig. 3.34

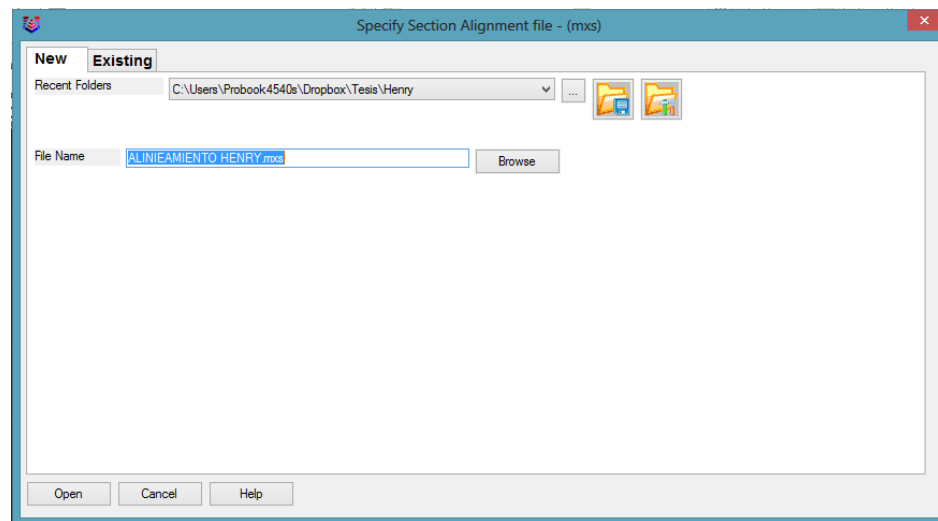


Figura 3. 34 sección del alineamiento

Aparecerá una caja de texto como la de la figura anterior donde se le deberá dar un nombre al archivo del alineamiento de la sección transversal “.*mxs*”.

Luego, se pide seleccionar la polilínea que represente a la línea central o “*CENTERLINE*”; también se pide especificar la estación con la que se comienza en el caso nuestro 0+00 Fig. 3.35 y Fig. 3.36

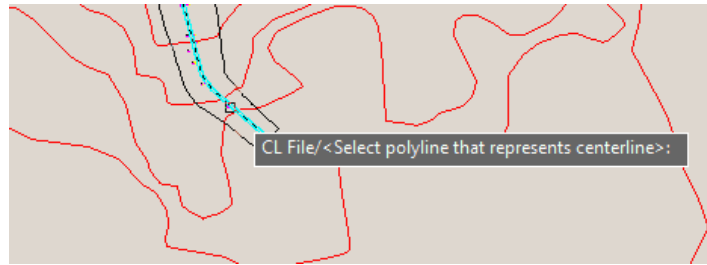


Figura 3. 35 Selección de polilínea

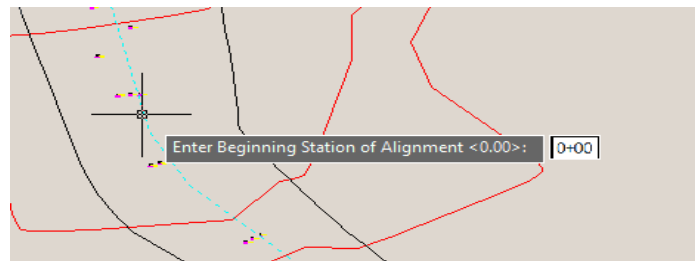


Figura 3. 36 Estacionamiento de Inicio

Se abre el cuadro de texto de la figura siguiente 3.36, en el cual se especifican los intervalos de los estacionamientos para el archivo de sección; a medida que los intervalos sean más pequeños, más exactos serán los valores. Sin embargo, un intervalo de 10 m es más que suficiente. Así mismo, se deberá seleccionar la separación a la izquierda y a la derecha de la línea central para la sección; esto definirá el ancho de la sección transversal del terreno natural, en este caso, se especificó una separación de 100 m a la izquierda y 100 m a la derecha, esto se puede ver claramente en las líneas amarillas y magentas Fig 3.37 y Fig. 3. 38

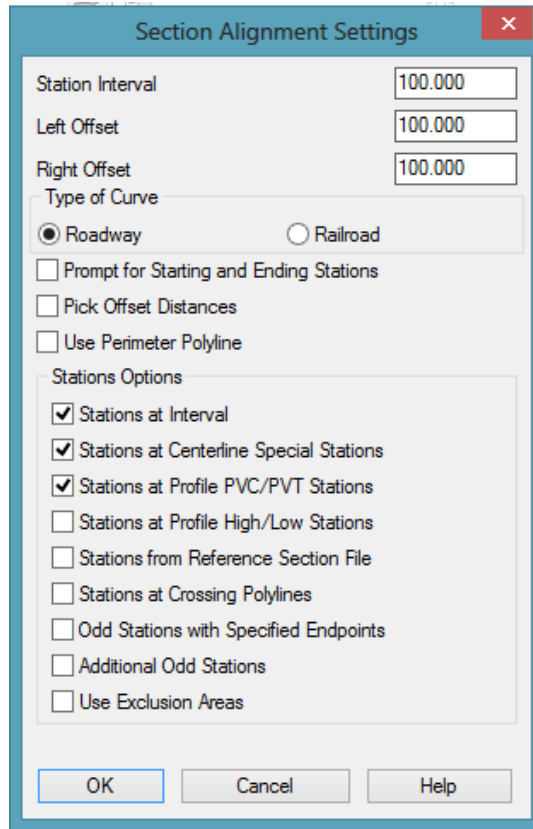


Figura 3. 37 Opciones de la sección del alineamiento



Figura 3. 38 distancia de sección y derecho de vía

CREACIÓN DE UN GRID

Un “**GRID**” es necesario para representar la superficie total del terreno; es una superficie creada a partir de diferentes métodos, entre los cuales, el método de triangulación en el cual las curvas de nivel se modelan y se forma una superficie continua e irregular debido a las diferencias de nivel. Para ello debemos ejecutar el siguiente comando: **Utilizando la línea de comandos** escribir: “**MKGRID**” y nos aparece el siguiente cuadro Fig. 3.39

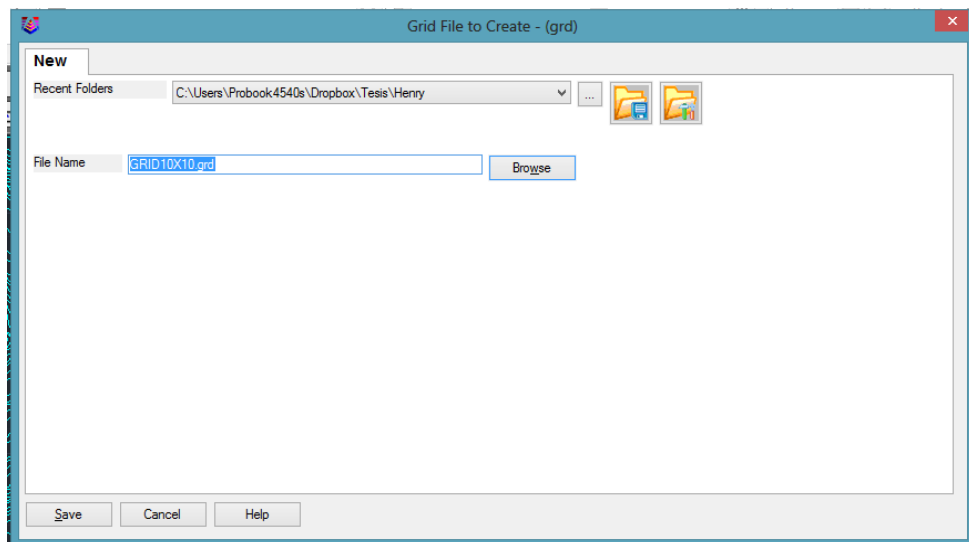


Figura 3. 39 Rejilla a crear

Damos clic en guardar y se nos abrirá el cuadro de dialogo siguiente en el que definiremos el rango de elevaciones, el método de modelaje para el Grid, que en nuestro caso elegimos el de triangulación y además el número de celdas en los ejes X,Y. Fig. 3.40

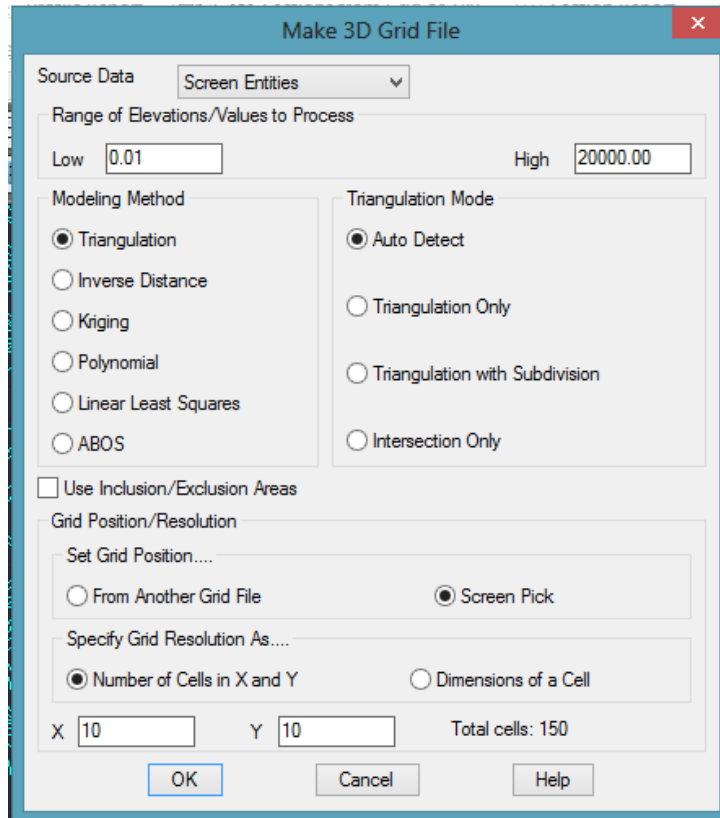


Figura 3. 40 creación de archivo de rejilla 3D

Luego, se pide que se seleccionen los objetos los cuales cubrirán al “**GRID**”, en este caso se seleccionarán todas las curvas de nivel dando un “clic” en la esquina inferior izquierda y otro en la superior derecha, luego apretando “**ENTER**” y se procederá al procesamiento de datos. Es de mucha importancia saber que entre más pequeño el tamaño de celda asignado al “*Grid*”, más se tardará en procesar los datos.

En el caso de la figura anterior el método para modelar será el de Triangulación y se especificará el tamaño de las dimensiones de las celdas, entre más

pequeño sea el tamaño de celda, más exacto y preciso será el “**GRID**”; en este caso un tamaño de celda de 10x10 será más que suficiente.

3.6.2. DIBUJAR SECCIONES

Este comando dibuja la ubicación de las secciones transversales contenidas en un archivo .MXS existente. Los estacionamientos de secciones transversales también pueden ser etiquetados perpendicular o paralelamente con el objetivo principal de permitir ver gráficamente la ubicación de las secciones transversales.

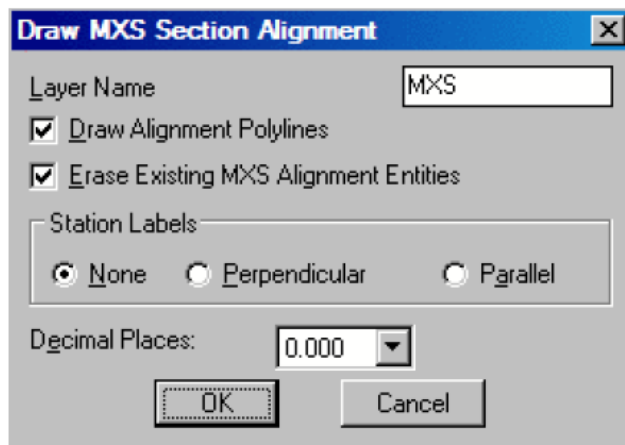


Figura 3. 41 Dibujar alineamiento de sección MXS

3.6.3. EDITAR SECCIONES

Input-Edit Section Alignment, Este comando creará o añadirá un archivo de alineamiento de sección que se almacena como un archivo de cruce entre varias secciones (.MXS). Este archivo contiene las coordenadas que definen el centro y los extremos de las líneas de la sección, como las secciones de Entidades de

superficie o Secciones a Polilínea 3D. La alineación de la sección define las estaciones a lo largo de una línea central la cual dibuja la izquierda y la derecha de ella un segmento recto que define un corte para crear secciones transversales. Este proceso comienza por crear una nueva o abrir un archivo existente de nombre.MXS. Entonces la línea central está almacenada en un fichero de eje con formato (archivo .CL) o la selección de una polilínea que representa la línea central. A continuación, el programa pide el estacionamiento de partida de la línea central. Si se trata de una nueva sección de la alineación, aparece el cuadro de diálogo Configuración MXS Crear archivo.

3.6.4. SECCIONES A 3D

Del comando Sections from Surface Entities

Este comando le permite crear secciones transversales de un modelo de superficie. Los estacionamientos de las secciones y la compensación de distancias a la izquierda y derecha, se definen en el archivo MXS. Este archivo debe ser creado antes de ejecutar esta rutina mediante el comando de Input-Edit Section Alignment. El modelo de superficie se define por líneas o polilíneas con elevación. Las polilíneas con elevación podría ser un archivo de dibujo de contorno de una firma de fotogrametría, o puede ser creado a partir de los puntos de la encuesta con el comando Triangulación y Contorno. Al usar Triangulación y Contorno es útil usar la opción de dibujo de triangulación de líneas porque las líneas de triangulación 3D representan todas las líneas de

ruptura en la superficie la cual aumenta la precisión de los segmentos de la sección transversal sólo utilizando los contornos. Las líneas de corte o polilíneas 3D también se pueden utilizar para representar crestas y valles. Muestras del programa los seleccionados líneas, polilíneas y entidades 3DFACE y calcula las intersecciones de estos segmentos con cualquiera de las secciones transversales. La estación, offset y elevación de estas intersecciones componen los datos en el archivo de sección. Este archivo de sección (.SCT) se puede revisar o editar con el comando de Input-Edit Section File. Además, el archivo de la sección se puede trazar con el comando dibujar sección o utilizado el comando proceso de diseño de carreteras para calcular los volúmenes, Fig. 3.42

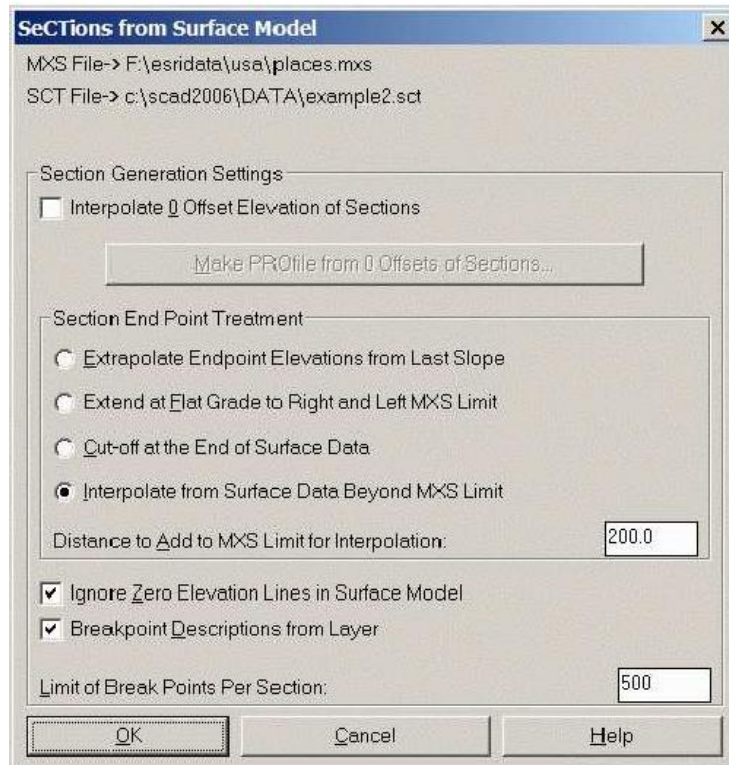


Figura 3. 42 Sección a partir de archivo de superficie

3.6.5. DIAGRAMA DE CURVA-MASA

En sí se trata de abordar todo lo relacionado al trabajo de movimiento de tierra “**EARTHWORKS**” el cual calcula los movimientos de corte y relleno necesarios los cuales se generan a partir de datos de la “**Centerline**”, los perfiles del alineamiento vertical, la sección de la carretera, la sección del terreno natural, la sobreelevación, etc. Se explica la salida de los movimientos de tierra y que significan los factores de corte/relleno, para así poder seleccionar el alineamiento más óptimo.

Utilizando la línea de comandos escribir: “eworks “ Fig. 3.43

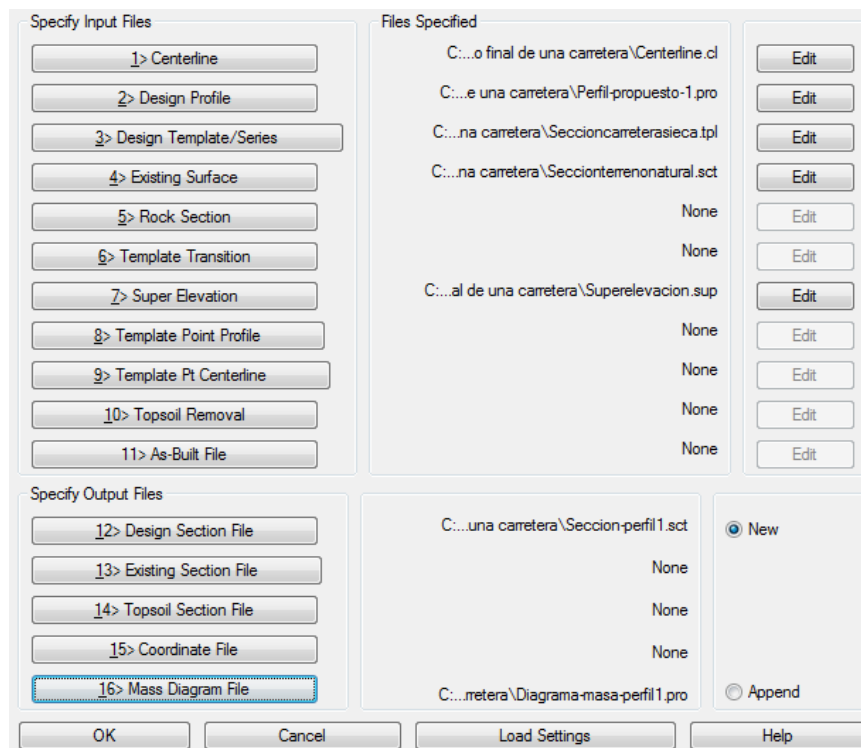


Figura 3. 43 Parámetros para crear curva masa

A partir del cuadro tenemos los siguientes componentes y los archivos a utilizar y son:

ARCHIVOS DE ENTRADA

Centerline, en este se debe seleccionar el archivo con extensión “.cl” de la “**Centerline**” creada del alineamiento horizontal.

Design Profile, en este se seleccionará el perfil del alineamiento vertical a utilizarse, en caso de varios perfiles habrá que correr el comando seleccionando los otros perfiles.

Design Template, en este archivo se insertará el “**template**” creado, el cual contiene la sección transversal de la carretera con los carriles, los hombros, los taludes, etc.

Existing Surface, en este se selecciona el archivo “.sct” de la sección de la superficie existente, siendo esta la del terreno natural creada a partir de un “**grid**” y del archivo “.ms”.

Rock Section, al no haber secciones de roca no se debe insertar ningún archivo.

Template Transition, al determinar cambios en la sección transversal se debe seleccionar ese archivo.

Superelevation, el archivo de sobreelevación deberá ser insertado acá, el cual contiene la información de curvas de transición entre otras más.

ARCHIVOS DE SALIDA

Design Section File, en este dependiendo del perfil utilizado, generará una sección nueva con extensión “.sct” del alineamiento vertical a través de toda la “**Centerline**”.

16. **Mass Diagram File**, este genera una archivo de salida con la curva masa en formato de un perfil con extensión “.pro”

Luego, al dar “**ENTER**” se abrirá un nuevo cuadro de texto de la figura siguiente, en este se pregunta el rango de estaciones a procesar, el cual por defecto selecciona todas las de la “**Centerline**”. Es de gran importancia insertar un factor de relleno causado por el “**Shrinkage**”, en donde valores típicos son de 1.1 o de 1.2; este “**shrinkage**” es causado al rellenar y compactar, por ejemplo si se compacta 1 m³ de tierra, este disminuirá su volumen en un 20%, es por eso que para tener un metro cúbico completo se necesita un 20% adicional Fig. 3.44

Process Options

Range of Stations to Process: 0.000-6274.540

Edit Design Sections Before Final Processing Calculate Centroids

Station Interval: 50.0 Existing Section Max Offset: 100.0

Template ID for Profile: perfileworks Template ID Side: Left

Cut Starting Sta: 0.000 Cut Ending Sta: 6274.540

Fill Starting Sta: 0.000 Fill Ending Sta: 6274.540

Fill Shrink Factor: 1.2 Cut Swell Factor: 1

Vert Offset of Profile: 0.00 Horiz Offset of Template: 0.00

Report and File Output Options

Report Precision: 0.000 Use Report Formatter Report Subgrade Areas

Report Centroids Report Cut/Fill End Areas Report Cut/Fill Differences

Report Final Sta-Offset Report IDs: * Surface Only Subgrade Only

Write SMI Chain File As-Built IDs: * Output CRD Use Sta-Off Desc

Output CRD File Points: Surface Pts SubGrade Pts Ditch/Berm Pts

Drawing Output Options

Triangulate & Contour Erase Previous Road Entities

Merge Road With Existing None

Draw Cross Section Polyines Draw Disturbed Area

Draw Template Polyines Template IDs to Draw: *

Draw Subgrade Polyines Subgrade IDs to Draw: *

Draw Slope Direction Arrows Arrow Size: 2.0 Solid Cut Arrows

Figura 3. 44 Factor de abundamiento de terracería

El reporte de movimientos de tierra muestra el total de metros cúbicos de corte, relleno, de material de las sub-bases detalladas en el “**template**” (en este caso de concreto y de suelo cemento a través de toda la rasante). Un detalle muy importante a observar es el “*Cut to fill Ratio*” el cual muestra la relación corte/relleno, en donde si el valor es menor a la unidad, significa que se necesita material de relleno y si es mayor simboliza que sobra material. Es por eso que al acercarse más a la unidad se tienen mejores curvas masas Fig. 3.45

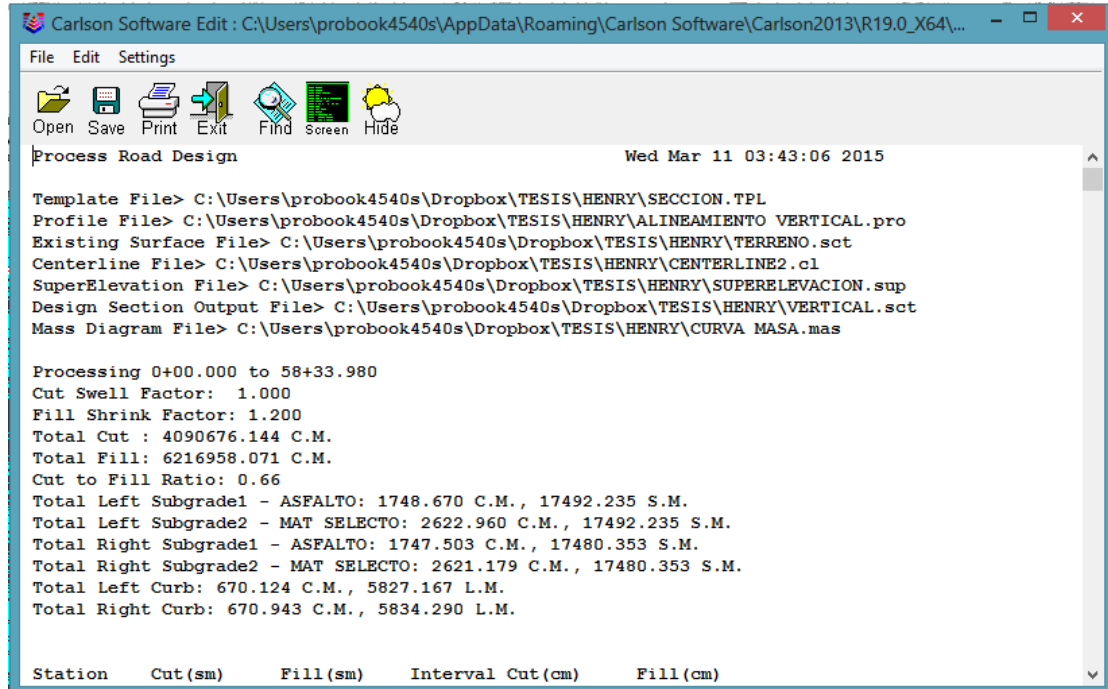


Figura 3. 45 Reporte de movimientos de tierra

3.6.6. VOLUMEN DE SECCIONES

Al haber seleccionado el mejor perfil, habiendo trazado la triangulación y contorno del comando “**EWORCS**” se procede a dibujar las secciones para dicho perfil. Estas secciones son las que se detallaron como archivo de salida en la primera ventana de “**EWORCS**” con el numeral 12, el cual detalló la “**design section file**”; para empezar a dibujarlas se ingresan los comandos:

“**drawscf**” Fig. 3.46

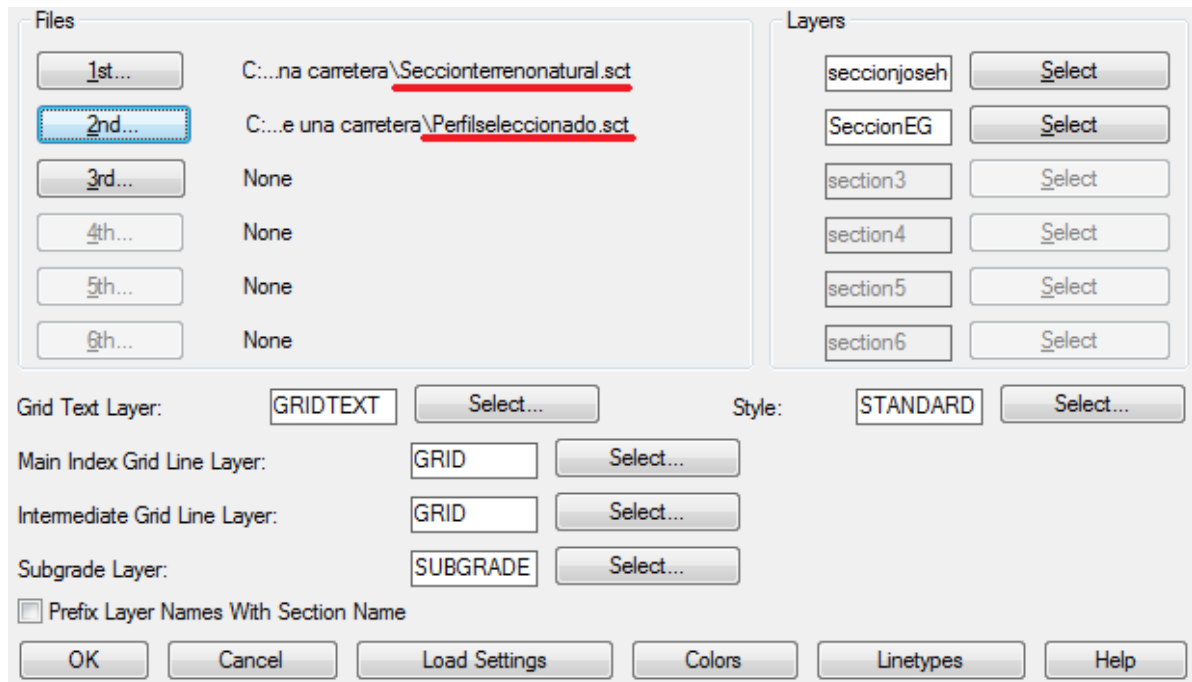


Figura 3. 46 Volumen de secciones

Luego, se abre una ventana, en la cual muestra en la esquina superior izquierda la escala horizontal tanto como vertical. Así mismo, abajo en “**RANGE OF STATIONS TO DRAW**” se especifican el rango de estaciones que se quieren dibujar; por defecto se seleccionan todas, sin embargo, se puede detallar un rango de estaciones como “300-500” por ejemplo. Debajo, se ubica “**INTERVAL OF STATIONS TO DRAW**” en la cual se detallan los intervalos de estaciones a dibujar, por ejemplo un intervalo de 100 estaciones significa que dibujaría la estación 0+000, 0+100, 0+200....6+100, 6+200, 6+274.54. Luego se deben adecuar las escalas en este cuadro de texto al del dibujo, mediante las opciones de “**SET**” localizadas a la derecha y abajo del dibujo en donde dice “**TEXT SIZE**”

SCALER". Otra cosa importante es el "**LEFT Y RIGHT GRID OFFSET LIMIT**" el cual limita el ancho del dibujo.

Luego, se le da clic a "**OK**", se selecciona un punto en el dibujo y el programa dibuja automáticamente todas las estaciones indicadas. Cabe mencionar que a la par de cada dibujo de sección el programa también dibujará una caja de texto, la cual contiene el total de corte y relleno para ese tramo en dicha estación

GROUND	757, 8	CUT	0, 0
FINAL	761, 3	FILL	83, 3

Figura 3. 47 Cortes y rellenos

El dibujo de la curva masa se hace igual como el de un perfil vertical: mediante el comando "**DRAWPROF**" se selecciona el perfil de la curva masa generado como salida del comando "**EWORKS**". Para adecuarla bien se deberá cambiar su escala vertical como horizontal en las opciones del dibujo de perfil por prueba y error hasta obtener una escala adecuada para representar a las curvas.

3.7 PERFILES

Los perfiles se almacenan en archivos .pro, con nombres definidos por el usuario. Existente Perfiles tierra / superficie y propuesta final.

Perfiles de Grado / Diseño ambos utilizan este tipo de archivo. Archivos .pro múltiples pueden ser dibujados en el mismo perfil de cuadrícula.

Hay varias rutinas diferentes para la creación de perfiles, incluyendo perfiles de La triangulación archivos, Perfil de entidades de superficie y Perfil de Puntos en línea central. Antes de utilizar estas rutinas de creación de perfiles, la horizontal alineación tiene que ser creado como un fichero de eje o línea poligonal. El Perfil de rutina rápida se puede utilizar para crear perfiles en un solo paso.

3.7.1 CREAR PERFILES

Este comando le permite crear un perfil en un solo paso. La alineación para el perfil se puede definir mediante puntos seleccionados, un fichero de eje o una línea poligonal. La superficie para el perfil se puede definir por entidades de pantalla 3D, polilínea 3D o archivos de superficie (red o triangulación).

Entidades de pantalla: El programa crea el perfil mediante la búsqueda de las intersecciones de la línea central con entidades linework 3D en el dibujo. Hay una opción para que ignore las entidades en la cota cero.

Polilínea 3D: Crea un perfil utilizando una polilínea 3D seleccionado. Las elevaciones de vértice polilínea se utilizan para las elevaciones del perfil y las estaciones de perfil son de las longitudes de los segmentos de polilínea.

Superficie del archivo: Esta opción le permite utilizar una o dos superficies de rejilla o de triangulación. También hay una opción para ver las tuberías, cruces de agua que encontrarán y cruces de tuberías de visualización de las redes de alcantarillado, estas se crearan en polilíneas 3D y serán etiquetados como tuberías. La red de alcantarillado puede ser creado en el módulo de la hidrología.

Para etiquetar una polilínea 3D como un tubo, utilizar el comando Pipe Data To Polyline Fig. 3.48

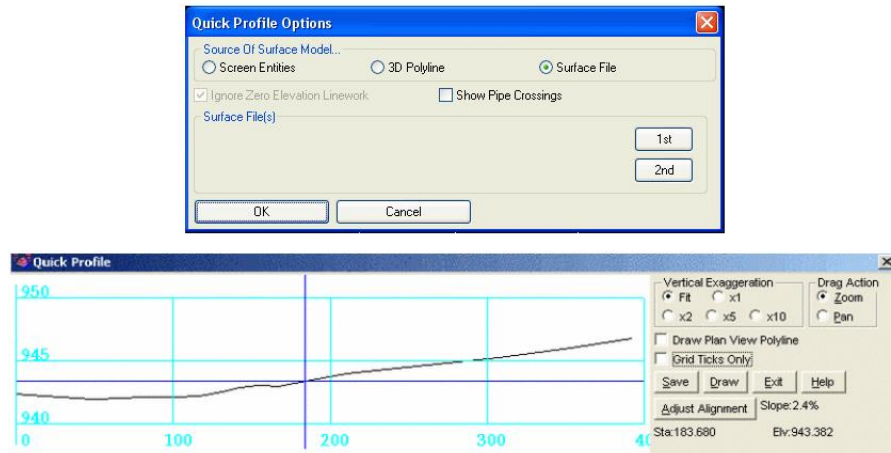


Figura 3. 48 Dibujo de perfiles

Desde puntos seleccionados son el valor predeterminado para el alineamiento horizontal, utilizar el comando es tan rápido como seleccionar el tipo de superficie (pantalla o archivo). El perfil resultante se muestra en un cuadro de diálogo gráfico, con la presentación de datos en tiempo real. Cuando el punto de mira se mueve a través del perfil en la ventana, los datos de la estación, de elevación y pendiente correspondiente a la ubicación del punto actual, aparecen en la parte inferior derecha de la ventana. Un segundo punto de mira en la vista en planta, corresponde al movimiento del punto de mira a lo largo del perfil para que el usuario sepa exactamente dónde está el punto de perfil actual. También la

función Ajustar del alineamiento le permite arrastrar un punto del alineamiento horizontal y actualizar el perfil en tiempo real.

Perfil de Entidades de superficie

Perfil de Entidades de superficie crea un perfil de curvas de nivel, malla triangular, y otras entidades del dibujo en 3D. El método consiste en dibujar una polilínea como el perfil de la línea central. A continuación, el perfil se deriva de las intersecciones de esta polilínea con las entidades 3D. Para una mejor precisión, ya añadido el perfil, se deberá incluir la malla triangular, así como los contornos

Fig. 3.49

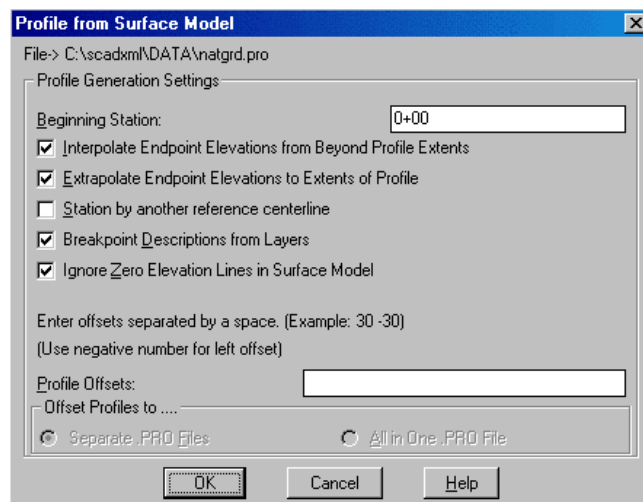


Figura 3. 49 Perfil a partir de modelo de superficie

Archivo: Muestra el nombre del perfil que se creará.

Estación inicio: Especifique la estación de inicio para el perfil.

Interpolate Endpoint Elevations from Beyond Profile Extents: Cuando se activa, el programa mostrará más allá de los extremos de la línea central de intersecciones adicionales, con entidades 3D. Estas intersecciones adicionales serán utilizadas para interpolar la elevación en la estación de inicio y fin de la línea central.

Extrapolate Endpoint Elevations to Extents of Profile: Esta opción utiliza la pendiente de los dos últimos puntos de elevación del perfil y calcula la elevación del punto final de esta pendiente.

Station by another reference centerline: Cuando se activa, el programa le pedirá que elija otra polilínea línea central. Los puntos de intersección a lo largo de la primera línea central son entonces proyectados sobre la segunda línea central. El perfil a continuación, almacena la elevación de la intersección con la estación a lo largo de la segunda línea central.

Breakpoint Descriptions from Layers: Cuando se activa, las descripciones del punto de interrupción se asignan en base a nombre de la capa de entidades de superficie. Estas descripciones se utilizan en rutinas como Input-Edit Profile y Profile Report.

Ignore Zero Elevation Lines in Surface Model: Cuando se activa, cualquier elevación en la capa cero, seleccionada en el modelo de superficie será ignorada.

Profile Offsets: Especifique opcionalmente los perfiles de compensación. Introduzca compensaciones separadas por un espacio. Ejemplo: 30-30 (para crear desplazamientos 30 'a la izquierda y 30' a la derecha en los perfiles). Después de introducir los valores de desplazamiento, pulse TAB para seleccionar opciones del archivo se describen a continuación.

Offset Profiles to: Especifica si los perfiles de compensaciones deben ser creados como perfil separado, archivos (.PRO), o incluidos en un fichero único, perfil (.PRO). Sólo está disponible si se especifica las compensaciones del perfil arriba. Estos se nombran automáticamente combinando el nombre del perfil y el offset. Por ejemplo, si el perfil se denomina NATGRD.PRO y se crea un 'perfil derecho desplazamiento 30, será nombrado NATGRD30.PRO.

3.7.2 EDITAR PERFIL

Dar clic en el icono de la Fig 3.50

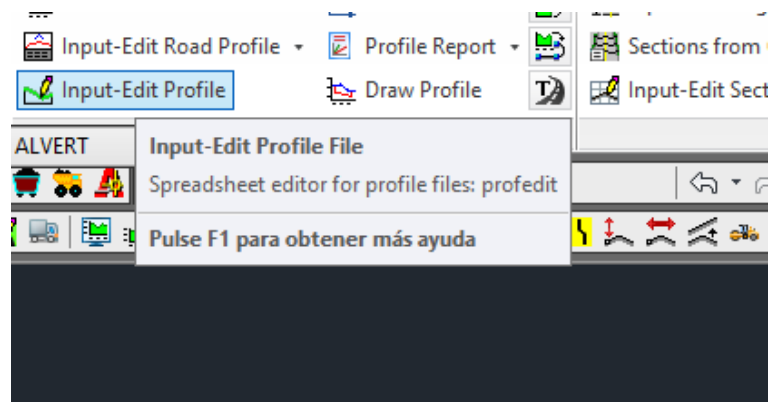


Figura 3. 50 Edición del perfil

Se selecciona el perfil, Fig 3.51

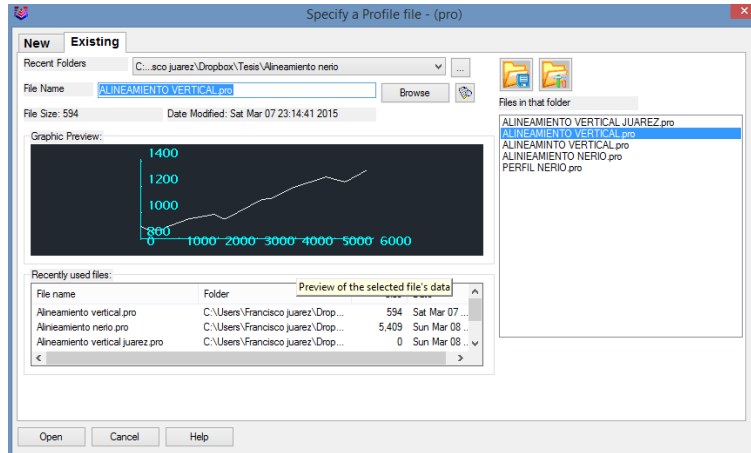


Figura 3. 51 Selección de perfil definido por usuario

Y aparece la siguiente ventana, Fig. 3.52

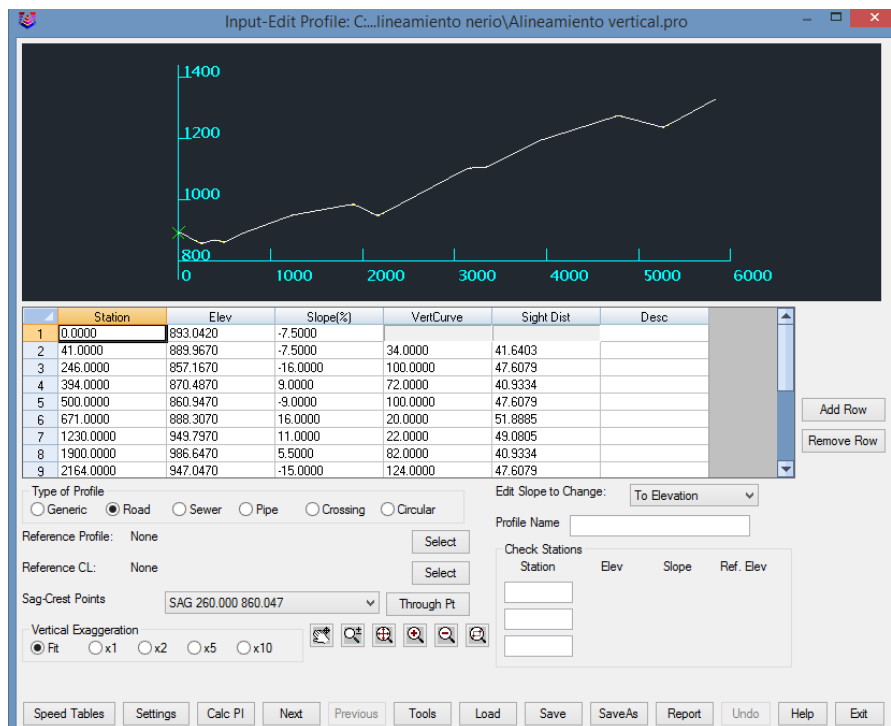


Figura 3. 52 Edición de perfil definido por usuario

3.7.3 DIBUJA PERFIL

Para dibujar un perfil en cualquier lugar en el dibujo, este puede ser dibujado con o sin una rejilla o sólo con marcas de graduación. Las anotaciones de la curva

verticales para un perfil de la carretera y las anotaciones para el eje de un perfil de alcantarillado, también se pueden extraer. Draw Profile, utiliza la información del perfil que se almacena en archivos .PRO. Una vez que el perfil se dibuja con Draw Profile, el diseño y etiquetado de la lista desplegable del menú perfiles son aplicables al perfil. Tenga en cuenta, varias de las opciones que se presentan en los siguientes cuadros de diálogo dependerán del tipo de sistema de la unidad que se utiliza, métrico o Inglés. Las opciones tales como tamaños de texto, dimensiones de la hoja, y factores de escala pueden variar de los ejemplos que se muestran aquí. Fig. 3.53

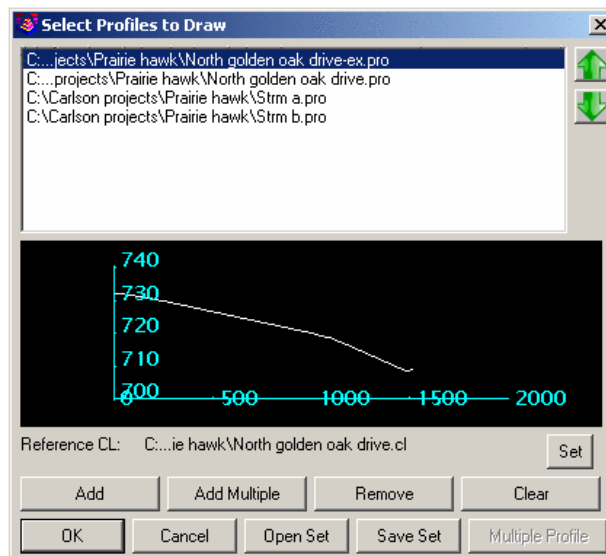


Figura 3. 53 Selección de perfil de terreno natural

El primer paso para dibujar e perfil es elegir el o los archivos de perfil (.pro) que deseamos dibujar. La ventana gráfica muestra el perfil resaltado en la lista. El botón Set permite indicar una línea central "primaria" que se utiliza como base

para el estacionamiento durante la creación de las hojas en Planta y Perfil. Agregar y remover los botones nos permite seleccionar los archivos, incluido el perfil de la lista y quitar el perfil resaltado de la misma. El botón Borrar elimina todos los perfiles. Cuando el archivo de perfil utilizado tiene varios perfiles, se ingresaran habilitando el botón Múltiple Perfil, lo que abre un diálogo para elegir el perfil a dibujar. Los botones Abrir y Guardar, se utilizan para cargar o almacenar la selección de perfil a un archivo PST. Haga clic en el botón OK para ir al siguiente paso. Aparecerá el cuadro de diálogo Draw Profile, que contiene todos los ajustes para crear el perfil. Fig. 3.54

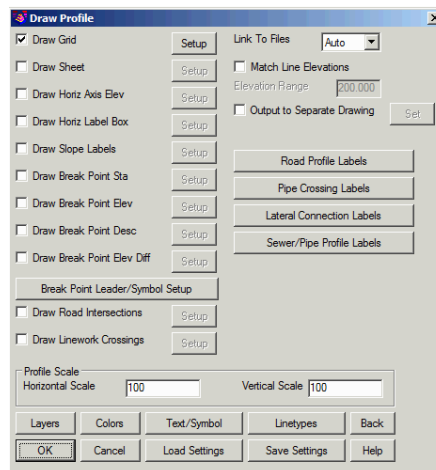


Figura 3. 54 Ajustes para creación de perfil

Dibujar cuadrícula o Grid.

Esta opción dibuja una cuadrícula y ejes con elevaciones para el perfil. Elija la configuración para acceder al cuadro de diálogo de opciones de cuadrícula. Fig. 3.55

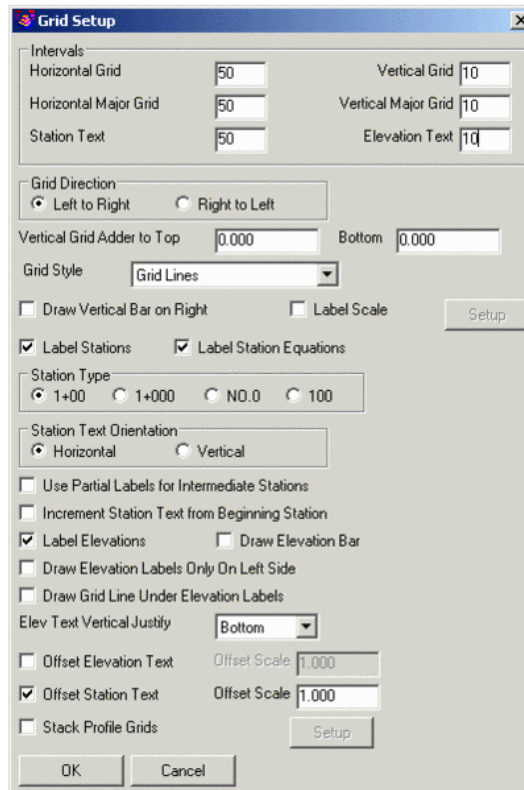


Figura 3. 55 Opciones de cuadrícula para perfil

Horizontal Grid: Introduzca un valor de la frecuencia se deben mostrar líneas de cuadrícula para que coincida con los valores de estación a lo largo del eje horizontal de la parrilla.

Horizontal Major Grid: Introduzca un valor de la frecuencia principal en la que se deben mostrar líneas de cuadrícula para que coincida con los valores de estacionamiento a lo largo del eje horizontal de la rejilla.

Station Text: Indique con qué frecuencia deben aparecer las etiquetas de texto en el estacionamiento a lo largo del eje horizontal de la rejilla.

Vertical Grid: Introduzca un valor de la frecuencia con la que se deben mostrar las líneas de cuadrícula, para que coincidan con los valores de la elevación a lo largo del eje vertical de la rejilla.

Vertical Major Grid: Introduzca un valor de la frecuencia principal en la que se deben mostrar líneas de cuadrícula para que coincida con los valores de elevación a lo largo del eje vertical de la parrilla.

Elevación Text: Indique con qué frecuencia debe aparecer etiquetas de texto elevación a lo largo del eje vertical de la cuadrícula.

Grid Direction: Perfiles se pueden extraer de izquierda a derecha (por defecto) o de derecha a izquierda. Aunque la mayoría de los perfiles se dibujan de izquierda a derecha, si usted tiene un camino que corre de este a oeste y que desea dibujar el perfil estacionar debajo del emplazamiento real de la carretera, y luego elegir un derecho al perfil izquierdo puede ser apropiado.

Vertical Grid Adder to Top: Esto agrega la cantidad especificada de rejilla a la parte superior del perfil.

Bottom: Esto añade la cantidad especificada de rejilla a la parte inferior del perfil.

Grid Style: Selecciona el tipo de cuadrícula a generar. Las opciones son Retícula, solo marcas, marcas y puntos, marcas y cheques.

Draw Vertical Bar on Right: Esta opción coloca la barra de etiqueta vertical a la derecha de la cuadrícula, en oposición a la izquierda.

Label Scale: Haga clic en esta opción para obtener una escala dibujada en la esquina inferior izquierda del perfil. Haga clic en el botón Configuración para establecer las etiquetas de escala deseada y valores de colocación. Figuras 3.56, 3.57 y 3.58

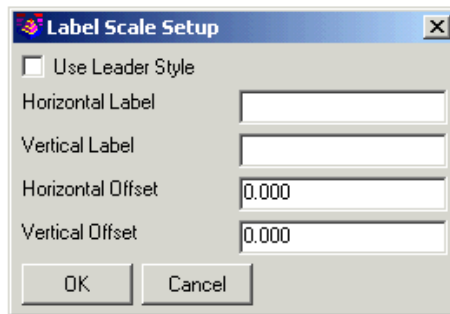


Figura 3. 56 opciones para escalas de etiquetas

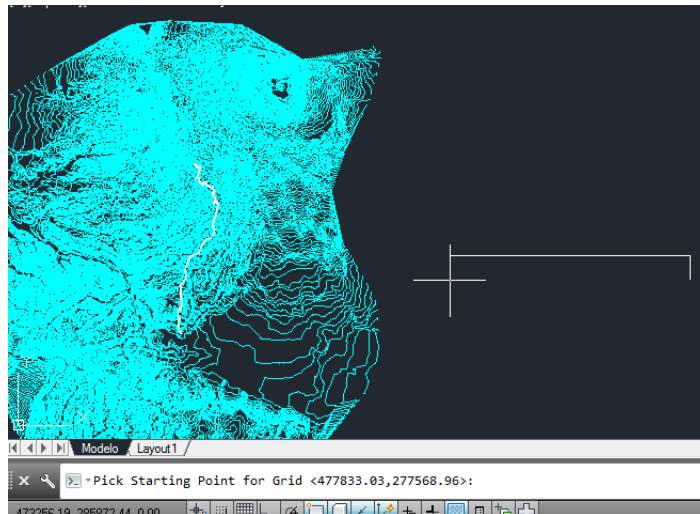


Figura 3. 57 ubicación de perfil en el espacio del modelo

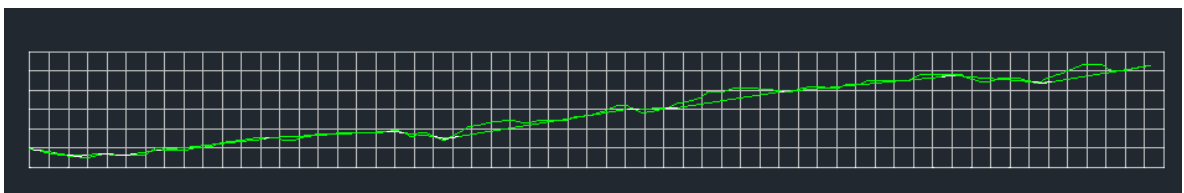


Figura 3. 58 Perfil generado

3.8 DISEÑO DEL CAMINO.

El diseño del camino comienza a partir de un levantamiento topográfico que se realiza en campo para poder ver así los derechos de vía, el eje los taludes, barrancos, etc.

Se toma como base la importación de las curvas de nivel de la superficie las cuales deben ser generadas con equipos de alta precisión o con software de diseño de superficies.

3.8.1 PLANTILLA DE DISEÑO.

Primero se genera un alineamiento, mejor llamado línea pelo a tierra en el diseño de la vía Fig. 3.63, la cual servirá como guía para realizar tanto el alineamiento horizontal como el vertical, esta servirá para poder generar la vía más adecuada.

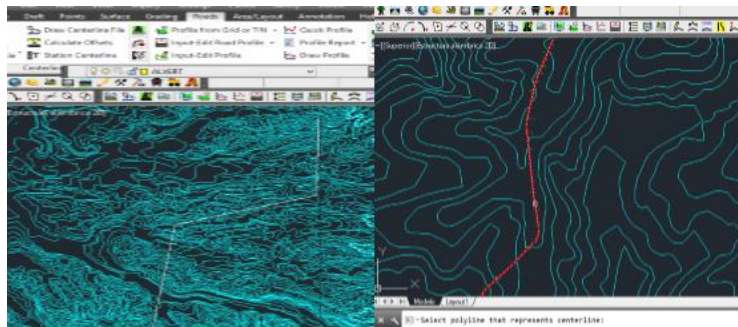


Figura 3. 59 Línea pelo a tierra

3.8.2 PLANTILLA DE TRANSICIÓN.

Se presenta para las famosas curvas de transición o clotoides y son la transición entre dos curvas o de curva a tangente, el programa cuenta con parámetros de

diseño en concordancia con AASTHO, pero permite al diseñador usar dicho criterio. Fig. 3.64

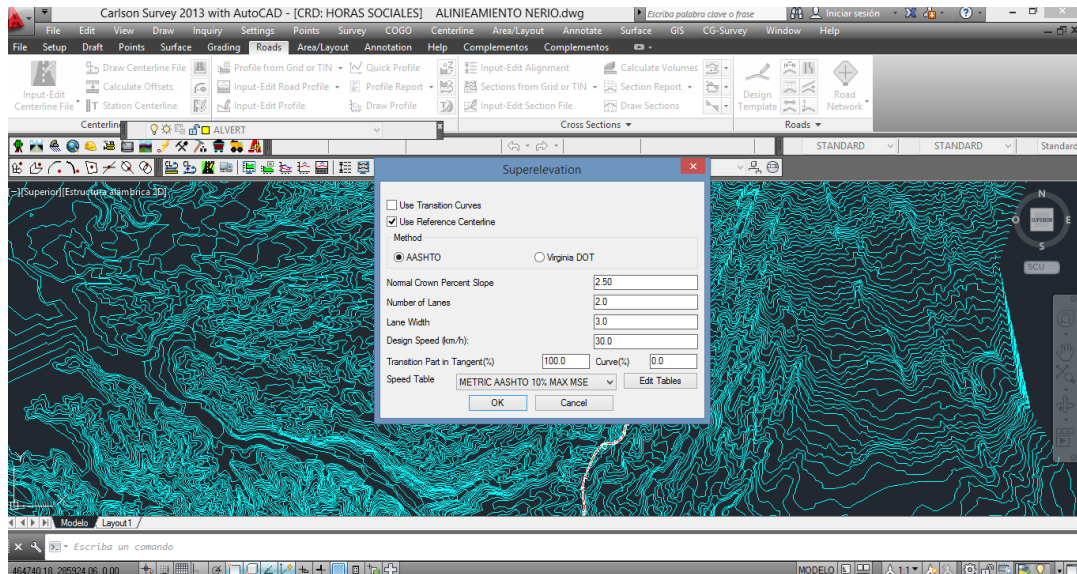


Figura 3. 60 Plantilla de transición

3.8.3 PROCESO DE DISEÑO.

Carlson es un software que permite al diseñador de una manera muy cómoda el aplicar conceptos de AASHTO partiendo de acuerdo a cada uno de los pasos expresos en los numerales anteriores con la siguiente consecución:

- ✚ Abrir una superficie (curvas de nivel)
- ✚ Montar nube de puntos en superficie producto del levantamiento.
- ✚ Plotear Centerline.
- ✚ Hacer el alineamiento horizontal.
- ✚ Crear una triangulación del alineamiento horizontal con las curvas de nivel.
- ✚ Generar las curvas de transición.

- ✚ Generar el alineamiento vertical.
- ✚ Generar perfil definitivo de la vía.
- ✚ Generar secciones.

3.8.4 RECORRIDO VIRTUAL.

Carlson cuenta con un visor en 3d que nos permite visualizar el comportamiento de nuestra vía con todos los parámetros que hemos asignado a nuestra vía (Bombeo, peralte, curvas verticales, curvas horizontales, curvas de transición, etc.)

Primero damos click en el icono road o camino y damos click en ver el proceso de diseño:

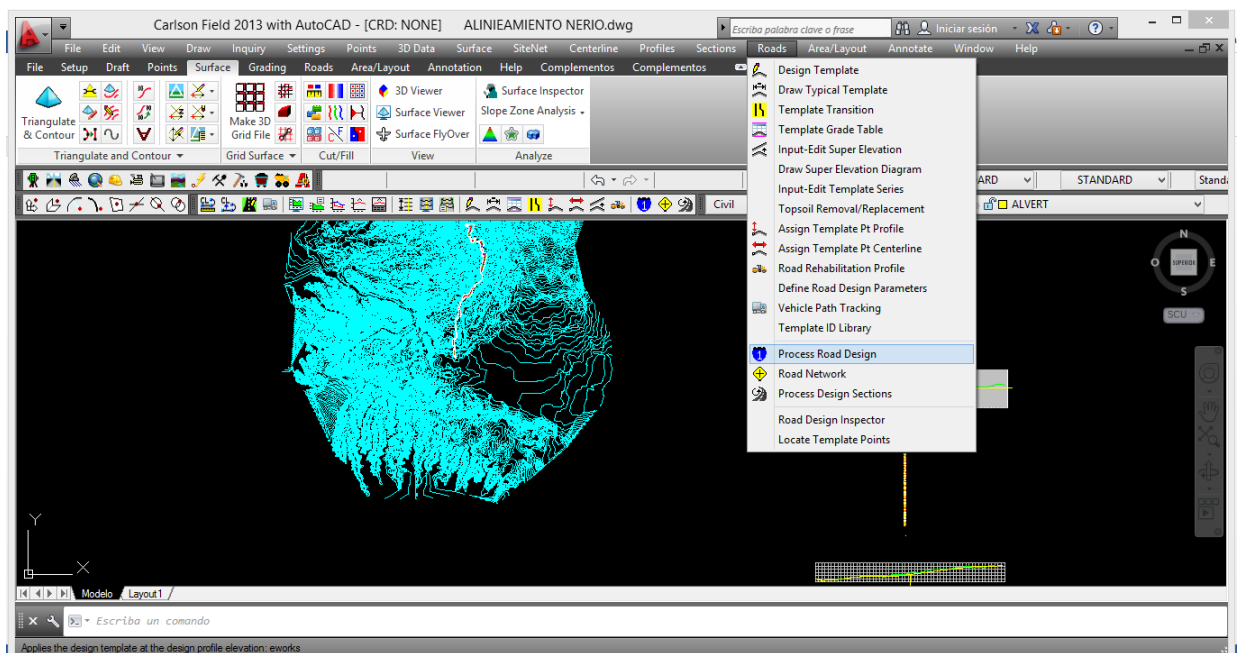


Figura 3. 61 Menu desplegable Road

Ahí se nos abre una ventana donde se muestran todos los archivos que hemos creado durante el diseño:

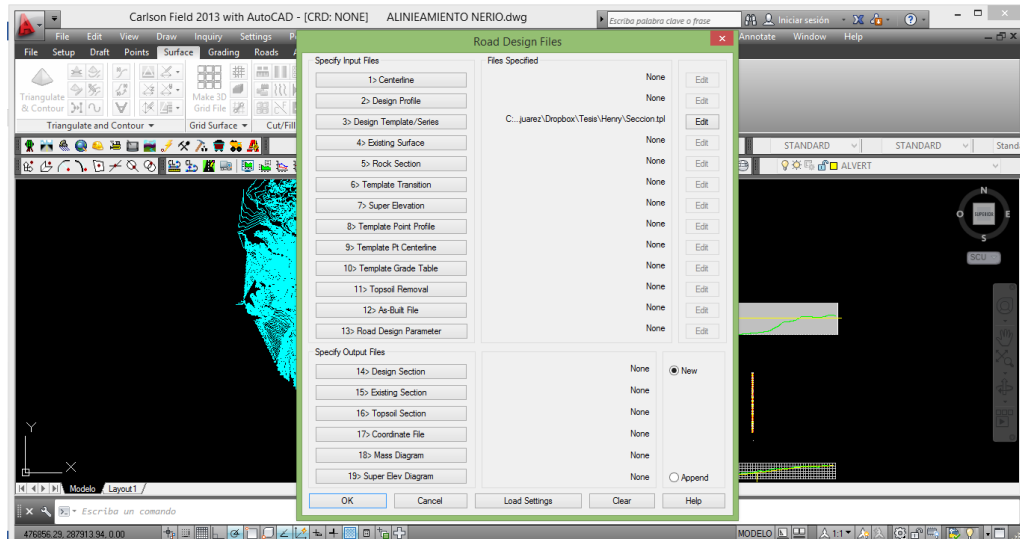


Figura 3. 62 Archivo para diseño de la vía

Damos click en okay y se nos presenta una nueva ventana donde asignamos los parámetros a cada cuanto queremos las secciones, los encadenamientos, factor de abundamiento por corte y relleno, etc.

Al colocar esos valores se nos presenta la siguiente ventana resumen de la vía:

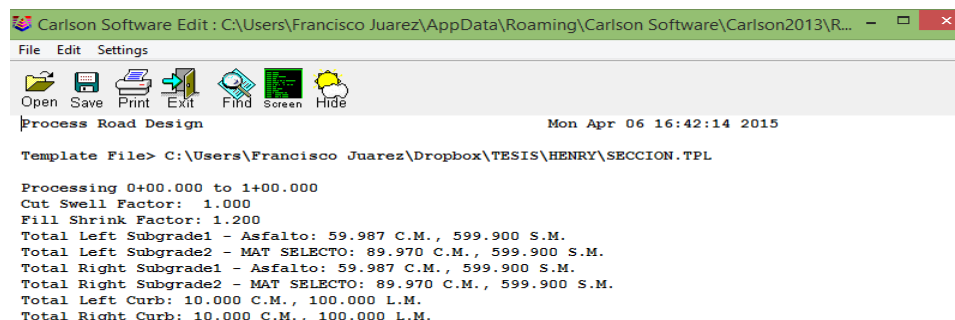


Figura 3. 63 Resumen de datos de la vía

Ahora damos click en el icono SURFACE o superficie y hacemos click en vistas en 3d o 3D VIEWS:

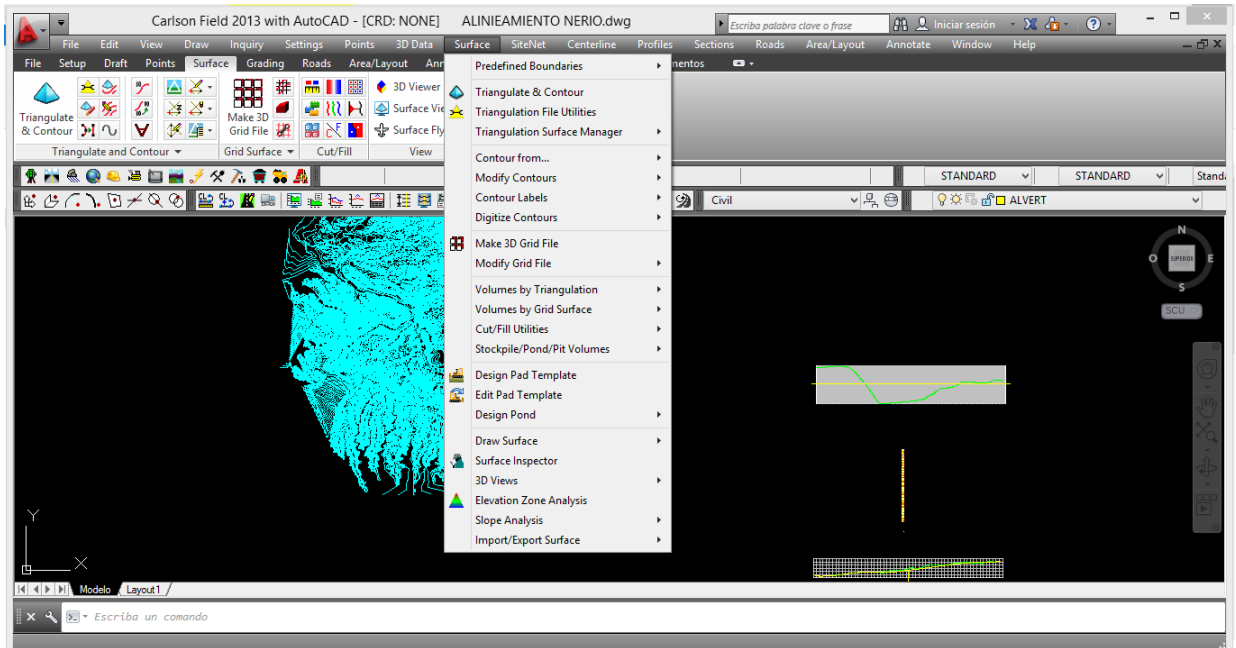


Figura 3. 64 Menu desplegable Superficie- vistas 3D

Se nos abre una nueva ventana damos click al ícono volar sobre o FLYOVER:

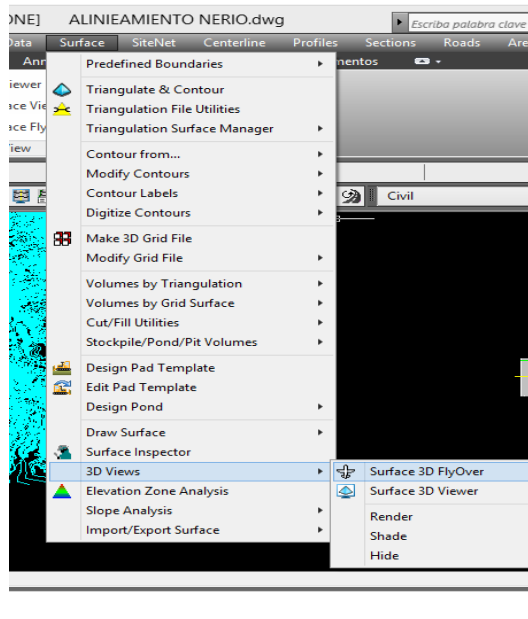


Figura 3. 65 opción sobrevolar superficie 3D

Y se nos abre una pantalla donde abrimos el archivo punto TIN que creamos en la sección anterior.

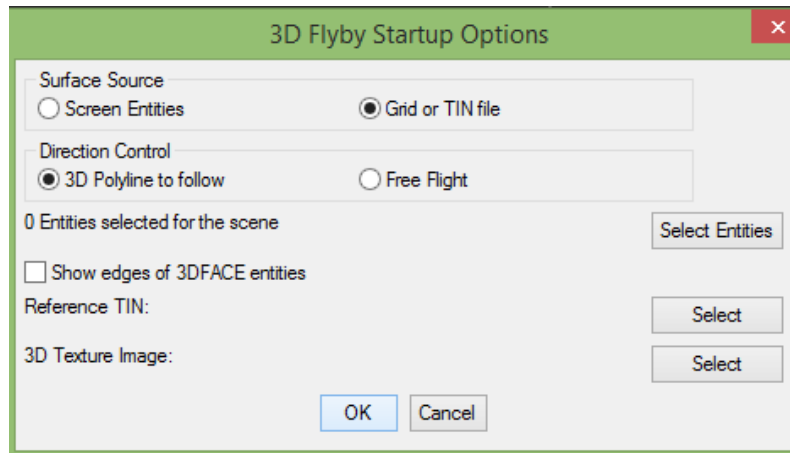


Figura 3. 66 Ajustes para el sobrevuelo de la vía

Damos click en ok y luego nos pide que seleccionemos la línea central o eje para convertirlo en una línea con coordenadas 3D:

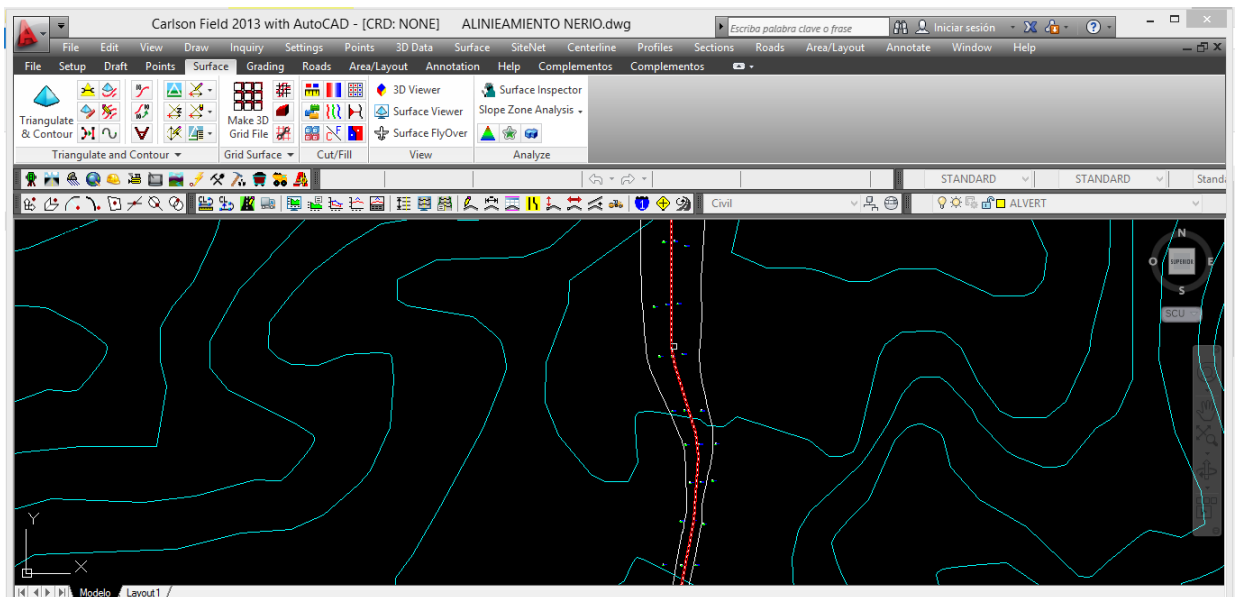


Figura 3. 67 Selección de Centerline que define la vía a sobrevolar

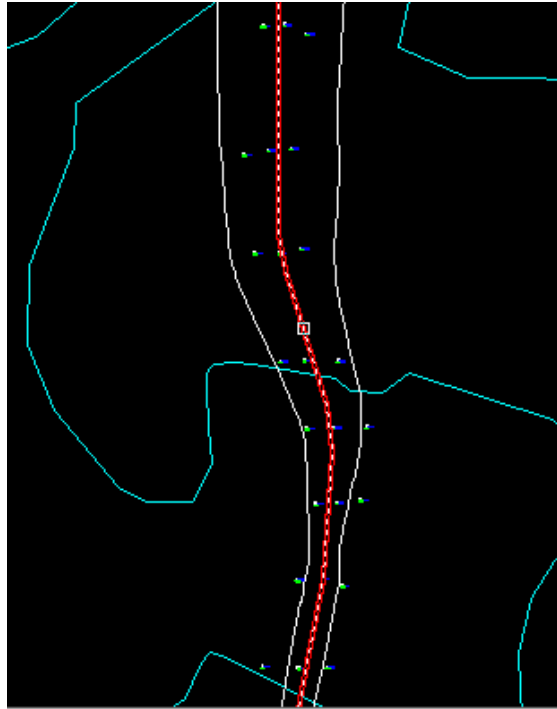


Figura 3. 68 Centerline para recorrido virtual

Ahora abrimos el archivo punto TIN creado:

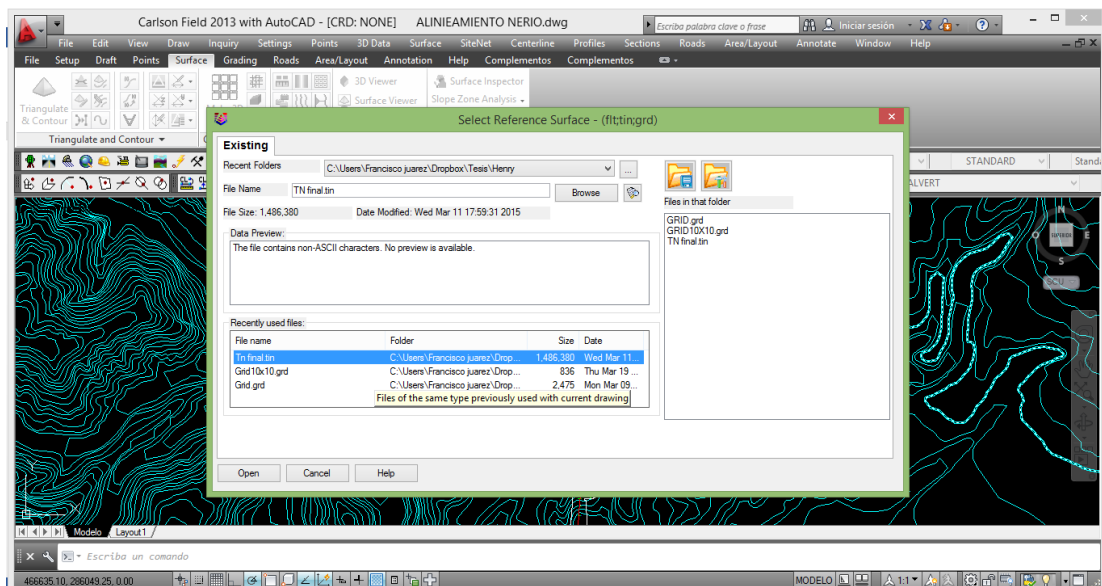


Figura 3. 69 Selección de archivo para visualizar el recorrido

Damos click en el archivo punto TIN y podemos ver en pantalla el recorrido virtual, donde podemos modificar el tipo de vehículo, la velocidad, pendientes longitudinales, etc.

CAPITULO IV: DISEÑO GEOMETRICO DE VIA DE ACCESO VECINAL.

4.1 IMPORTAR PUNTOS Y CURVAS DE NIVEL

4.1.1 ELEVACION A PARTIR DE CURVAS DE NIVEL

Antes de realizar la importación de las curvas de nivel que nos servirán durante el desarrollo de todo el alineamiento horizontal y vertical, se debe de configurar los parámetros de nuestro dibujo en unidades consistentes de acuerdo a nuestro sistema de unidades que para este caso es el MKS o métrico.

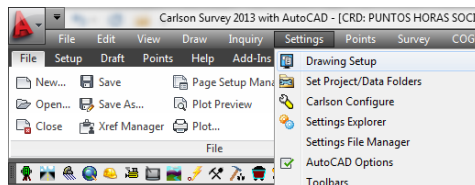


Figura 4. 1 menu desplegable opciones del dibujo

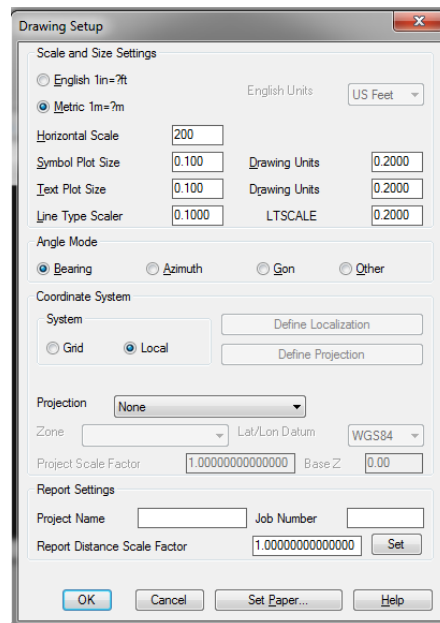


Figura 4. 2 configuración del dibujo

En la barra de comandos escribimos el comando “*SETUP*” o por medio de la barra de menú: *Settings-Drawing Setup* (figura 4.1) y aparecerá el siguiente cuadro de la figura 4.2 y digitalizamos los parámetros tal como se muestran.

Este proyecto se encuentra ubicado en Santa Tecla en un terreno montañoso partiendo de las faldas del volcán de San Salvador hasta una distancia de recorrido de poco mas de 5.0 km que es la información con la que se cuenta para realizar el diseño del camino montañoso de acuerdo a los parámetros estipulados por SIECA y que en el desarrollo de esta tesis se iran definiendo, para iniciar este alineamiento vamos a partir de un archivo que contiene las curvas de nivel, para ello nos vamos al menú “FILE-OPEN” (Figura 4.3) y buscamos la ubicación de nuestro archivo.

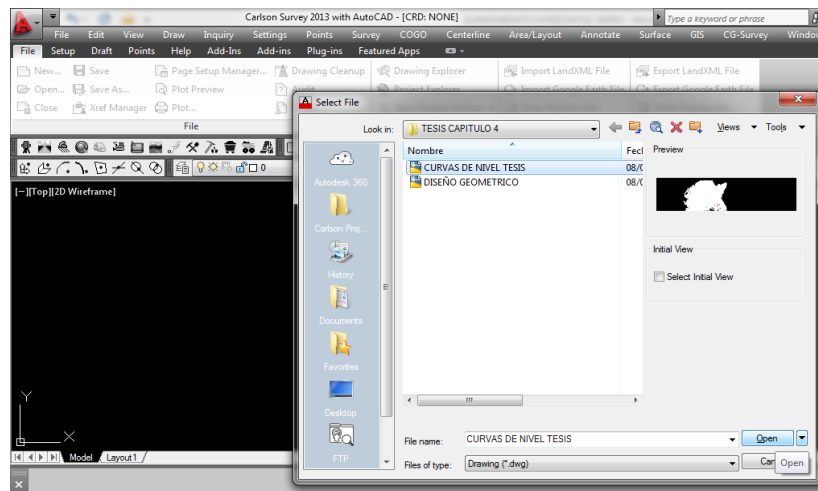


Figura 4. 3 Ubicación de Archivo de curvas de nivel

A continuación se observan las curvas de nivel previo a la configuración, Figura 4.4

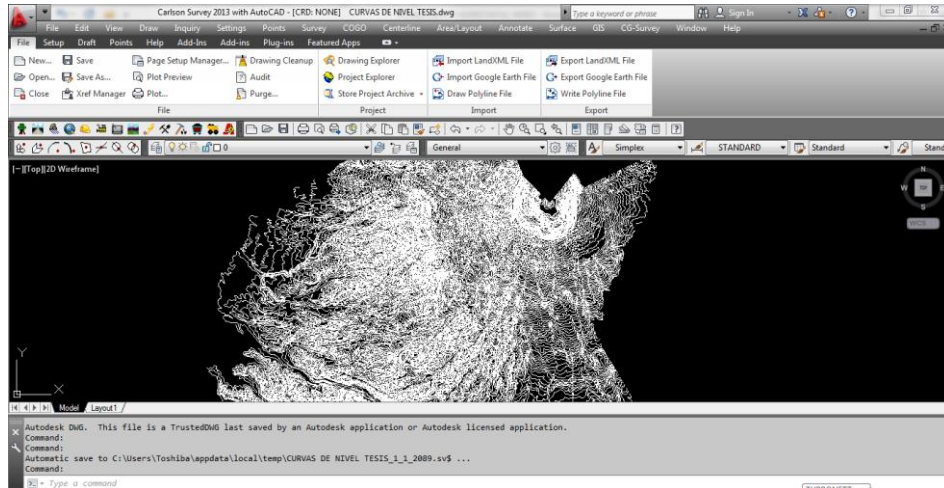


Figura 4. 4 archivo de curvas de nivel

Antes de configurar estas curvas de nivel vamos a importar los puntos que nos servirán para definir el alineamiento definitivo de nuestra vía.

4.1.2 CREAR GRUPO DE PUNTOS

Partiremos de un archivo de texto con extensión .txt; para ello damos clic en la barra de Menú – Points – Import Text/ASCII File como se ve en la figura 4.5

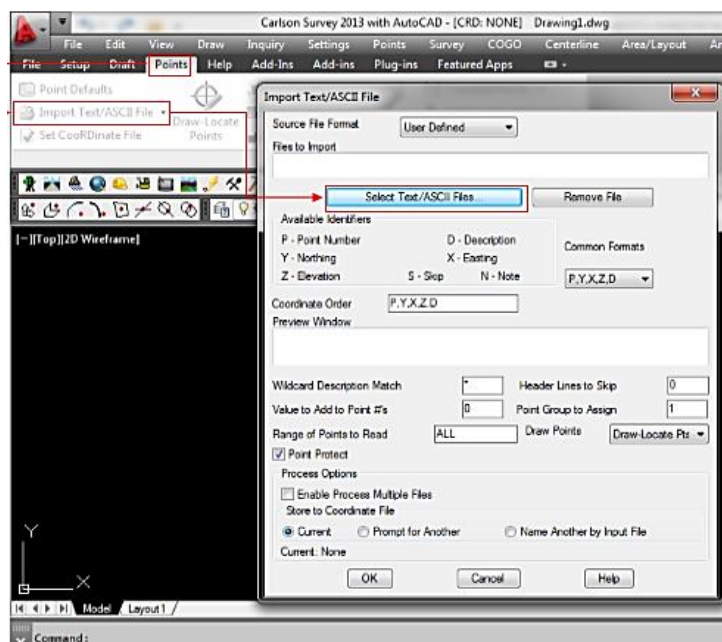


Figura 4. 5 Importacion de puntos a partir de archivo

Este comando convierte los datos de puntos de un archivo de texto ASCII en el archivo actual Carlson coordenada (.CRD). Cada línea del archivo de texto puede contener cualquier combinación de número de punto, norte, este, elevación y la descripción. Toda la información punto debe estar en una línea con los valores separados por una coma, un espacio u otro delimitador. Bajo el formato de archivo de origen ajuste que puede elegir entre algunos formatos o definida por el usuario.

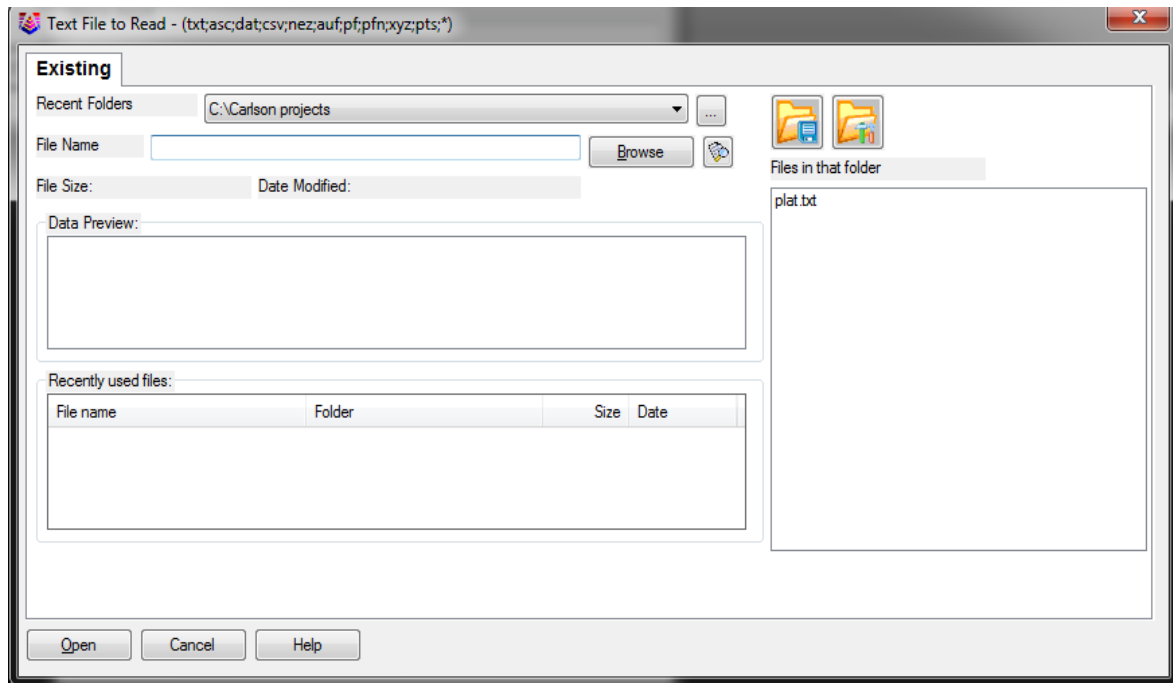


Figura 4. 6 ventana para la lectura de archivo de puntos

Damos click en el botón “Select Text/ASCII File” y aparecerá el siguiente cuadro figura 4.6, y damos click en el botón “Browse” Entonces aparecerá el siguiente recuadro figura 4.7 y buscaremos la ubicación de nuestro archivo con los puntos levantados en campo, y damos click en Abrir.

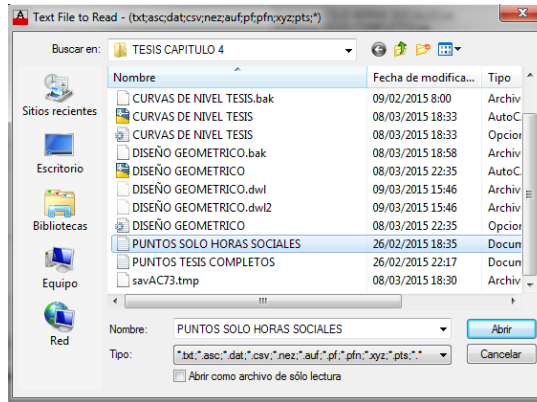


Figura 4. 7 Ubicación de archivo de texto

Aparecerá el siguiente cuadro figura 4.8 y damos click en “Open”:

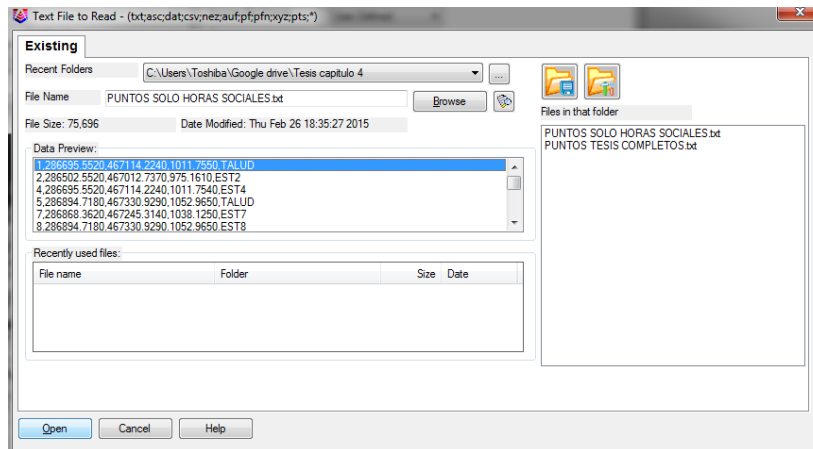


Figura 4. 8 ventana de archivo a leer

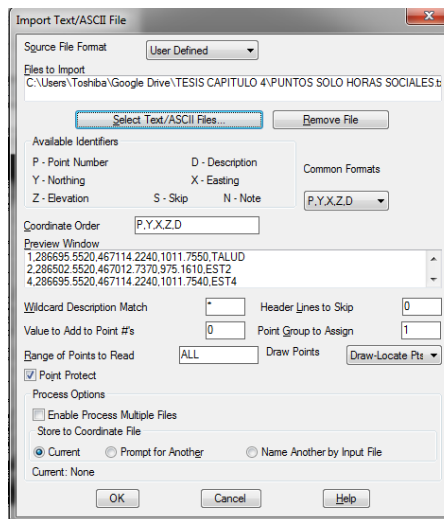


Figura 4. 9 selección de archivo de puntos

Aparecerá el siguiente recuadro figura 4.9 y nos aseguramos que el orden de los puntos sea: P,Y,X,Z,D.

Cuando damos click en “OK” aparecerá otro recuadro como el de la figura, y eso es porque la extensión que Carlson reconoce es del tipo .CRD para lo cual hay que guardarlo nuevamente y colocarle un nombre de archivo que puede ser el mismo del archivo .TXT en este caso le pondremos puntos horas sociales figura 4.10.

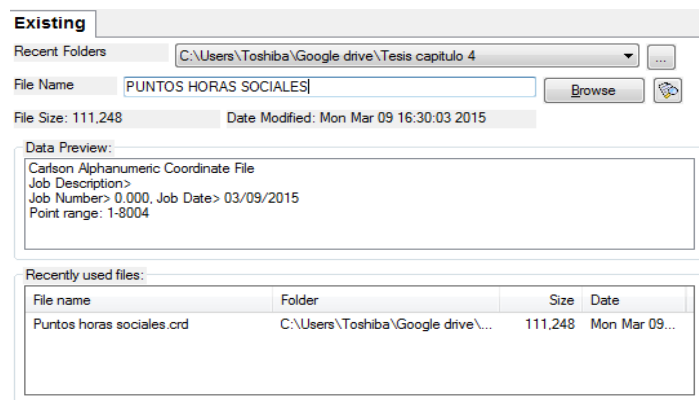


Figura 4. 10 renombrar archivo de puntos en formato CRD

Y cuando le demos clic en “Open” nos dirá que ese archivo no existe y si queremos crearlo damos clic en “aceptar” y aparecerá el siguiente cuadro de la figura donde nos dice que leerá los puntos recién creados y damos clic en “aceptar” Figura 4.11.

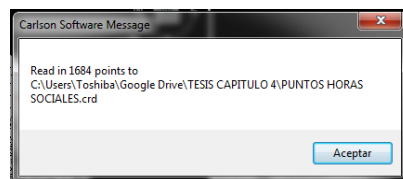


Figura 4. 11 ventana de ejecución de lectura de puntos

Luego aparecerá en la pantalla la siguiente ventana figura 4.12 y damos clic en “Open”

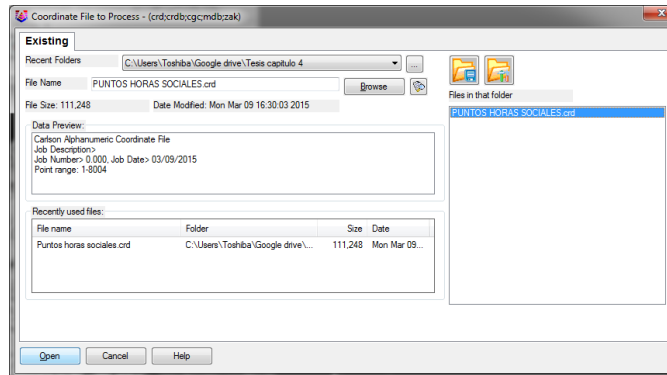


Figura 4. 12 confirmación de lectura de archivo de puntos

Dependiendo de la velocidad del dispositivo el programa tardará en cargar la nube de puntos, y a continuación se muestra como quedan en la figura.

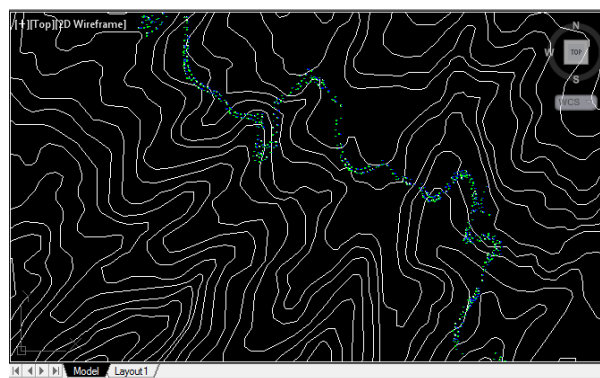


Figura 4. 13 nube de puntos

4.2 CREACION DE SUPERFICIE

Para que el software Carlson pueda utilizar esta superficie, es necesario generar la triangulación, la triangulación es un modelo llamado "TIN" o Triangulated Red Irregular (TRI); Otro nombre común es la de un "DTM" o Modelo Digital del

Terreno. Estas representaciones precisas de un modelo de superficie son significativamente importantes para la mayoría de los proyectos de diseño geométrico de carreteras, tener un conocimiento profundo de la Triangulación y Contorno es muy importante.

4.2.1 CREACION DE SUPERFICIE A PARTIR DE PUNTOS Y CURVAS DE NIVEL

Antes de crear la superficie vamos desactivar la capa de los puntos para ello nos vamos a la barra de tareas y damos click en la opción layer, como se muestra en la figura 4.14:

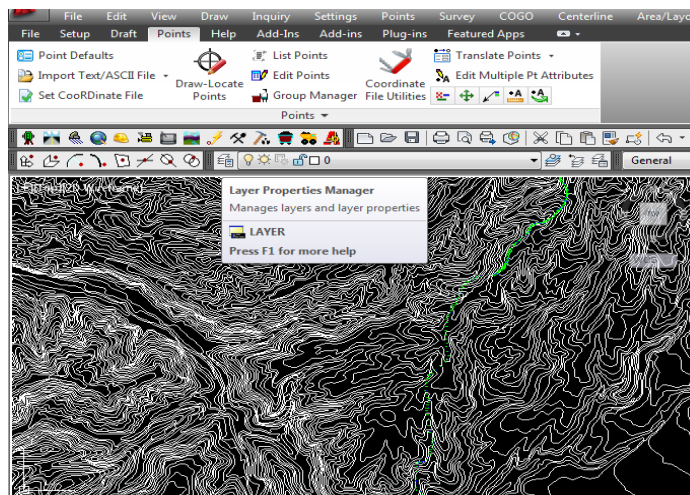


Figura 4. 14 apagar o activar layers

Aparecerá el siguiente cuadro (figura 4.15) y apagamos todas las capas, y solamente dejamos las capas llamadas “CURVAS ST TECLA” “CURVAS COLON” Y “CURVAS NOPICO”

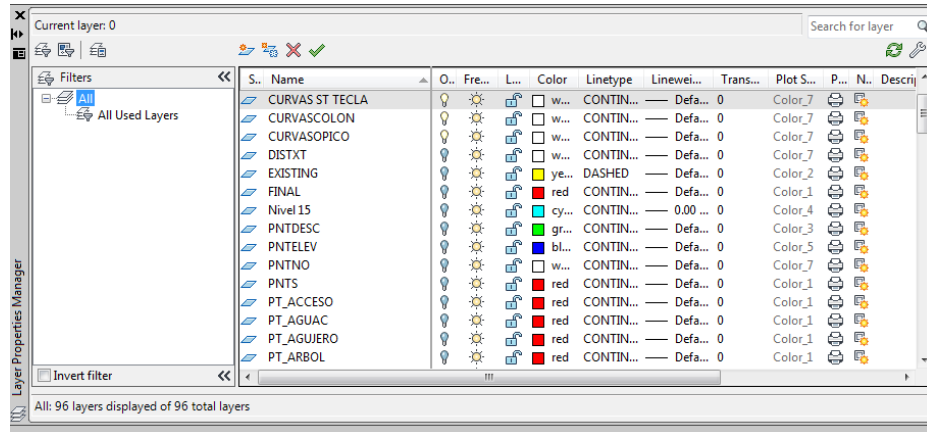


Figura 4. 15 cuadro de layers

Para este diseño se utilizarán las polilíneas que forman las curvas de nivel con una elevación indicada en cada curva, cabe mencionar que estas curvas no deben cruzarse entre sí, pues si esto sucede el programa no podrá procesarlas y se generará un error a la hora de realizar la triangulación del contorno.

Realizamos los siguientes pasos:

En la barra de comandos escribimos: “tri”

Si usamos el menú principal usamos: Surface-Triangulate and Contour

Como se muestra en la figura 4.16

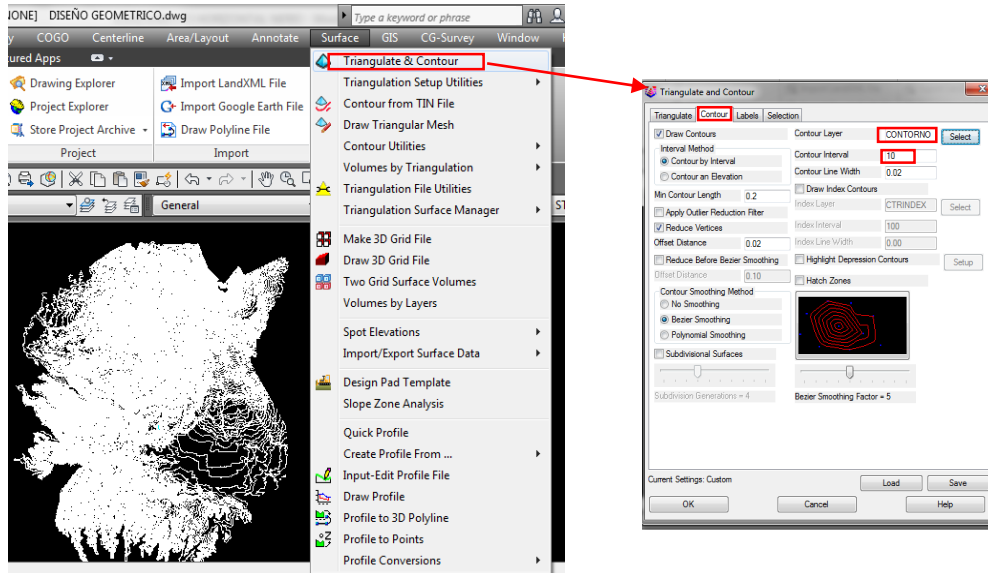


Figura 4. 16 triangulación y contorno menu

En la pestaña “contour” se digitan los parámetros como se muestran en la figura 4.16, el nombre de la capa se llamara “CONTORNO” los intervalos entre curva y curva serán de 10 metros; luego se presiona OK; el cuadro de texto desaparecerá y se deberán seleccionar todas las curvas de nivel (figura 4.17) a las cuales se les asignaran esas propiedades y presionamos enter.

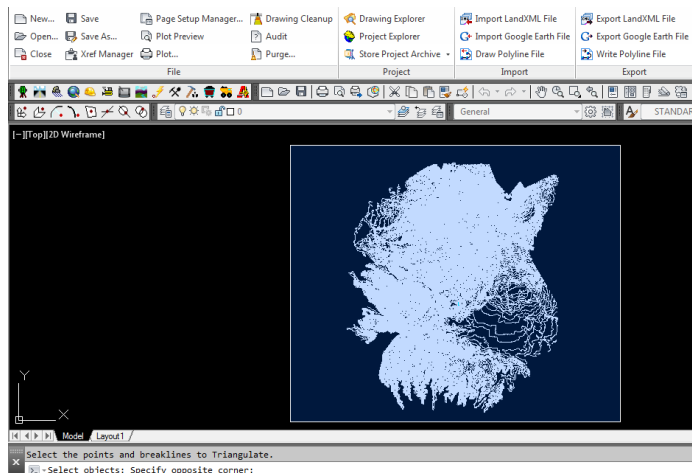


Figura 4. 17 selección de curvas de nivel

De esta manera ya tenemos configurada nuestra superficie con curvas de nivel a cada 10 metros figura 4.18; para tener una mejor perspectiva de nuestro terreno natural vamos a partir la pantalla del software en dos para observar una en vista SUPERIOR y la otra en vista LATERAL.

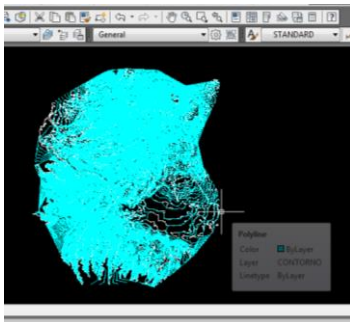


Figura 4. 18 contorno

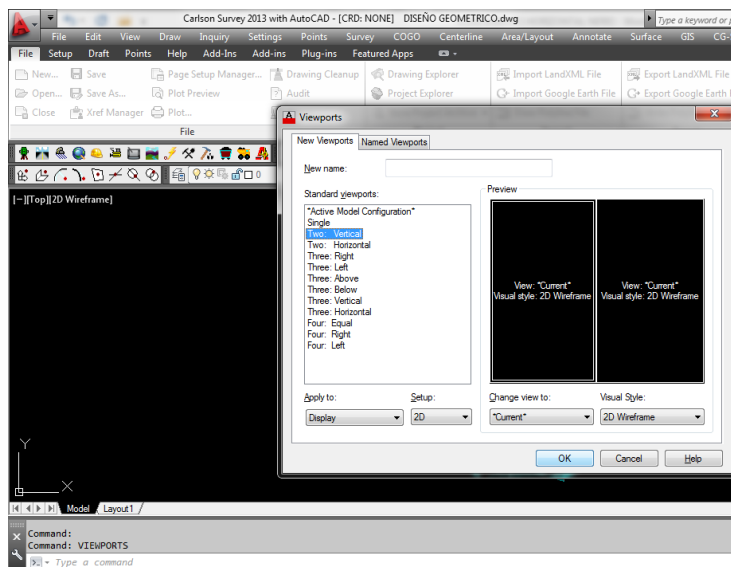


Figura 4. 19 Viewports

En la barra de comandos escribimos: “VIEWPORTS” damos enter y aparecera la ventana de la figura 4.19 Seleccionamos la opción “Two: Vertical” y presionamos OK, de esa manera la pantalla se partirá en dos y podremos manejar dos vistas de nuestro proyecto.

Para escoger el tipo de vista damos click en la parte superior del área de trabajo de Carlson y luego en la ventana emergente seleccionamos “Right”

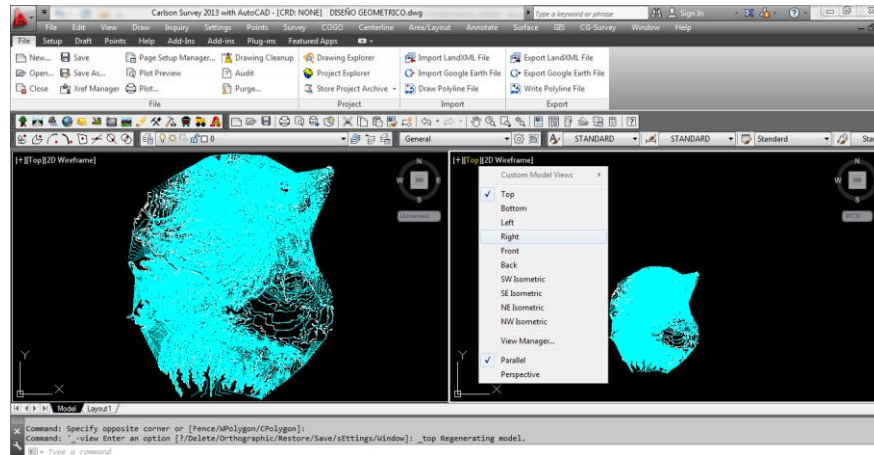


Figura 4. 20 vistas en viewports

Y entonces tendremos esta vista:

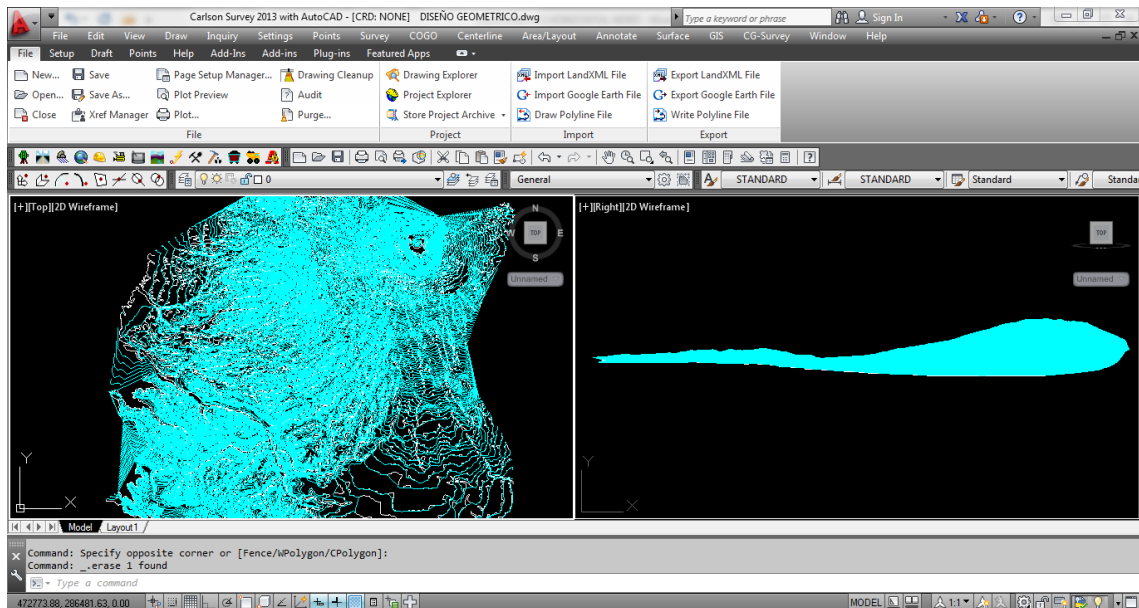


Figura 4. 21 pantalla dividida

Una vez terminado esta triangulación procedemos a activar las capas que habíamos desactivado y aparecerán nuevamente los puntos de nuestro

alineamiento, para activarlas debemos dar click sobre el icono del bombillo y este se activará.

4.3 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

4.3.1 DISEÑAR ALINEAMIENTO

Para definir nuestro alineamiento es necesario inicialmente trazar una polilínea que defina nuestra “LINEA PELO A TIERRA” esta línea es una línea quebrada que define el eje de la vía sin considerar inicialmente los radios de curvatura o el eje definitivo de nuestra vía, sin embargo sirve como parámetro inicial para definir nuestra línea central o eje de la vía.

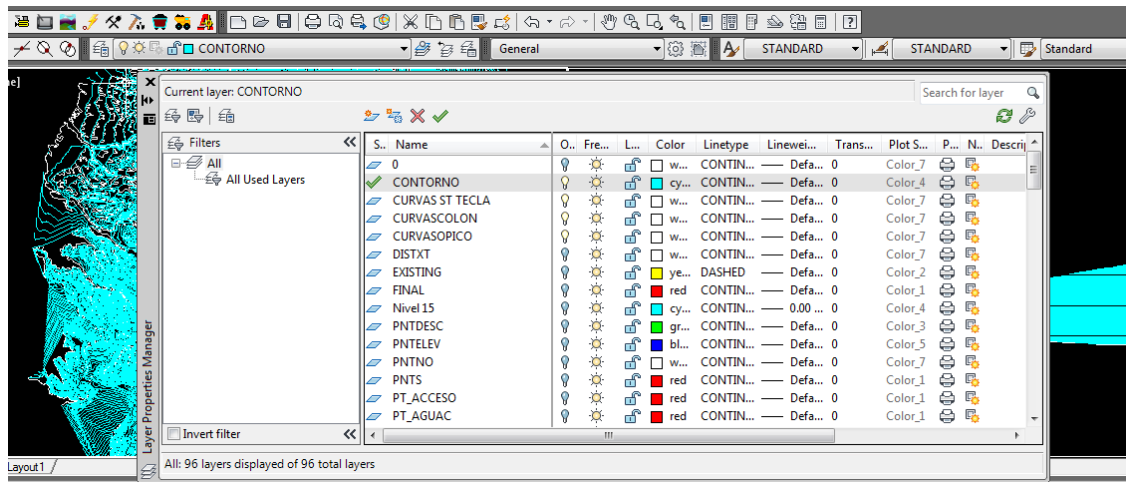




Figura 4. 22 selección de layer línea pelo a tierra

Antes de iniciar con la definición de esta línea pelo a tierra debemos asegurarnos de tener desactivada la función de OSNAP y ORTHO para tener libertad donde ubicar nuestro alineamiento en la interfaz de CARLSON.

Presionamos los botones de “F3” y “F8” de nuestro teclado o desactivamos desde la barra inferior de menú de la pantalla de Carlson como se muestra en la figura:



Figura 4. 23 desactivacion de OSNAP y ORTO

Luego creamos las siguientes capas en la ventana de “layer”  siguiendo los pasos siguientes, damos clic en la pestaña layer -luego en el icono New , de esa manera creamos las capas “CENTERLINE” y “LINEA PELO A TIERRA”

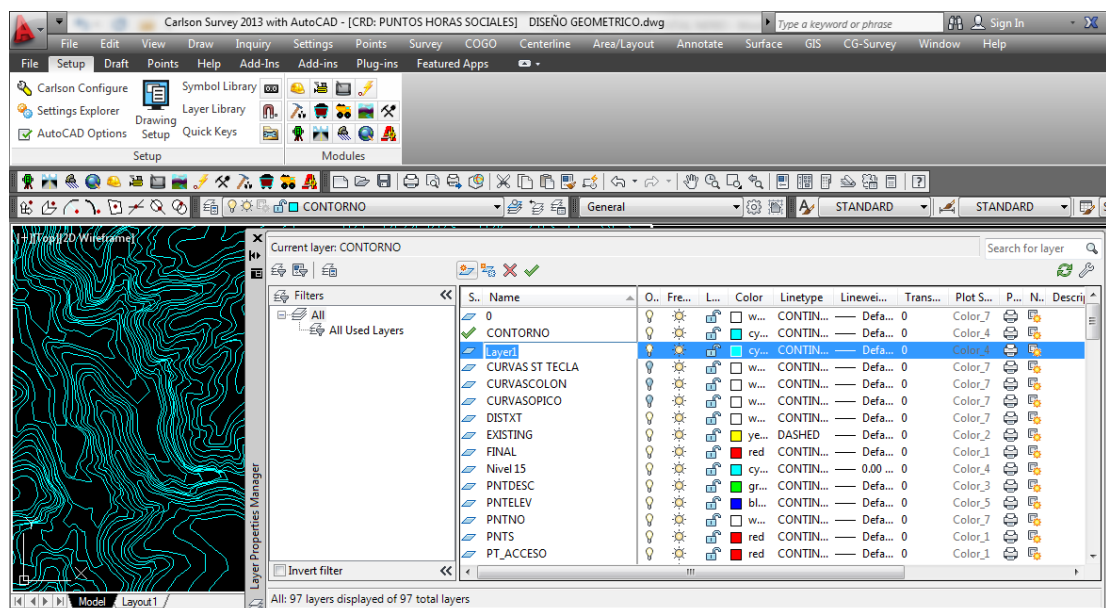


Figura 4. 24 Creacion de Layers centerline y línea pelo a tierra

Para trazar la polilinea hacemos uso de los comandos:

En la línea de comando escribir: pline

en la barra de menú principal escribir: Draw-2D poliline

y comenzamos a trazar nuestra línea pelo a tierra como se mira en la figura uniendo los puntos llamados eje o en su defecto el mas cercano a el, procurando que el alineamiento se adecue al camino existente.

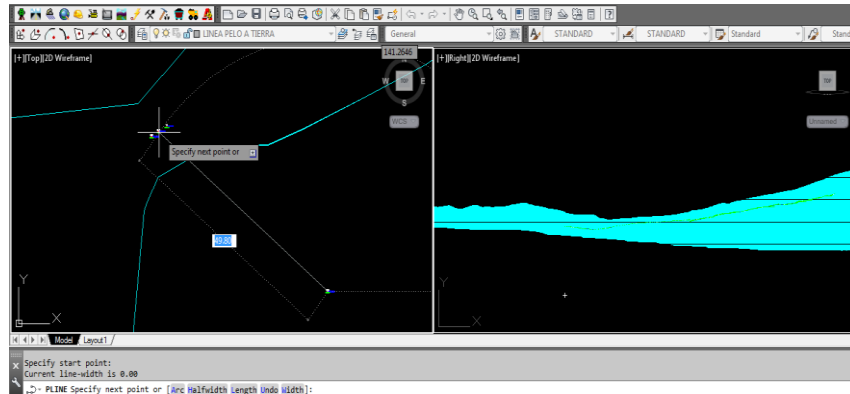


Figura 4. 25 Línea pelo a tierra

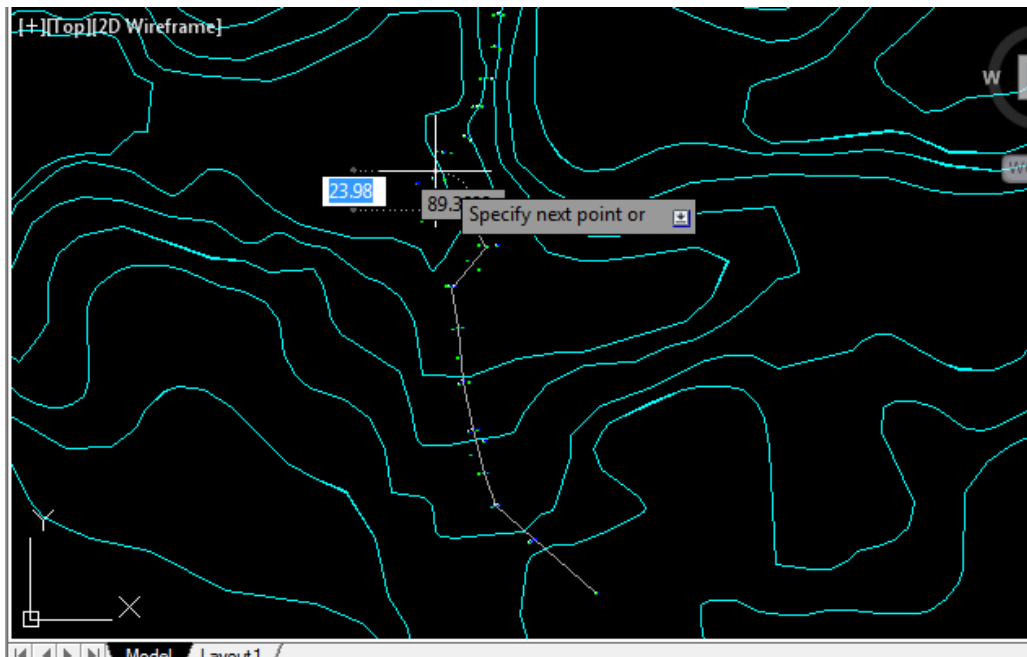


Figura 4. 26 polilínea de línea pelo a tierra

Al terminar de trazar la polilínea nos quedara como se muestra en la siguiente figura, para poder observar mejor la línea pelo a tierra hemos apagado la capa de contorno que contiene las curvas de nivel.

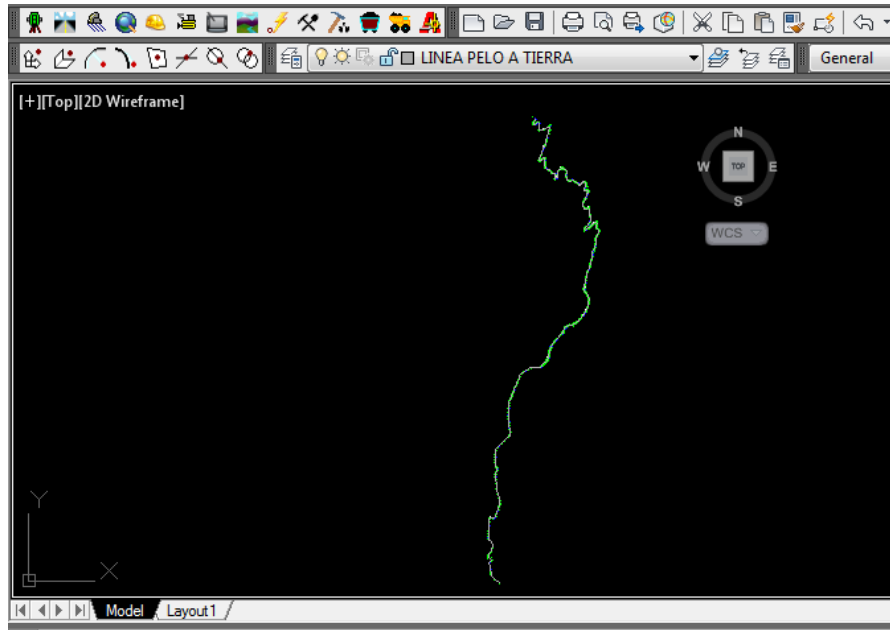


Figura 4. 27 alineamiento previo a partir de línea pelo a tierra

Con este alineamiento previo vamos a trazar nuestra línea central o “CENTERLINE” que servirá para definir el eje de nuestra vía.

Nuevamente activamos el comando “pline” para ir definiendo nuestra línea central procurando apegarnos lo mas posible a la topografía y alineamiento del terreno.

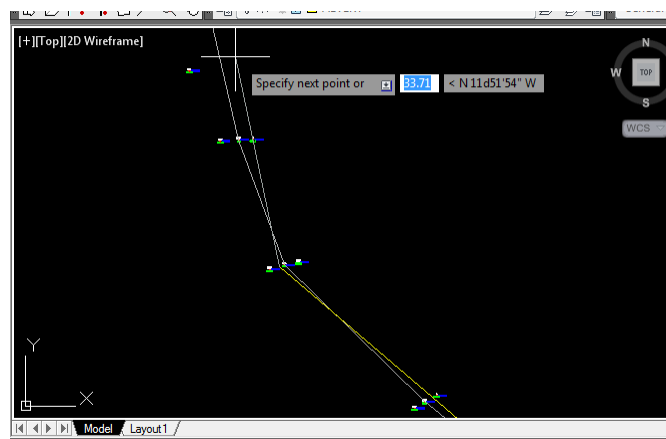


Figura 4. 28 tangentes de diseño

Una vez hallamos definido nuestro alineamiento previo procedemos a generar las curvas horizontales simples para ello utilizamos el siguiente comando:

En la barra de comando escribimos: “2TANLIN”

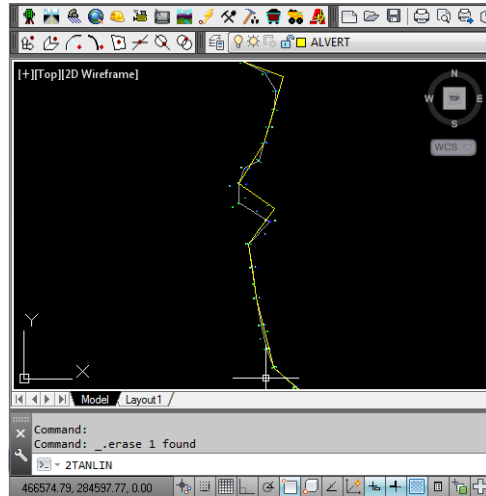


Figura 4. 29 comando 2TANLIN

Este comando genera una curva entre dos líneas tangentes a partir de un radio definido por el usuario y para nuestro caso usaremos el radio definido por SIECA:

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 8%			Peralte máximo 10%		
		Radio (m)		Grado de Curva	Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
30	0.17	28.3	30	38° 12'	26.2	25	45° 50'
40	0.17	50.4	50	22° 55'	46.7	45	25° 28'
50	0.16	82.0	80	14° 19'	75.7	75	15° 17'
60	0.15	123.2	120	9° 33'	113.4	115	9° 58'
70	0.14	175.4	175	6° 33'	160.8	160	7° 10'
80	0.14	229.1	230	4° 59'	210.0	210	5° 27'
90	0.13	303.7	305	3° 46'	277.3	275	4° 10'
100	0.12	393.7	395	2° 54'	357.9	360	3° 11'
110	0.11	501.5	500	2° 17'	453.7	455	2° 31'
120	0.09	667.0	665	1° 43'	596.8	595	1° 56'

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p. 156

Nota: Cifras redondeadas para radios y grados recomendados

Figura 4. 30 parametros SIECA para radio de curvatura

Al introducir el comando, lo primero que el programa solicita es el radio de curvatura que para nuestro caso lo hemos definido en 30, sin embargo en zonas donde los puntos se vuelven de paso obligado y el espacio es muy reducido hemos variado el Radio de tal manera que no cumpla con el alineamiento.

Cuando nos pregunta el tamaño del Radio digitamos 30 y presionamos enter:

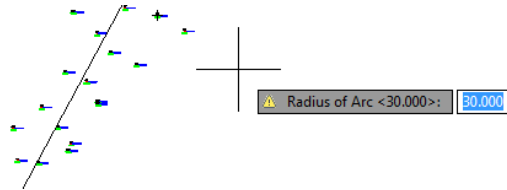


Figura 4. 31 introduccion de radio de curvatura

Entonces el programa solicita que demos un clic sobre una de las dos tangentes entre las cuales se creará la curva horizontal simple Figura 4.32 y 4.33.

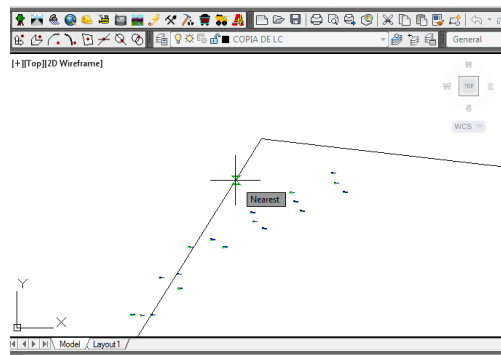


Figura 4. 32 tangente de entrada

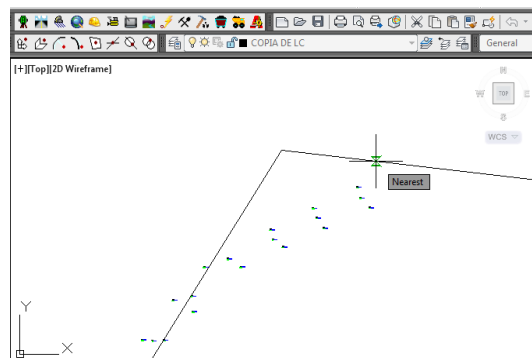


Figura 4. 33 tangente de salida

La línea quebrada se transforma ahora en una línea con un radio de curvatura de 30 como se muestra en la figura 4.34:

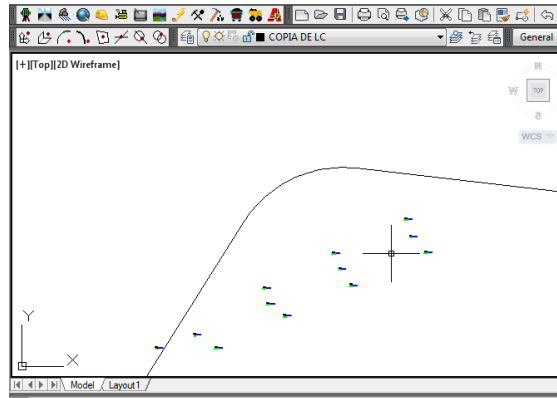


Figura 4. 34 curva con radio mínimo de curvatura

Realizamos lo mismo con todas las tangentes hasta tener nuestro alineamiento con todos los radios de curvatura como se muestra en la siguiente figura 4.35:

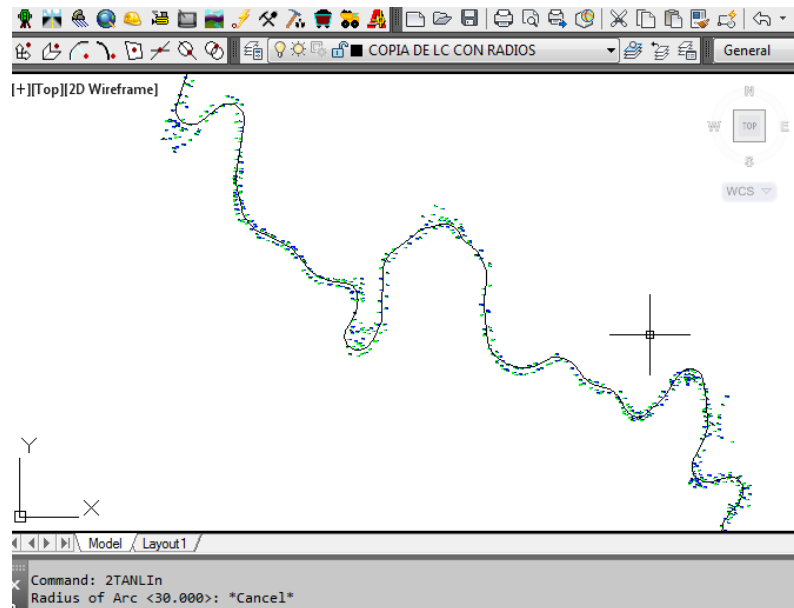


Figura 4. 35 alineamiento con curvas definidas

ASIGNACION DE LA "CENTERLINE"

Una vez que tenemos trazado nuestro alineamiento horizontal vamos a pedirle al programa que lo defina como una "CENTERLINE" que es el formato que Carlson reconoce para generar posteriormente el estacionamiento.

En la barra de comando escribimos: “CLPLINE”

O desde la barra de menú: “centerline-polyline to centerline file”

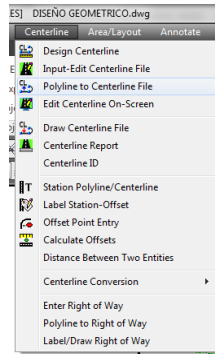


Figura 4. 36 menú desplegable centerline

Aparecerá el siguiente recuadro donde asignamos el nombre de nuestra centerline y damos clic en “SAVE” para guardar nuestro archivo, inmediatamente después el programa nos pedirá que seleccionemos la polilinea a convertir en centerline como se muestra en la figura 4.37:

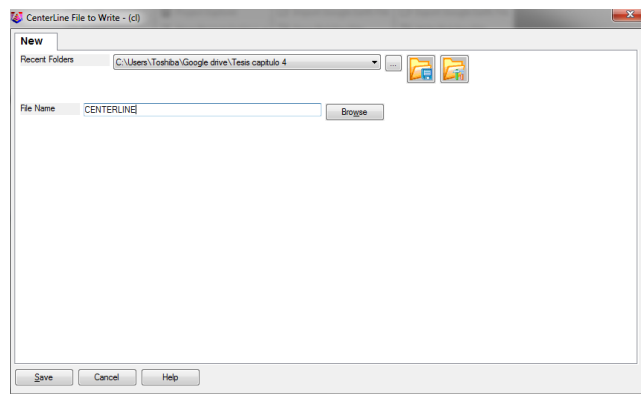


Figura 4. 37 Ventana centerline

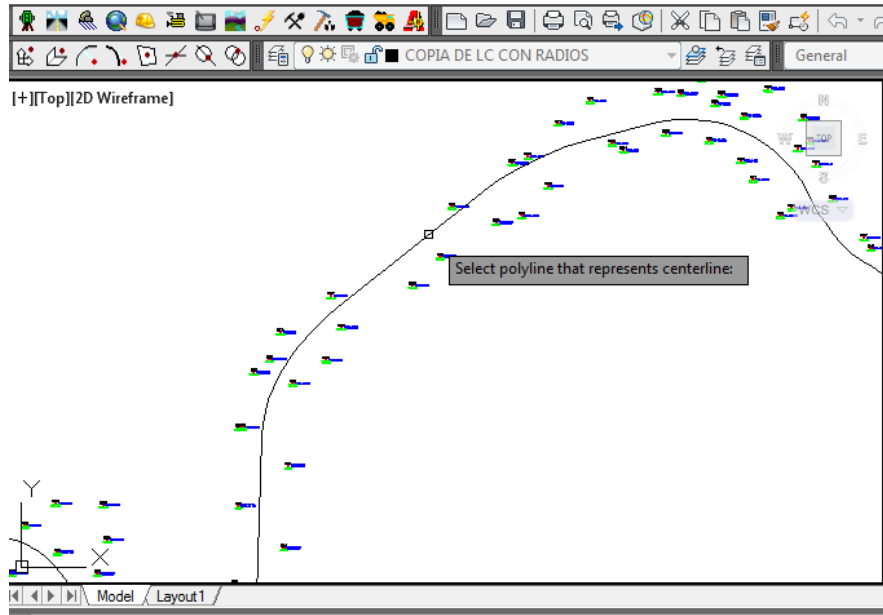


Figura 4. 38 selección de polilínea a centerline

Luego el programa nos pedirá el estacionamiento y digitamos 0+000

Y finalmente presionamos enter para finalizar.

4.3.2 ESTACIONAMIENTOS

Cuando tenemos creada la centerline aplicamos el comando “stapl” este comando sirve para crear los estacionamientos de la centerline a intervalos de distancia definidos por el usuario.

En la línea de comando escribimos: “STAPL”

Este comando genera el cuadro de la figura, y especificamos la distancia entre estaciones a cada 100m y las estaciones intermedias a cada 50 m como se muestra en la Figura 4.39.

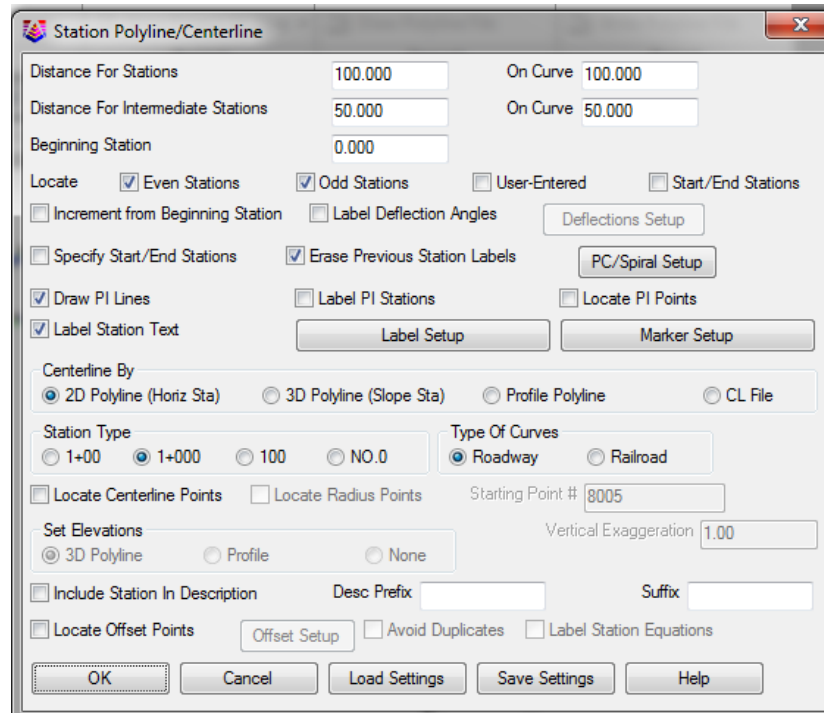


Figura 4. 39 Estacionamientos de Centerline

Damos click en OK y el programa nos pide seleccionar la centerline a la cual se le aplicará la numeración Figura 4.40.

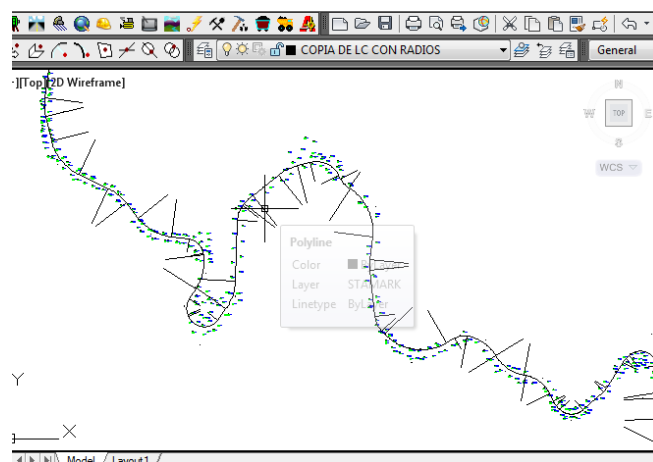


Figura 4. 40 vista previa de alineamiento horizontal

Por ultimo generamos el reporte de la numeración de los estacionamientos y para eso escribimos en la barra de comandos el siguiente: "CLREPORT"

Nos aparece el siguiente recuadro Figura 4.41:

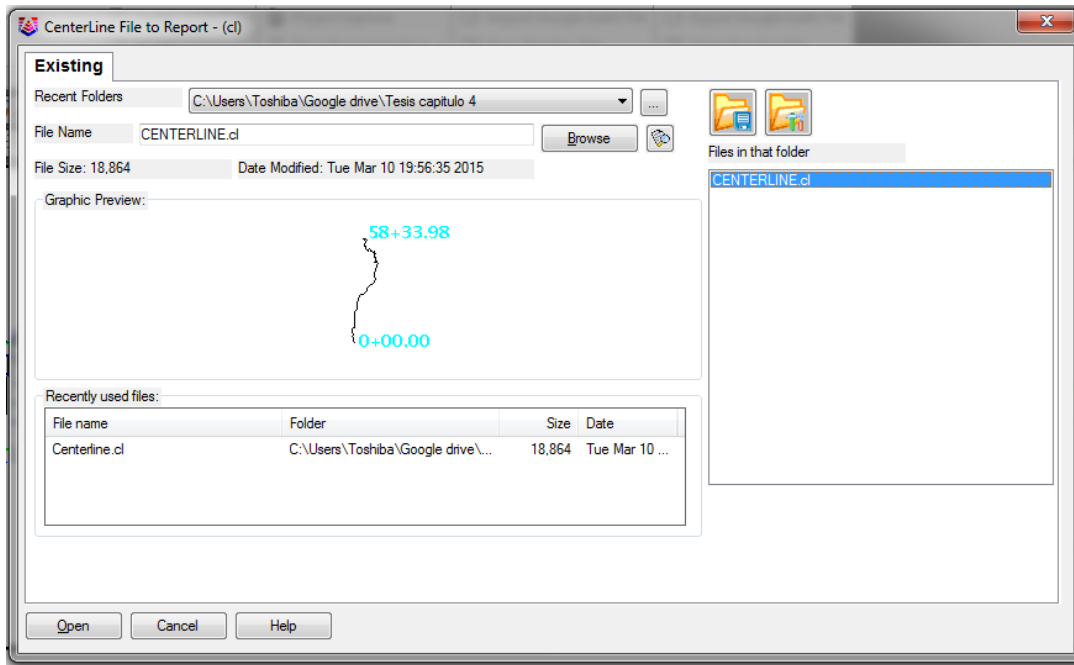


Figura 4. 41 Reporte de centerline

Y seleccionamos el archivo de nuestra centerline para que genere el reporte, luego damos click en Open y nos aparece la siguiente figura 4.42, colocamos la cantidad de decimales en dos y el sufijo en metros, m; tipo de curva Roadway.

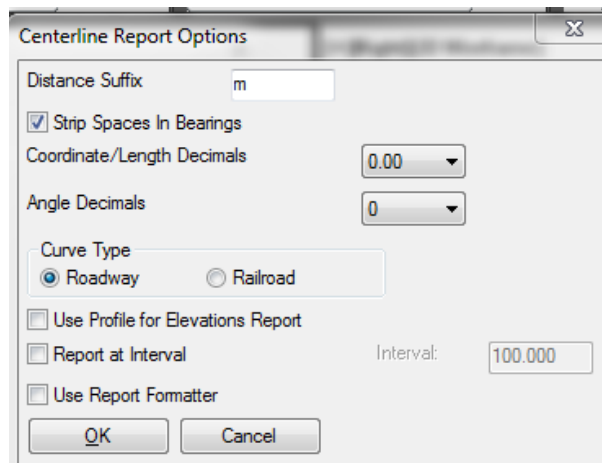


Figura 4. 42 Opciones de reporte de centerline

Damos click en OK y nos aparece el siguiente recuadro (Figura 4.43) con la información de nuestro estacionamiento de acuerdo a los parámetros que hemos digitado.

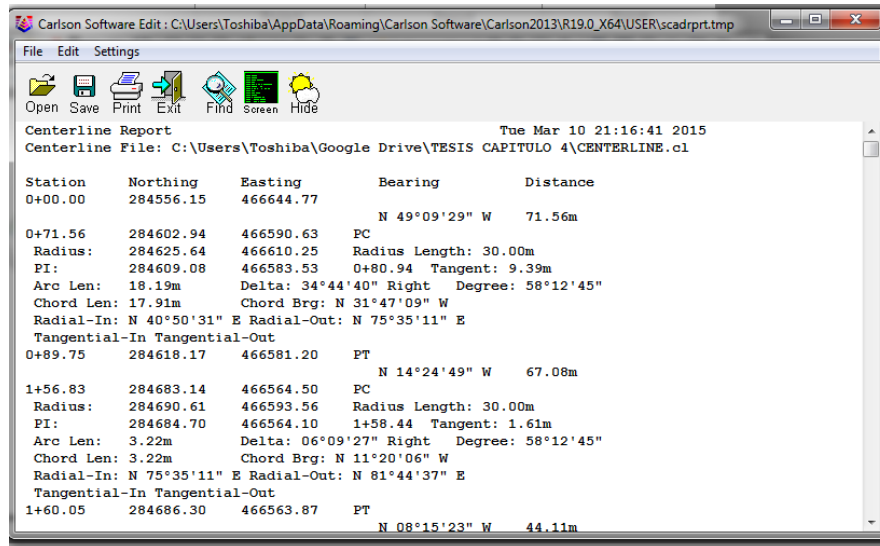


Figura 4. 43 Reporte Centerline

4.4 PERFILES (ALINEAMIENTO VERTICAL)

4.4.1 DISEÑAR PERFIL DEL CAMINO

Una vez tenemos definido el alineamiento horizontal, ya con sus curvas horizontales definidas y que cumplen con los parámetros de diseño, procedemos a generar el perfil de la vía.

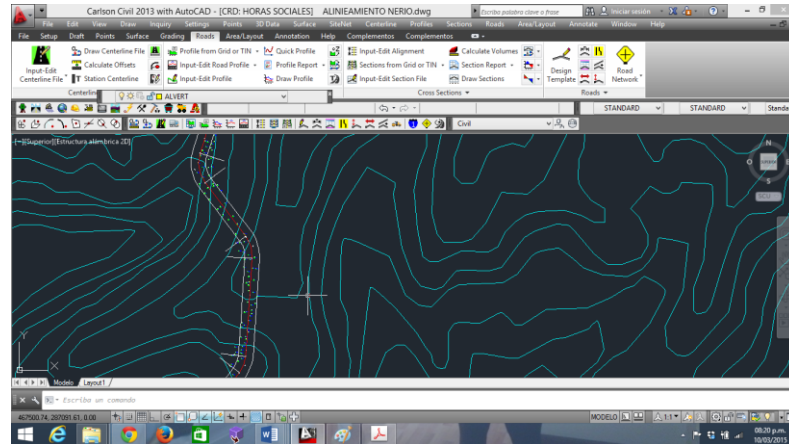


Figura 4. 44 Alineamiento Horizontal

Usando el comando PROSM

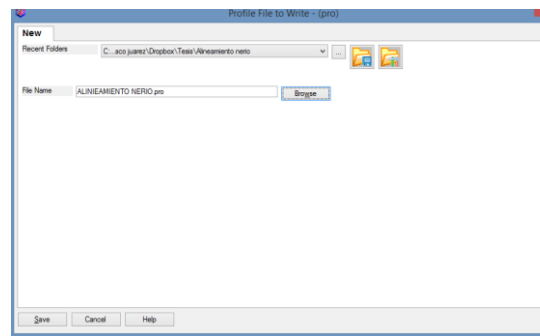


Figura 4. 45 Creación de archivo .PRO

Ahora creamos el archivo .pro que es el archivo para el alineamiento vertical.

En esta nueva ventana asignamos los parámetros del perfil de la vía y el tipo de cadenamamiento:

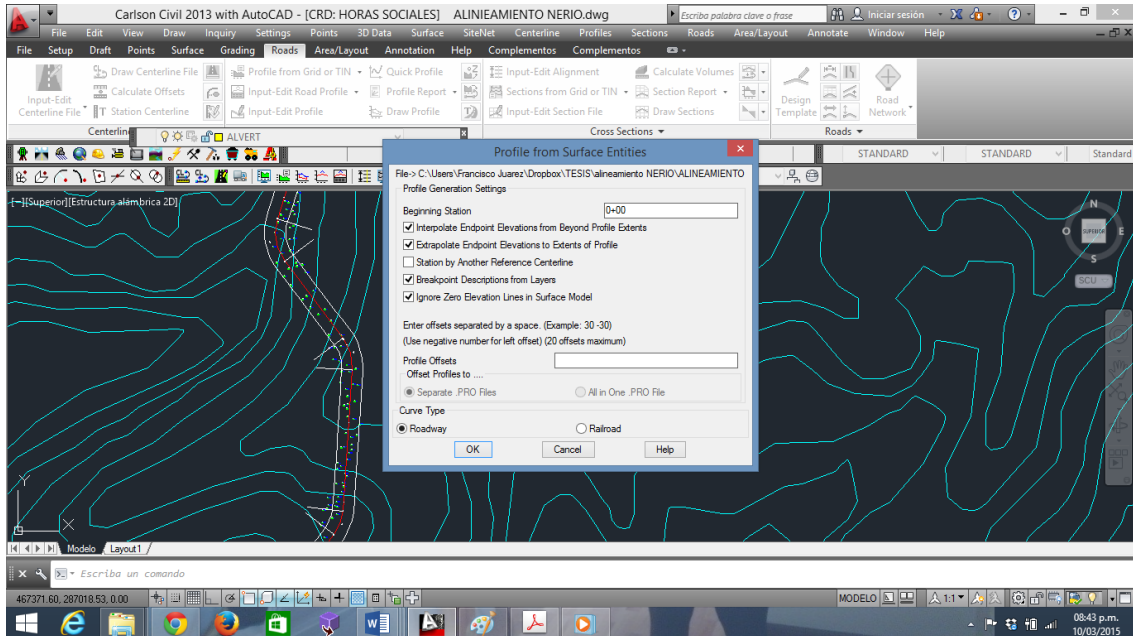


Figura 4. 46 Parametros del perfil de la via

Luego el programa solicita que se seleccione la polilínea de la línea central o “**CENTERLINE**”, se selecciona haciendo CLICK sobre ella. Posteriormente, se requiere seleccionar los objetos con los cuales se trabajará, se hace una selección de toda el área de los contornos como se muestra en la siguiente figura 4.47:

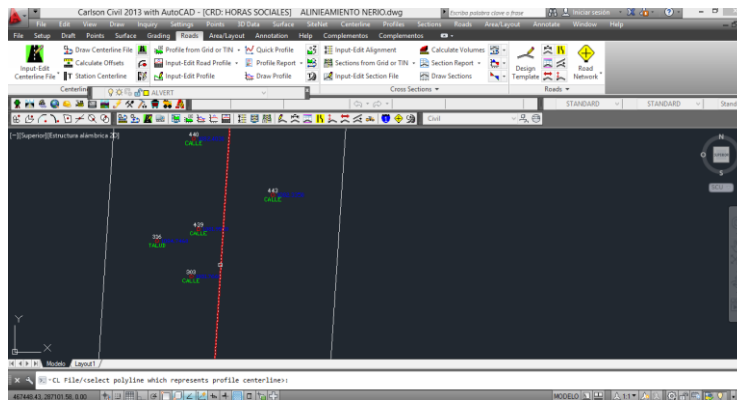


Figura 4. 47 Selección de centerline

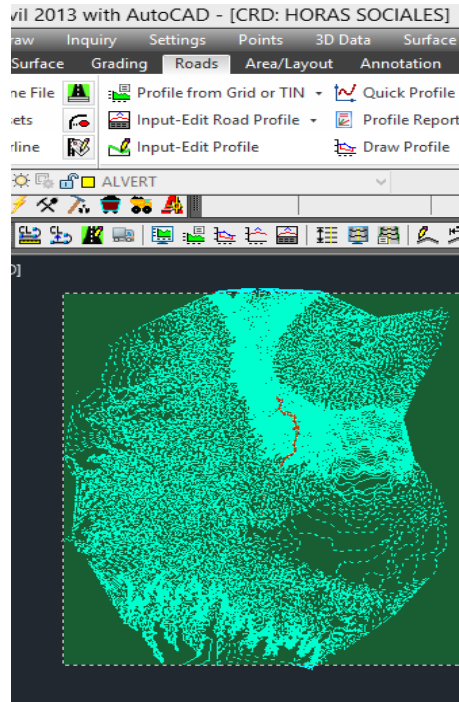


Figura 4. 48 Selección de contornos

Ahora con el comando drawprof tenemos:

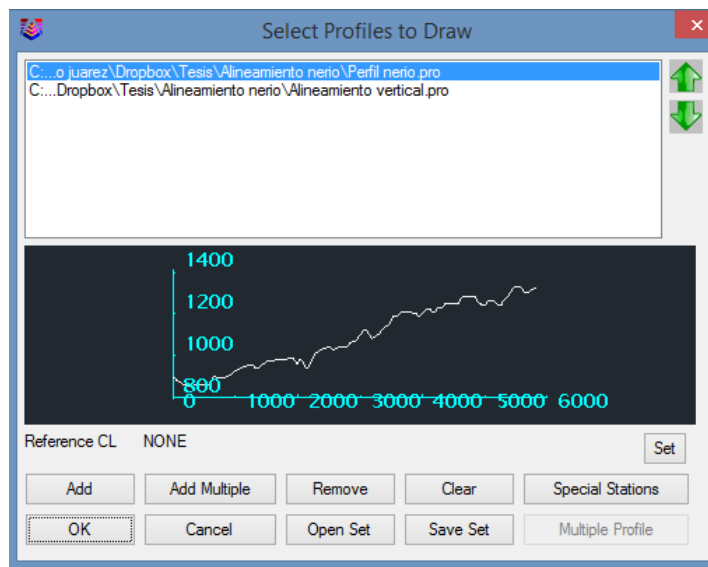


Figura 4. 49 Ventana de comando Drawprof

Damos click en ok y tenemos:

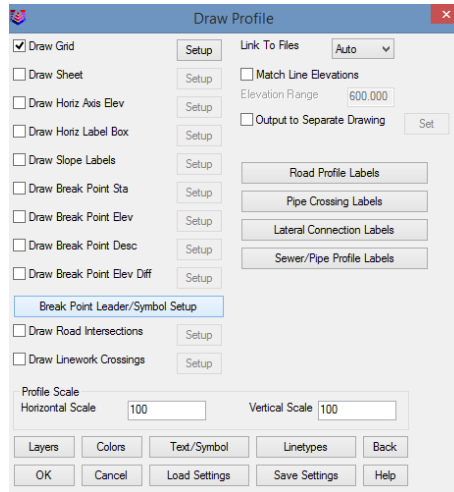


Figura 4. 50 Ajustes del perfil

En la siguiente ventana Figura 4.51 aparecerán los rangos de elevaciones de inicio y finalización del perfil:

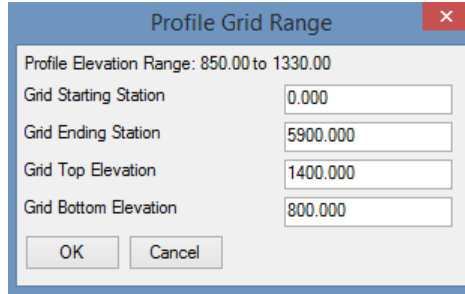


Figura 4. 51 Rango de elevaciones

Se genera el perfil de nuestro diseño

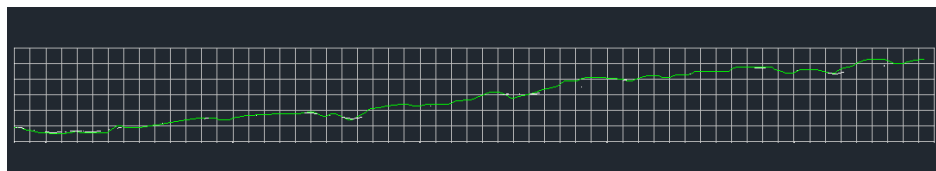


Figura 4. 52 Perfil Generado

4.4.2 GENERAR REPORTES.

Para ver los reportes de nuestro perfil basta con dar click en el icono profile report:

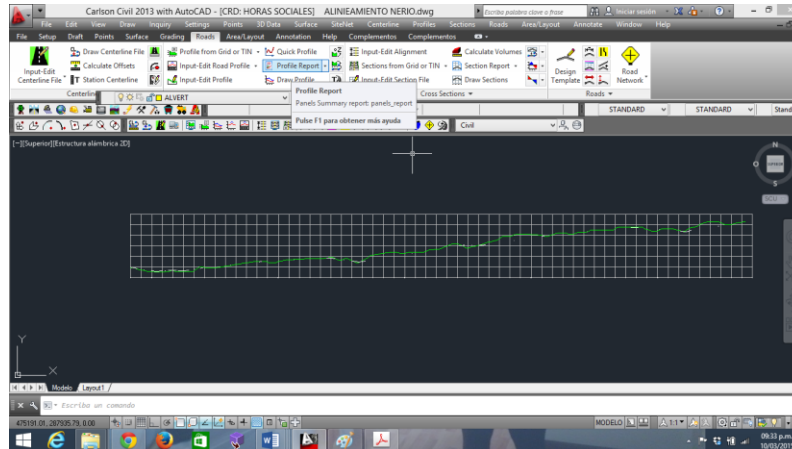


Figura 4. 53 Menu desplegable reporte de perfil

Seleccionamos el nombre del alineamiento con el que estamos trabajando y obtenemos todos los datos:

Station	Elevation	Distance	Slope	Description
0+00.00	893.04			
0+40.63	890.00	40.63	-7.49%	CONTORNO
0+57.07	880.00	16.45	-60.81%	CONTORNO
1+21.51	870.00	64.44	-15.52%	CONTORNO
1+60.78	860.00	39.27	-25.46%	CONTORNO
2+84.49	850.00	123.70	-8.08%	CONTORNO
3+01.47	850.00	16.98	0.00%	CONTORNO
3+60.51	860.00	59.04	16.94%	CONTORNO
3+93.95	870.00	33.44	29.90%	CONTORNO
3+97.38	870.00	3.44	0.00%	CONTORNO
4+23.47	860.00	26.09	-38.33%	CONTORNO
5+94.44	860.00	170.97	0.00%	CONTORNO
6+08.10	870.00	13.65	73.24%	CONTORNO
6+20.60	880.00	12.50	79.97%	CONTORNO
6+38.97	890.00	18.37	54.44%	CONTORNO
6+56.50	900.00	17.53	57.03%	CONTORNO
6+87.84	900.00	31.34	0.00%	CONTORNO
7+06.20	890.00	18.36	-54.46%	CONTORNO
7+32.17	890.00	25.96	0.00%	CONTORNO

Figura 4. 54 Datos obtenidos del reporte

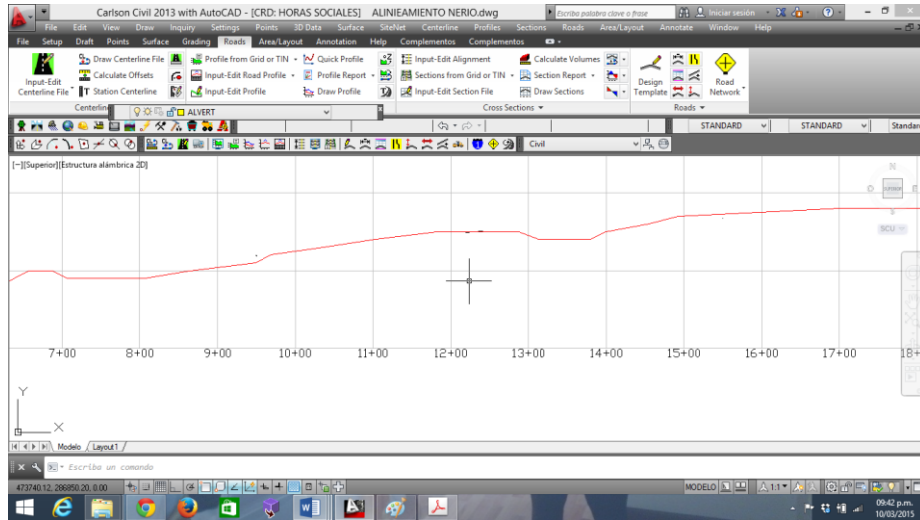


Figura 4. 55 Perfil Generado

4.4.3 ALINEAMIENTO VERTICAL.

Una vez tenemos el perfil, sobre el trabajamos el alineamiento vertical con el comando ROAD figura 4.56

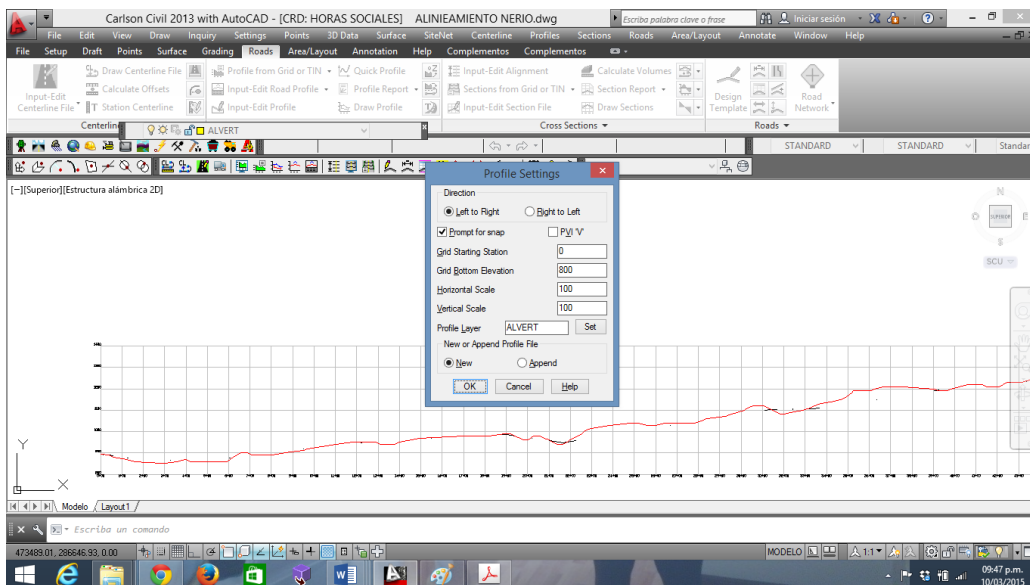


Figura 4. 56 Comando Road

Ahora hacemos click en el punto más bajo de la izquierda y al comienzo del perfil y comenzamos a darle parámetros de diseño.

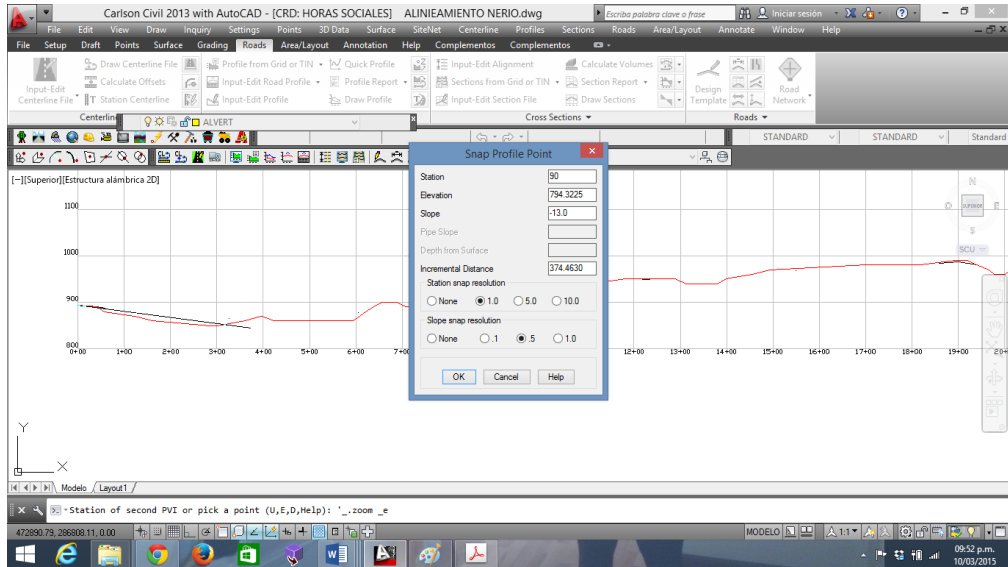


Figura 4. 57 Parametros de Diseño de perfil

Ahora nos pide que interceptemos los parámetros de diseño, que pueden ser longitud de curvatura, valor K entre otros

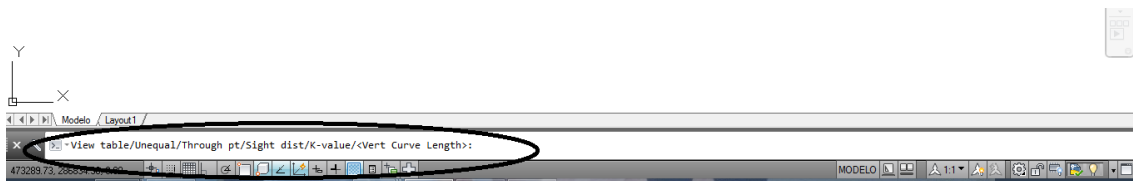


Figura 4. 58 selección de parámetro de diseño

Para el diseño utilizaremos el valor K para una velocidad de diseño de 30 Km/h

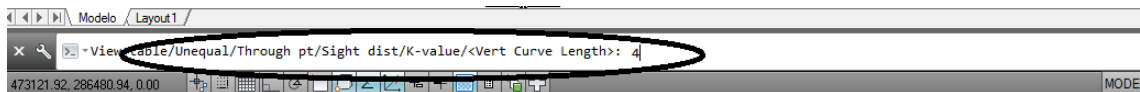


Figura 4. 59 Valor K para velocidad de 30 km/h

Y se genera curva a curva manteniendo los parámetros del diseño de acuerdo a SIECA con un K=4

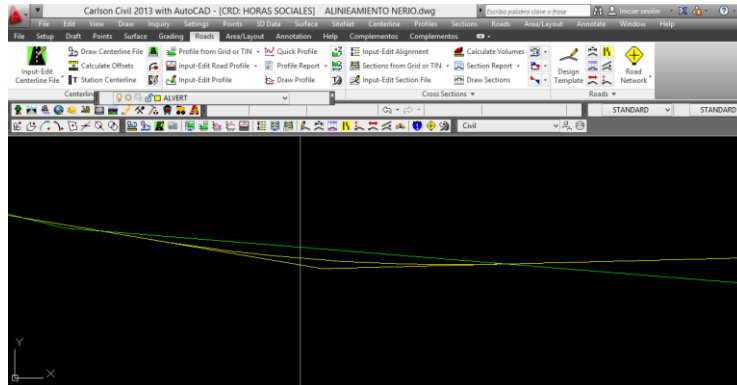


Figura 4. 60 Curva vertical generada

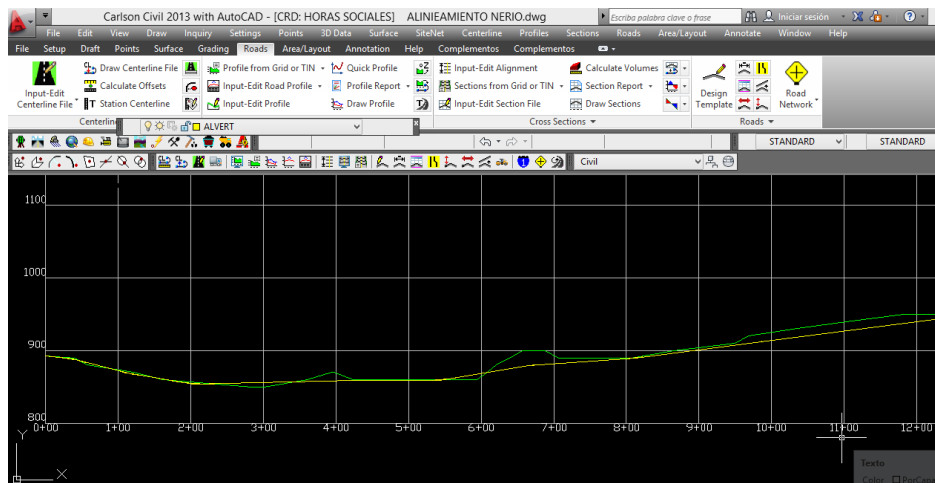


Figura 4. 61 Vista previa de curvas verticales

4.5 SECCIONES TRANSVERSALES

4.5.1 CREAR SECCIONES

Para comenzar a generar las secciones transversales ingresamos el comando EDITMXS con el cual nos aparecerá el siguiente esquema figura 4.62:

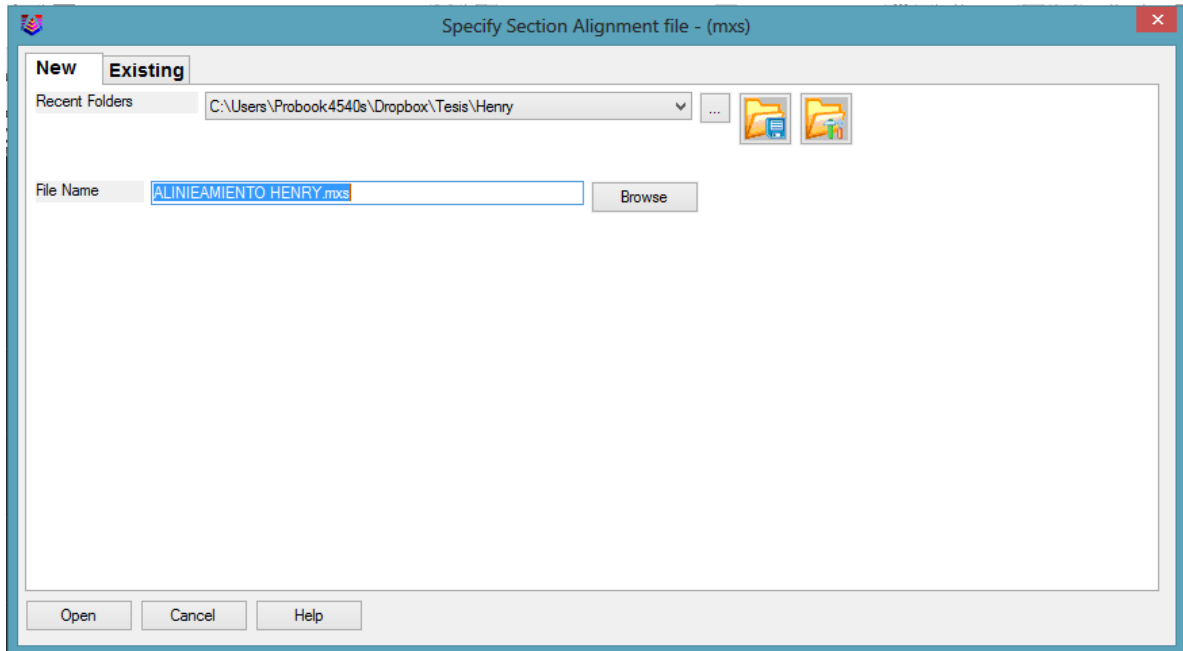


Figura 4. 62 ventana de comando EDITMXS

En él se pide que definamos o guardemos un archivo que contendrá las secciones del alineamiento, el cual tendrá extensiones en formato .mxs

Luego damos clic en open y nos dirá que seleccionemos nuestra centerline, además se nos pedirá ingresar el estacionamiento de inicio del corredor, en nuestro caso el 0+00

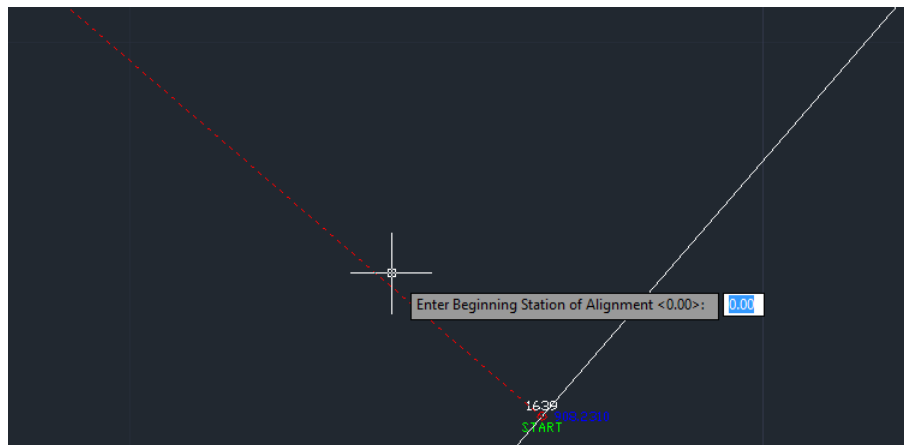
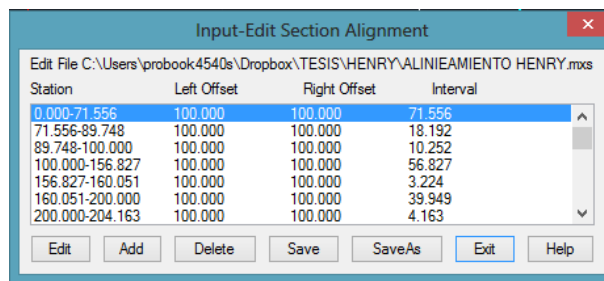


Figura 4. 63 definir inicio de alineamiento para secciones

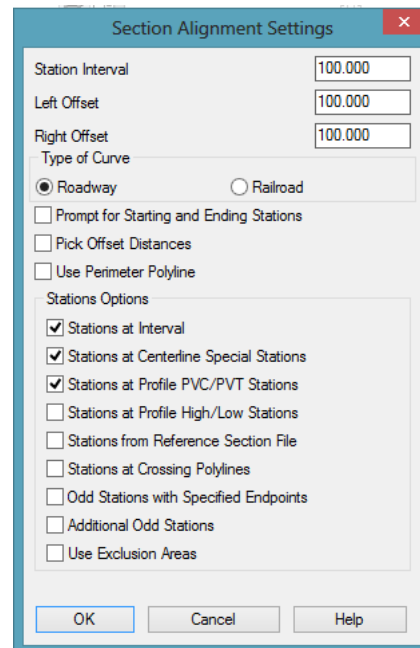
Habiendo realizado lo anterior damos Enter y se nos generará el siguiente informe en el que podremos observar los estacionamientos en los cuales se realiza la sección y el ancho transversal que este abarcaran las secciones en ambos sentidos izquierda y derecha.



Station	Left Offset	Right Offset	Interval
0.000-71.556	100.000	100.000	71.556
71.556-89.748	100.000	100.000	18.192
89.748-100.000	100.000	100.000	10.252
100.000-156.827	100.000	100.000	56.827
156.827-160.051	100.000	100.000	3.224
160.051-200.000	100.000	100.000	39.949
200.000-204.163	100.000	100.000	4.163

Figura 4. 64 entrada y edición del alineamiento de la sección

Damos clic en Add y seleccionamos la amplitud transversal que abarcará nuestra sección y el distanciamiento a lo largo de la centerline a los cuales se dibujará la sección.



Station Interval: 100.000
Left Offset: 100.000
Right Offset: 100.000

Type of Curve:
 Roadway Railroad

Prompt for Starting and Ending Stations
 Pick Offset Distances
 Use Perimeter Polyline

Stations Options:
 Stations at Interval
 Stations at Centerline Special Stations
 Stations at Profile PVC/PVT Stations
 Stations at Profile High/Low Stations
 Stations from Reference Section File
 Stations at Crossing Polyines
 Odd Stations with Specified Endpoints
 Additional Odd Stations
 Use Exclusion Areas

Figura 4. 65 Ajustes del alineamiento de la sección

Al darle clic en ok se nos abrirá el cuadro de dialogo siguiente en el cual seleccionaremos nuestro perfil vertical utilizado para el diseño.

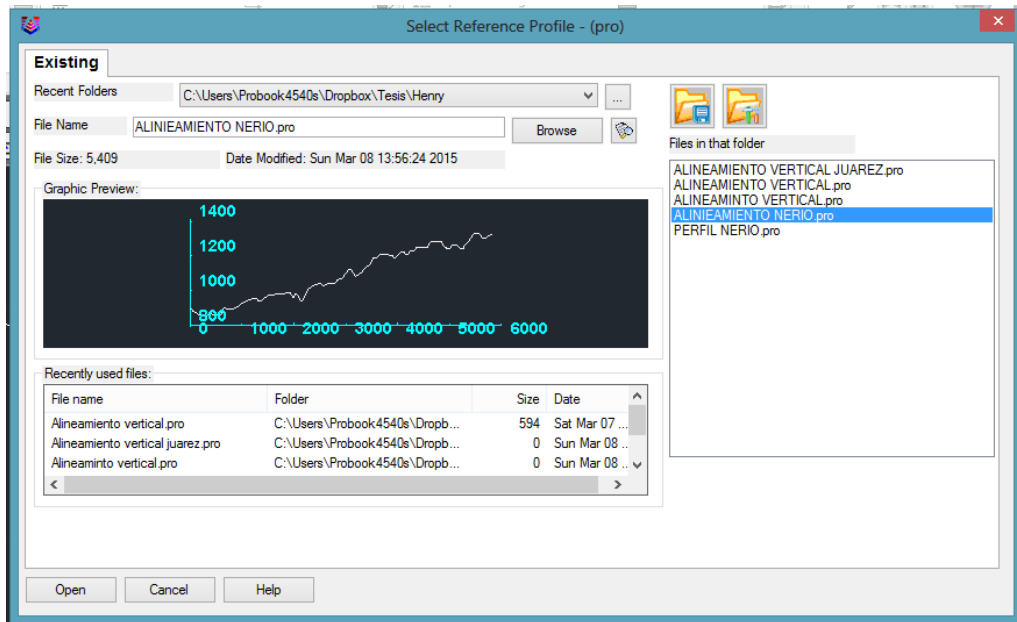


Figura 4. 66 Selección de archivo de referencia para crear secciones

Al darle clic en abrir visualizaremos momentáneamente las secciones espaciadas a cada 100m a cada lado de la línea central.

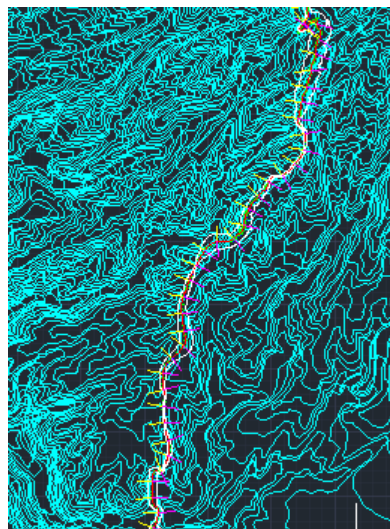


Figura 4. 67 Visualización previa de secciones

Luego que ya está creado el archivo al dar zoom en la pantalla se ocultarán automáticamente

Creación de un GRID

Utilizamos el comando MKGRID con el cual generaremos una rejilla o Grid que servirá para poder procesar los datos de la carretera terminada y servirá de ayuda para generar las curvas masa, generación de secciones de la carretera terminada, etc.

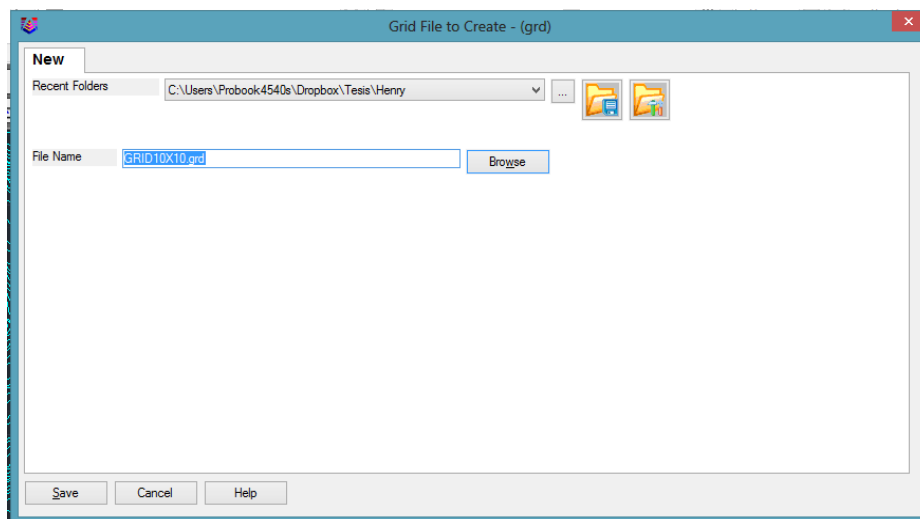


Figura 4. 68 Archivo de rejilla a crear

Damos clic en guardar y se nos abrirá el cuadro de dialogo siguiente en el que definiremos el rango de elevaciones, el método de modelaje para el Grid, que en nuestro caso elegimos el de triangulación y además el número de celdas en los ejes X,Y. Entre más pequeño sea el tamaño de celda, más exacto y preciso será el "GRID"; en este caso un tamaño de celda de 10x10 que será más que suficiente.

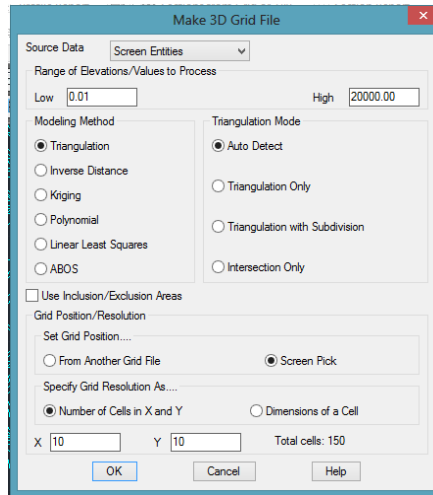


Figura 4. 69 Ajustes de rejilla

Luego, se pide que se seleccionen los objetos los cuales cubrirán al “GRID”, en este caso se seleccionarán todas las curvas de nivel dando un “click” en la esquina inferior izquierda y otro en la superior derecha, luego apretando “ENTER” y se procederá al procesamiento de datos. Es de mucha importancia saber que entre más pequeño el tamaño de celda asignado al “Grid”, más se tardará en procesar los datos.

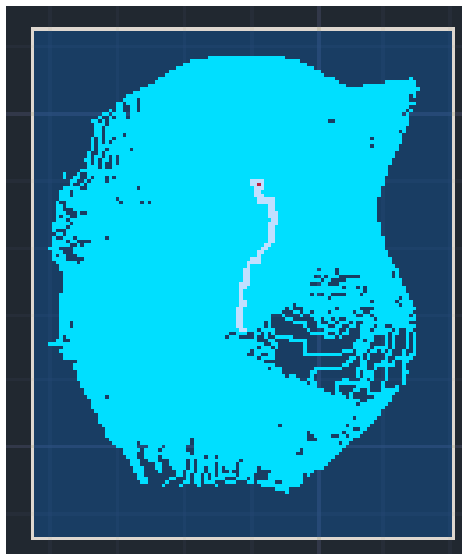


Figura 4. 70 Selección de contornos para crear secciones

Creación de secciones utilizando el comando SCTGRID:

Habiendo realizado nuestra rejilla procedemos al siguiente paso que es la creación, para ello digitamos el comando SCTGRID y damos enter, se nos abrirá el cuadro de dialogo siguiente en el que seleccionaremos el archivo que contiene el Grid que acabamos de generar y damos abrir.

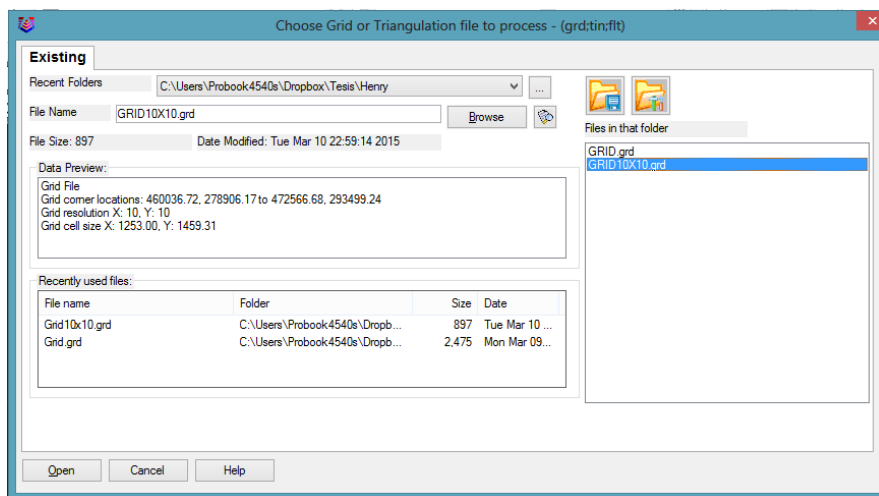


Figura 4. 71 Selección de archivo de Rejilla

Se nos abrirá el cuadro siguiente en el que seleccionaremos el alineamiento de secciones que generamos al principio y abrimos.

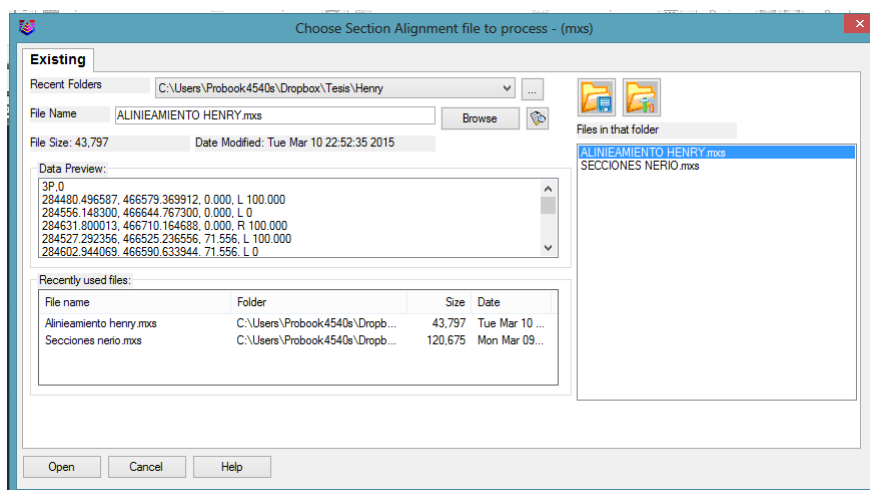


Figura 4. 72 Selección de archivo de sección a procesar

Luego se nos abrirá un nuevo cuadro donde nos pedirá que asignemos un nombre para el archivo que contendrá las sección del terreno en un formato .sct

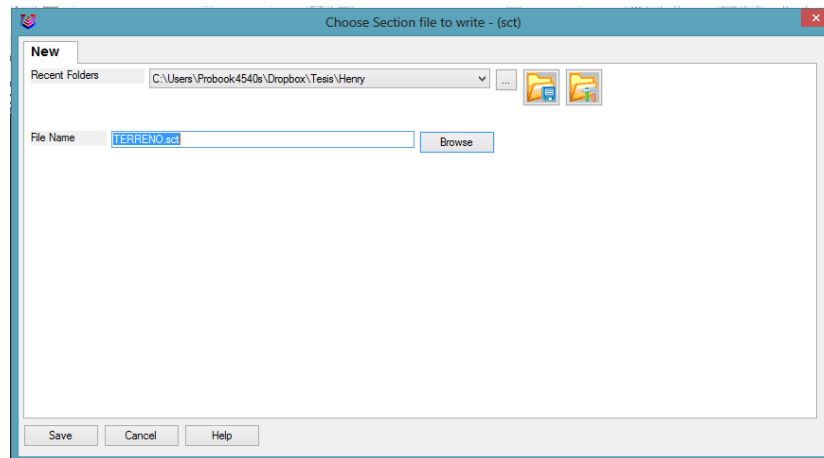


Figura 4. 73 asignacion de nombre para archivo

Terminado lo anterior escribimos el comando TEMPLATE, luego de lo cual se nos abrirá el siguiente cuadro donde crearemos la plantilla o sección transversal del eje de la vía a construir.

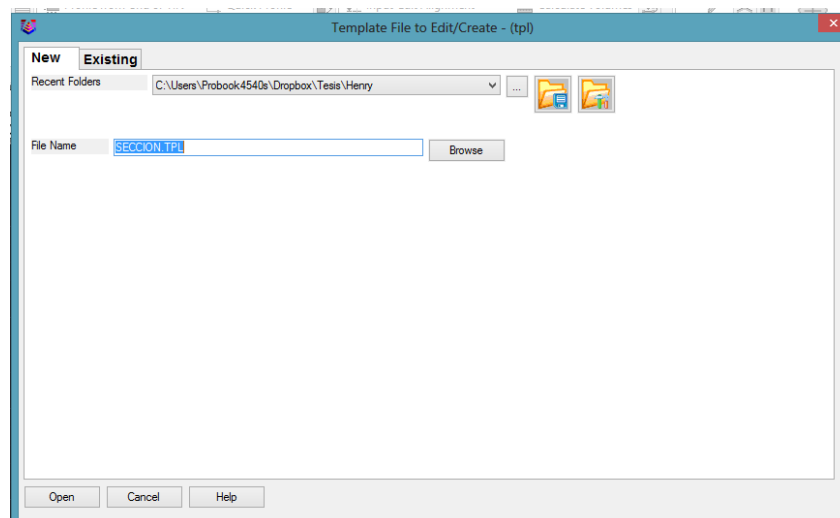


Figura 4. 74 Creacion de plantilla de seccion

Damos clic en abrir donde nos aparecerán un nuevo cuadro con las opciones para generar dicha sección transversal de la vía.

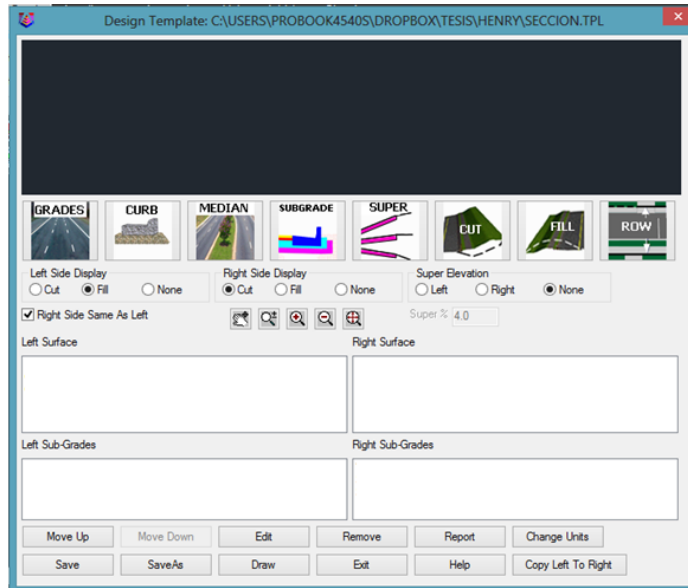


Figura 4. 75 Diseño de plantilla

Para comenzar a editar damos clic en GRADES donde se nos abrirá las opciones para la capa de rodadura de la vía.



En este caso seleccionamos un bombeo del 2.5% que brindará una evacuación del agua lluvia de manera eficiente y un ancho de carril de 3.0m por dirección haciendo un total de 6.0m de sección, para finalizar con el primer paso asignamos un nombre para que nos quede guardado en los registros.

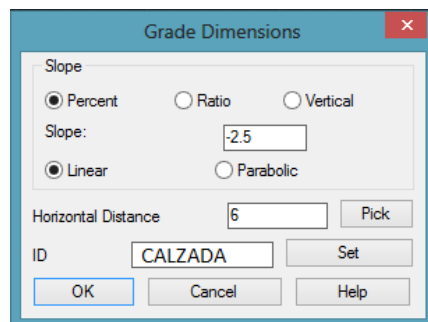


Figura 4. 76 Porcentaje de Bombeo

Para continuar ejecutamos el botón con las opciones de cuneta y bordillo el cual se denomina por CURB.



Para nuestro diseño elegimos la sección prediseñada CURB 3, que es la que mas se apega a las condiciones de nuestra vía.

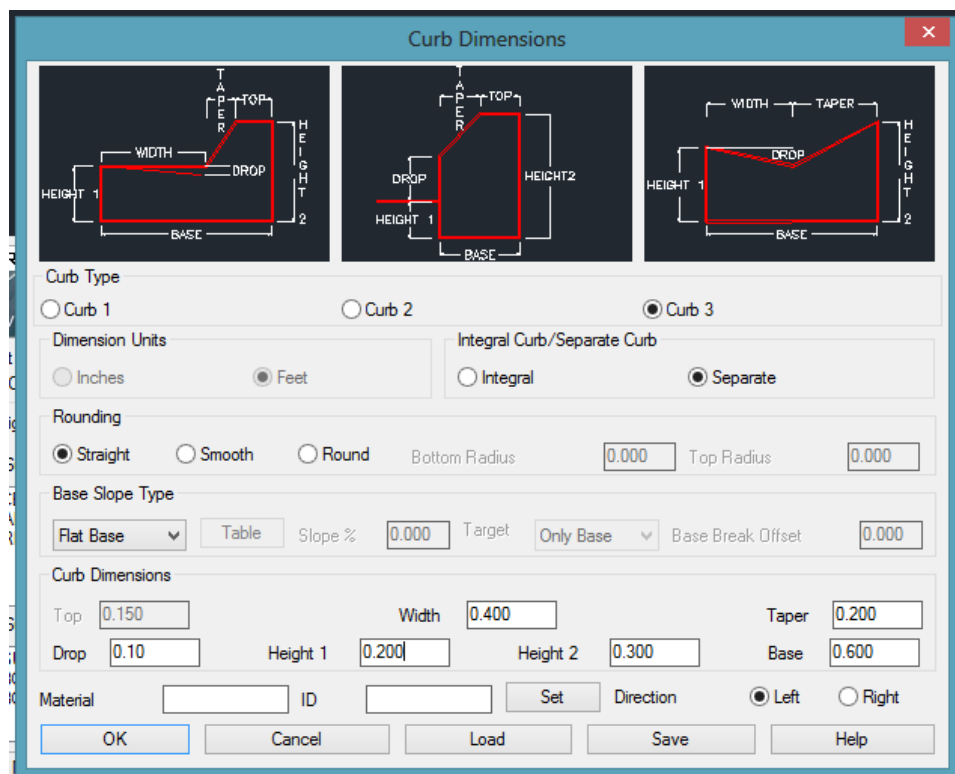


Figura 4. 77 Diseño de cunetas

En ella definimos las características utilizadas según las normativas establecidas en la SIECA tal como se muestra en la figura anterior.

Continuamos abriendo la opción de base y sub base que se denomina SUBGRADE.



En ella nosotros podremos definir las diferentes capas que conforman la vía. Para fines educativos debido a que no contamos con una campaña geotécnica del eje de la vía procederemos a asignar una sección tipo que constará nada más que de la capa de rodadura y de una base de material selecto compactado.

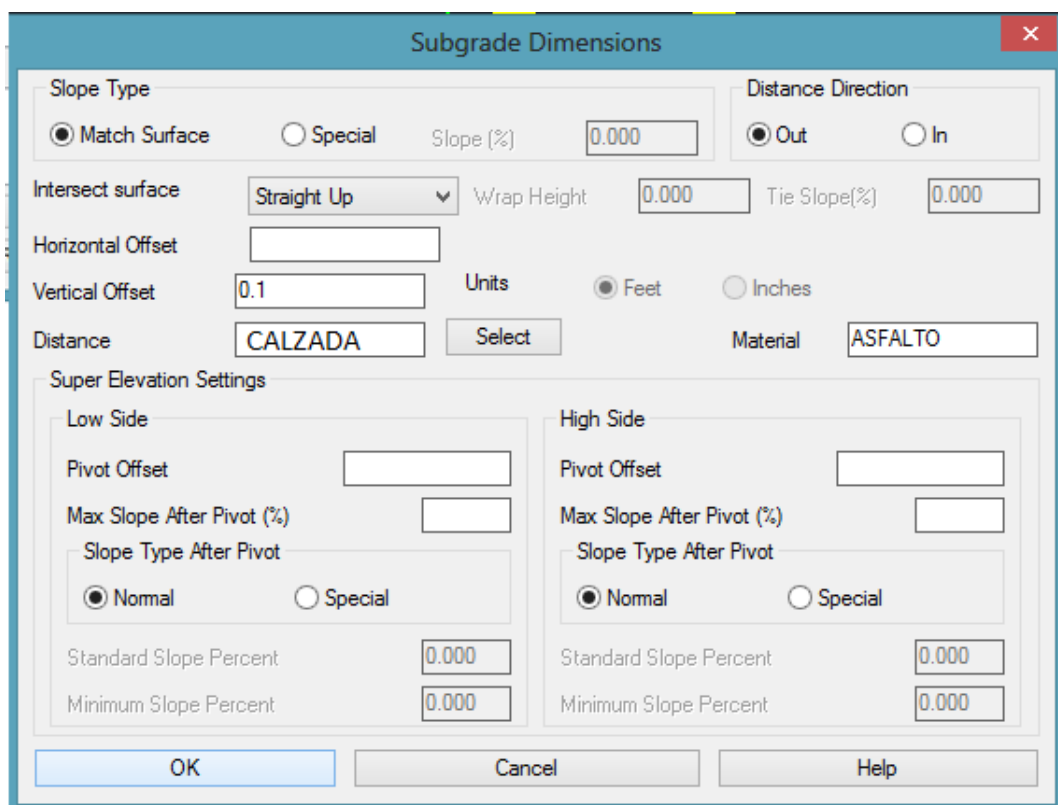


Figura 4. 78 Dimensionamiento de sub base

En la figura anterior podemos observar el tipo de material para la capa de rodadura que es Asfalto una altura de la capa de 10 cm con un ancho de carril

que elegiremos dando clic en select realizado en el primer paso de la creación de la plantilla.

Asi mismo crearemos una nueva capa para generar la base de la via, en la cual únicamente cambiaremos la profundidad y el tipo de material utilizado que en este caso es material selecto compactado.

Figura 4. 79 Dimensionamiento de Sub base

Damos clic en OK y pasamos a definir los cortes y taludes que estarán longitudinalmente establecidos con respecto a la vía.



En este paso definimos el ancho del talud o la relación que tiene entre la escala vertical y horizontal. Para nuestro trabajo hemos considerado una relación de talud de 1.5:1.0 debido que en el reconocimiento del lugar y los recorridos de campaña topográfica realizados a la zona en estudio, el material predominante encontrado es el conocido mayormente por su nombre común “Talpetate” por lo cual según la tabla de secciones según el material siguiente, nos satisfacen adecuadamente.

MATERIAL	CANALES POCO PROFUNDOS	CANALES PROFUNDOS
Roca en buenas condiciones	Vertical	0.25 : 1
Arcillas compactas o conglomerados	0.5 : 1	1 : 1
Limos arcillosos	1 : 1	1.5 : 1
Limos arenosos	1.5 : 1	2 : 1
Arenas sueltas	2 : 1	3 : 1
Concreto	1 : 1	1.5 : 1

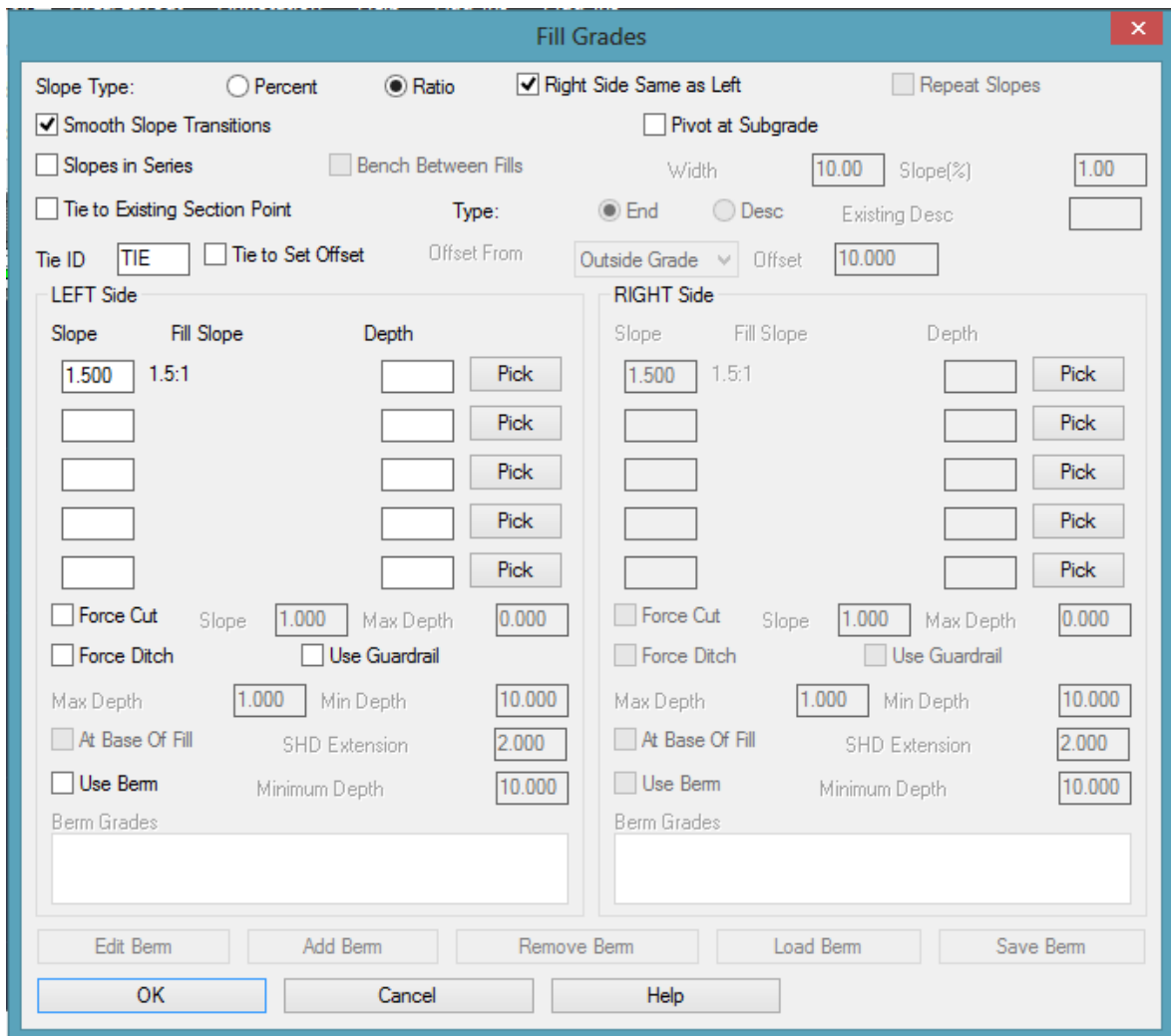
Figura 4. 80 Relación de pendiente de taludes

Figura 4. 81 asignacion de pendiente de talud de corte

Damos clic en OK y luego abrimos el menu de rellenos el cual es el siguiente icono.



Damos clic y se nos genera el cuadro siguiente similar al de los talud en corte.



Fill Grades

Slope Type: Percent Ratio Right Side Same as Left Repeat Slopes

Smooth Slope Transitions Pivot at Subgrade

Slopes in Series Bench Between Fills Width: Slope(%):

Tie to Existing Section Point Type: End Desc Existing Desc:

Tie ID: Tie to Set Offset Offset From: Offset:

LEFT Side			RIGHT Side		
Slope	Fill Slope	Depth	Slope	Fill Slope	Depth
<input type="text" value="1.500"/>	1.5:1	<input type="text"/> <input type="button" value="Pick"/>	<input type="text" value="1.500"/>	1.5:1	<input type="text"/> <input type="button" value="Pick"/>
<input type="text"/>		<input type="text"/> <input type="button" value="Pick"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/> <input type="button" value="Pick"/>
<input type="text"/>		<input type="text"/> <input type="button" value="Pick"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/> <input type="button" value="Pick"/>
<input type="text"/>		<input type="text"/> <input type="button" value="Pick"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/> <input type="button" value="Pick"/>
<input type="text"/>		<input type="text"/> <input type="button" value="Pick"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/> <input type="button" value="Pick"/>

Force Cut Slope: Max Depth: Force Ditch Use Guardrail

Max Depth: Min Depth: At Base Of Fill SHD Extension: Use Berm Minimum Depth:

Berm Grades:

Figura 4. 82 Asignación de pendiente de talud de relleno

Habiendo finalizado lo anterior podremos observar nuestro diseño trasversal de la sección, tal y como se muestra en la figura a continuación.

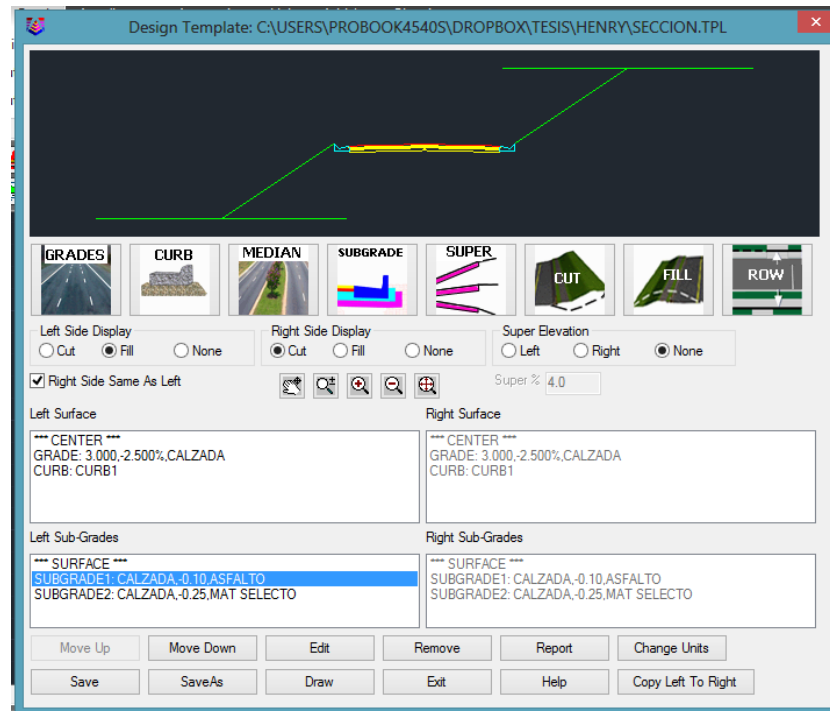


Figura 4. 83 Vista Previa de seccion transversal

4.5.2 DIAGRAMA CURVA – MASA

Calculo final de una carretera.

Teniendo definida la sección transversal y estando en la fase final del dibujo de la carretera debemos tener los siguientes archivos: la “Centerline” del alineamiento horizontal, los perfiles del alineamiento vertical, la súper-elevación los datos de curvas de transición, la sección del terreno natural a través de toda la “Centerline” y la sección de la carretera con sus carriles, hombros, etc.

Trabajos de terracería:

El siguiente paso es el de utilizar el comando para trabajos de tierra ó “*Earthworks*”, el cual servirá para obtener la información de la curva masa y de las secciones de los perfiles del alineamiento vertical a través de la “*Centerline*”.

Para introducir el comando se escribe en la barra de tareas “*EWORKS*” y se le da enter.

Se nos desplegara el cuadro presentado a continuación.

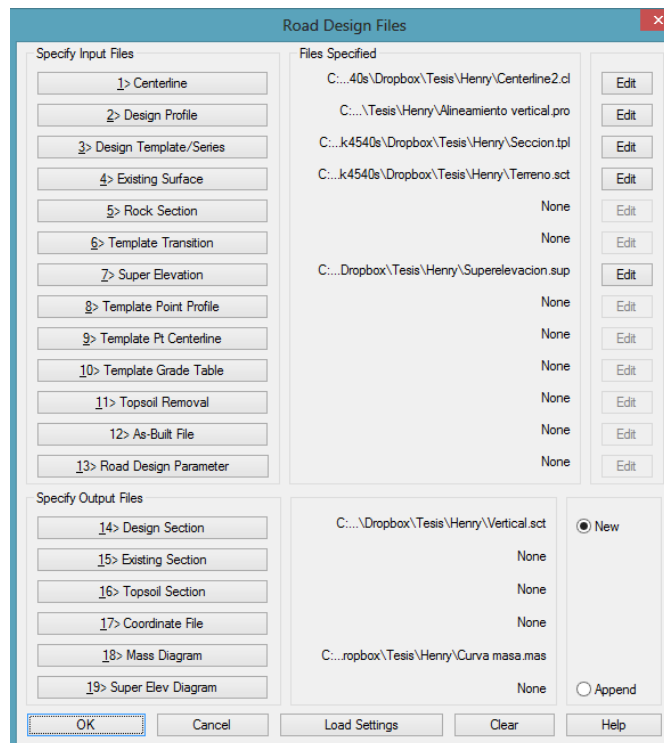


Figura 4. 84 Ajustes de diseño de vía

En ella seleccionamos los datos de interés especificando la ruta original del archivo en cuestión y además seleccionamos los valores que deseamos se nos generen habilitando una ruta de guardado en las sección inferior del cuadro generando con ello el archivo que contendrá el diagrama de masa.

ARCHIVOS DE ENTRADA

Centerline, en este se debe seleccionar el archivo con extensión “.cl” de la “Centerline” creada del alineamiento horizontal.

Design Profile, en este se seleccionará el perfil del alineamiento vertical a utilizarse, en caso de varios perfiles habrá que correr el comando seleccionando los otros perfiles.

Design Template, en este archivo se insertará el “template” creado, el cual contiene la sección transversal de la carretera con los carriles, los hombros, los taludes, etc.

Existing Surface, en este se selecciona el archivo “.scf” de la sección de la superficie existente, siendo esta la del terreno natural creada a partir de un “grid” y del archivo “.ms”.

Rock Section, al no haber secciones de roca no se debe insertar ningún archivo.

Template Transition, al determinar cambios en la sección transversal se debe seleccionar ese archivo.

Superelevation, el archivo de sobreelevación deberá ser insertado acá, el cual contiene la información de curvas de transición entre otras más.

ARCHIVOS DE SALIDA

Design Section File, en este dependiendo del perfil utilizado, generará una sección nueva con extensión “.scf” del alineamiento vertical a través de toda la “Centerline”.

Mass Diagram File, este genera un archivo de salida con la curva masa en formato de un perfil con extensión “.pro”

Luego, al dar “ENTER” se abrirá un nuevo cuadro de texto, en este se pregunta el rango de estaciones a procesar, el cual por defecto selecciona todas las de la “Centerline”. Es de gran importancia insertar un factor de relleno causado por el “Shrinkage”, en donde valores típicos son de 1.1 o de 1.2; este “shrinkage” es causado al rellenar y compactar, por ejemplo si se compacta 1 m³ de tierra, este disminuirá su volumen en un 20%, es por eso que para tener un metro cúbico completo se necesita un 20% adicional.

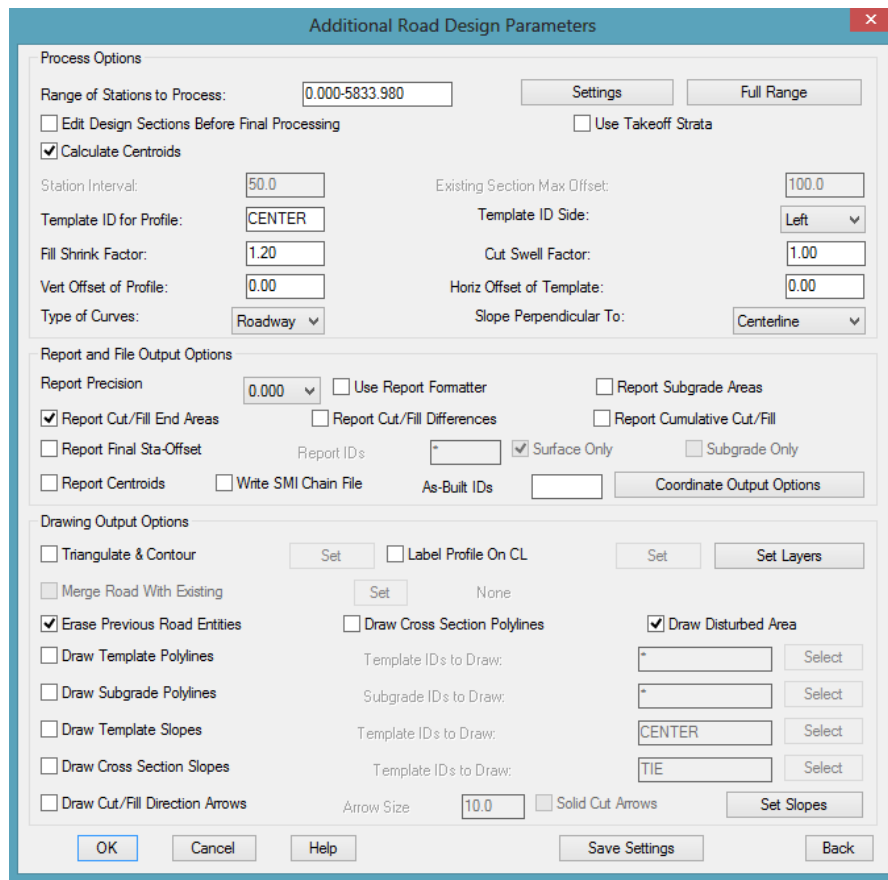


Figura 4. 85 Parametros adicionales del diseño de la via

En la figura siguiente, el reporte de movimientos de tierra muestra el total de metros cúbicos de corte, relleno, de material de las sub-bases detalladas en el “*template*” (en este caso de Asfalto y de material selecto a través de toda la rasante). Un detalle muy importante a observar es el “*Cut to fill Ratio*” el cual muestra la relación corte/relleno, en donde si el valor es menor a la unidad, significa que se necesita material de relleno y si es mayor simboliza que sobra material. Es por eso que al acercarse más a la unidad se tienen mejores curvas masas.

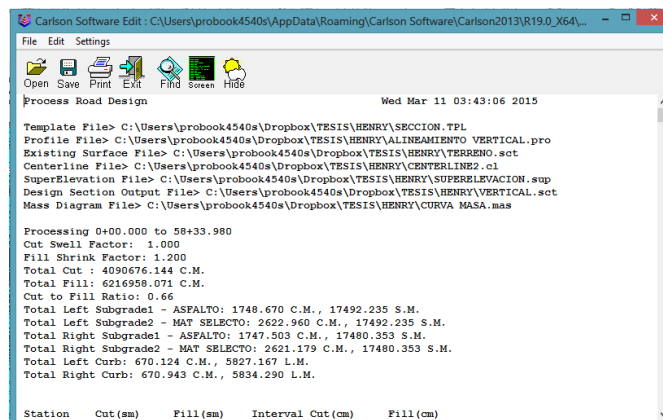


Figura 4. 86 Reporte de movimientos de tierra

Dibujo de las secciones transversales DRAWSCCT. Al ingresar estos comandos se obtiene la siguiente imagen en la cual como primer archivo se detalla la sección de terreno natural y como segundo, la sección del perfil seleccionado; luego se pone “OK”

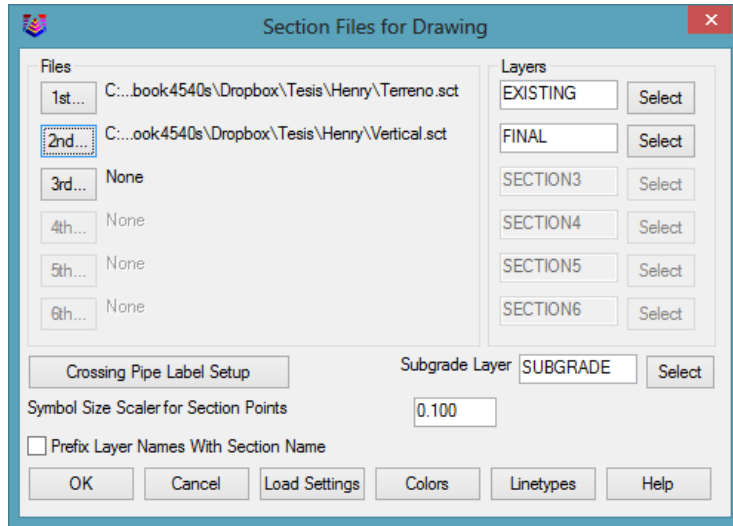


Figura 4. 87 Selección de archivos para dibujar

Luego, se abre una ventana nueva en la cual muestra en la esquina superior izquierda la escala horizontal tanto como vertical. Así mismo, abajo en “*RANGE OF STATIONS TO DRAW*” se especifican el rango de estaciones que se quieren dibujar; por defecto se seleccionan todas, sin embargo, se puede detallar un rango de estaciones como “300-500” por ejemplo. Debajo, se ubica “*INTERVAL OF STATIONS TO DRAW*” en la cual se detallan los intervalos de estaciones a dibujar, por ejemplo un intervalo de 100 estaciones significa que dibujaría la estación 0+000, 0+100, 0+200....6+100, 6+200, 6+274.54. Luego se deben adecuar las escalas en este cuadro de texto al del dibujo, mediante las opciones de “*SET*” localizadas a la derecha y abajo del dibujo en donde dice “*TEXT SIZE SCALER*”. Otra cosa importante es el “*LEFT Y RIGHT GRID OFFSET LIMIT*” el cual limita el ancho del dibujo.

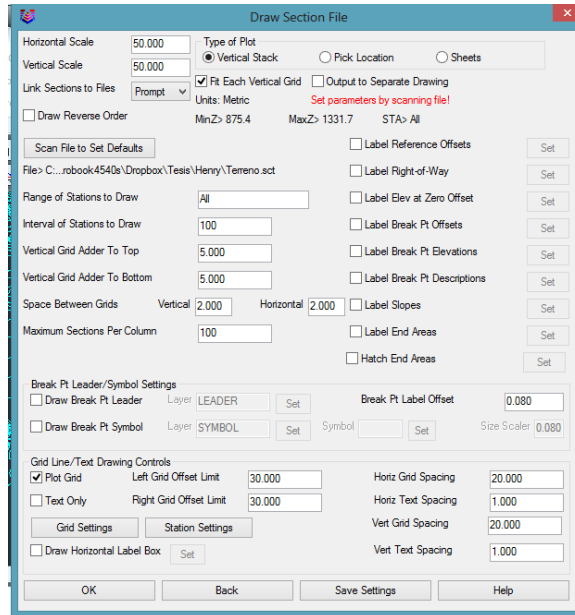


Figura 4. 88 Archivo a dibujar en el modelo

Luego, se le da click a “OK”, se selecciona un punto en el dibujo y el programa dibuja automáticamente todas las estaciones indicadas. Cabe mencionar que a la par de cada dibujo de sección el programa también dibujará una caja de texto, la cual contiene el total de corte y relleno para ese tramo en dicha estación, como se muestra en la figura siguiente.

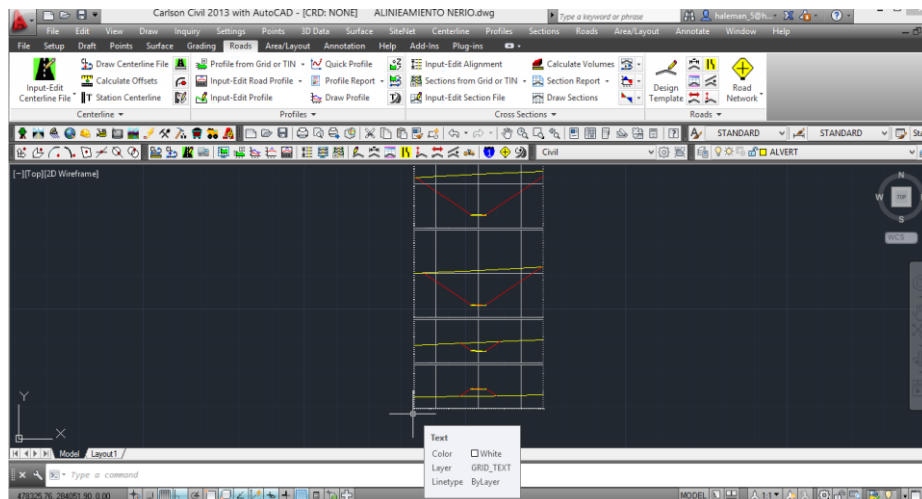


Figura 4. 89 secciones dibujadas en el modelo de trabajo

Dibujo de la curva masa

El dibujo de la curva masa se hace igual como el de un perfil vertical: mediante el comando “*DRAWPROF*” se selecciona el perfil de la curva masa generado como salida del comando “*EWORKS*”. Para adecuarla bien se deberá cambiar su escala vertical como horizontal en las opciones del dibujo de perfil por prueba y error hasta obtener una escala adecuada para representar a las curvas.

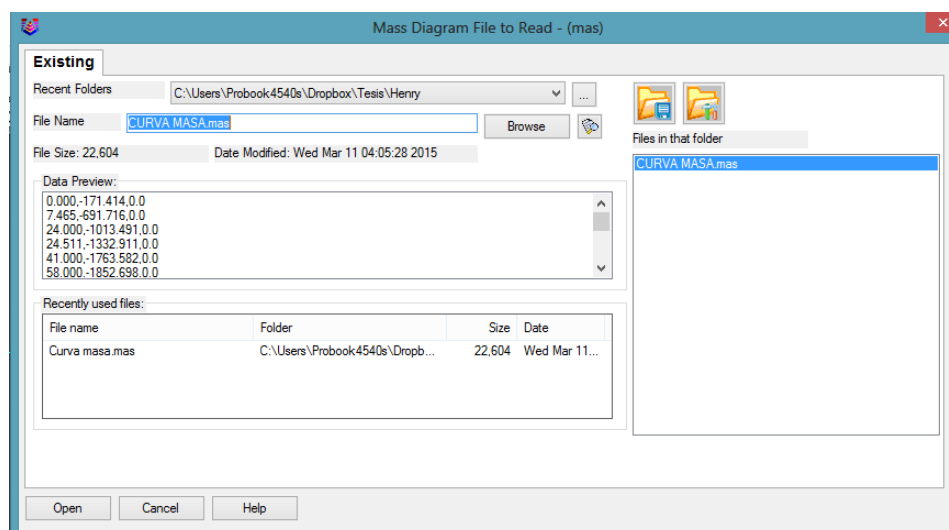


Figura 4. 90 Selección de archivo de curva masa a dibujar

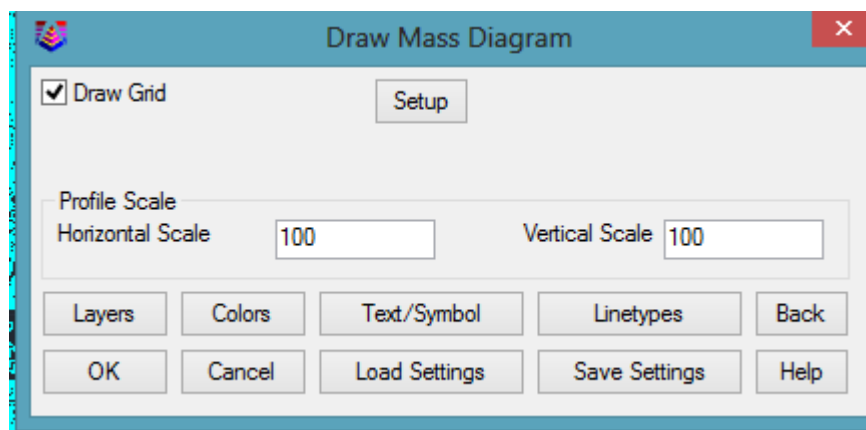


Figura 4. 91 Rejilla de curva masa a Dibujar

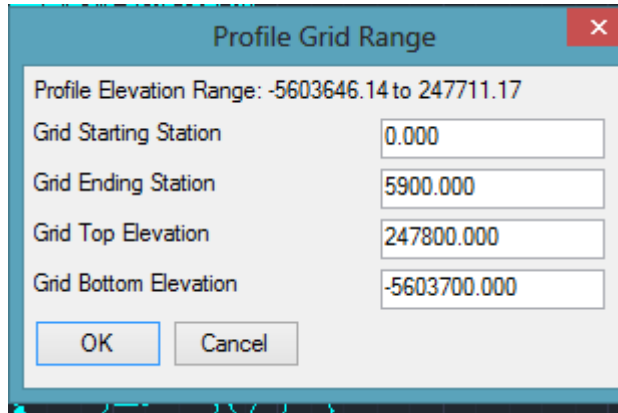


Figura 4. 92 Rango de rejilla

4.5.3 VOLUMENES DE TERRACERIA

Abrimos el icono Calculate Volúmenes y nos aparecerá el cuadro siguiente

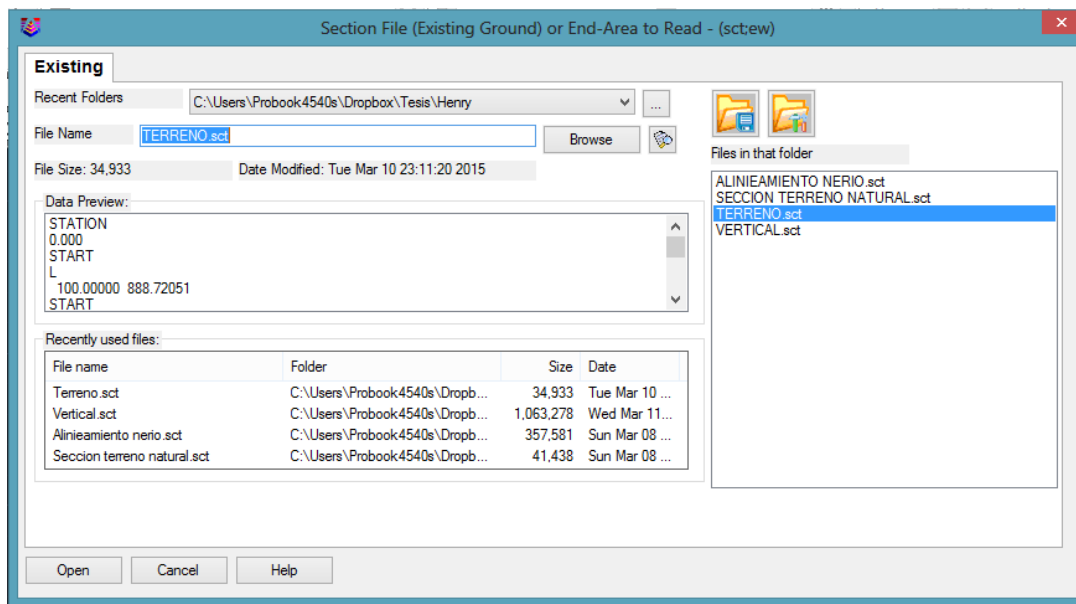


Figura 4. 93 Selección de archivo de terreno natural

Seleccionamos la superficie en formato sct y abrimos. Luego seleccionamos el perfil vertical en el siguiente cuadro y abrimos.

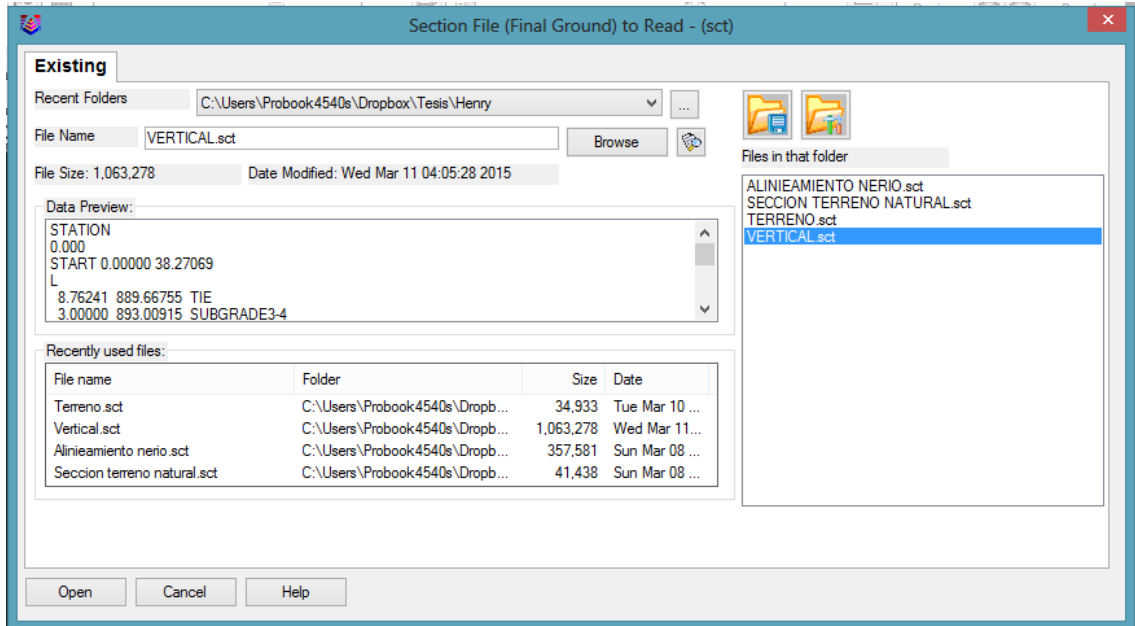


Figura 4. 94 seleccion de archivo alineamiento vertical

Nos aparecerá el cuadro siguiente

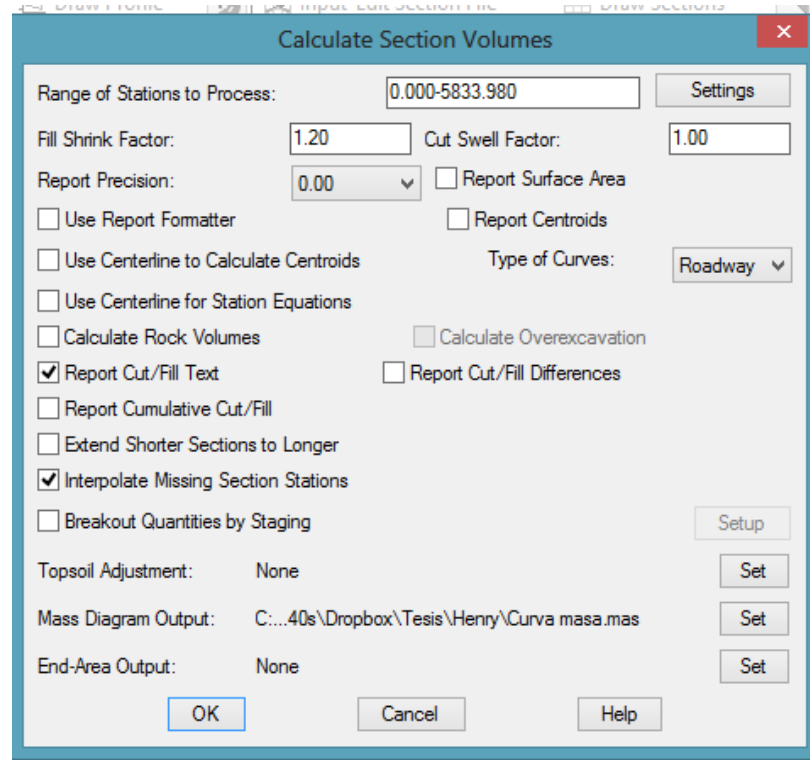


Figura 4. 95 calculadora de volúmenes de secciones

Elegimos que necesitamos el reporte de corte y relleno y le asignamos un valor para el factor de abundamiento, en este caso del 20%.

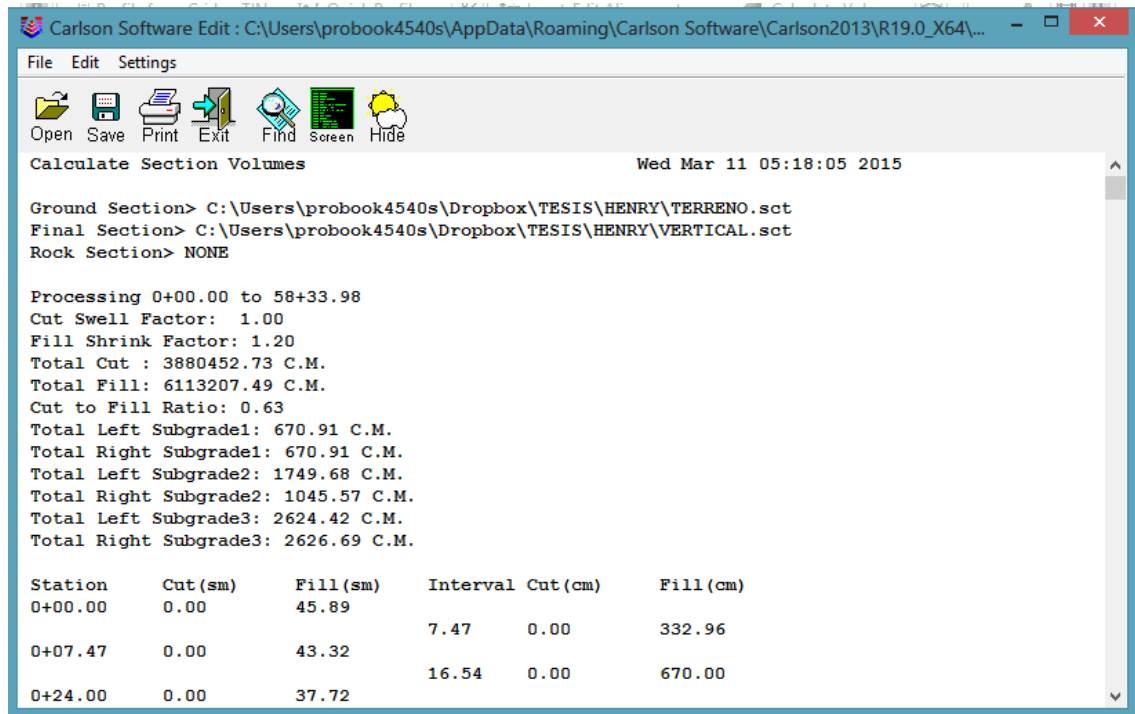


Figura 4. 96 Reporte de corte y relleno

Finalizamos con la generación del reporte de cortes y rellenos para el calculo de volúmenes de terracería.

4.6 DISEÑO DEFINITIVO.

4.6.1 DISEÑO Y DIBUJO.

Esta etapa comprende ya en la crítica de la ruta, analizar los pros y los contras de la alternativa y analizar los costos por medio de la curva masa.

Una vez aprobada por un conjunto de profesionales se procede a plotear los planos para poder ser replanteados esos puntos en campo.

4.6.2 RECORRIDO VIRTUAL

Una vez se han creado los alineamientos verticales, horizontales las secciones, etc. Y tenemos definido el diseño, entonces procedemos a crear un archivo .Tir

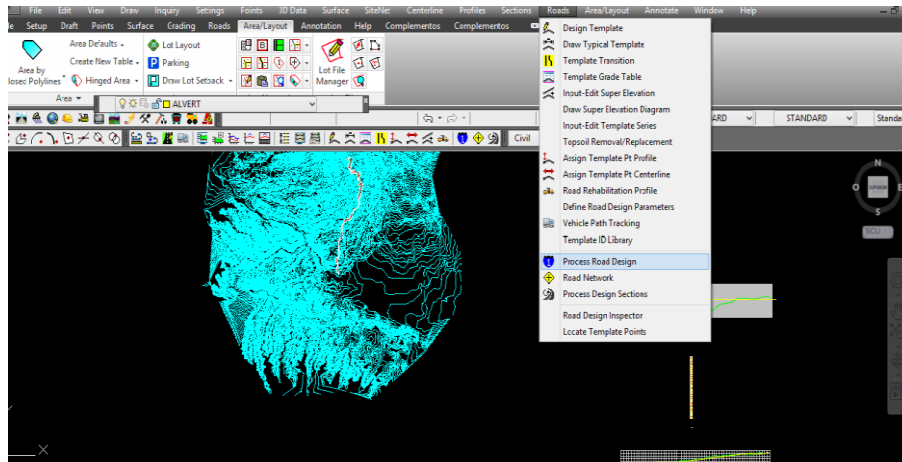


Figura 4. 97 Menu desplegable Road-Process Road Desing

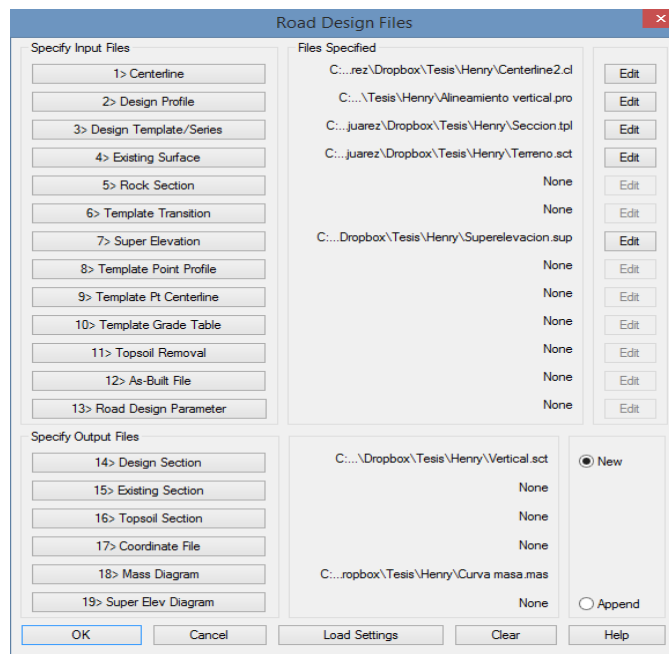


Figura 4. 98 Archivos para diseño de la via

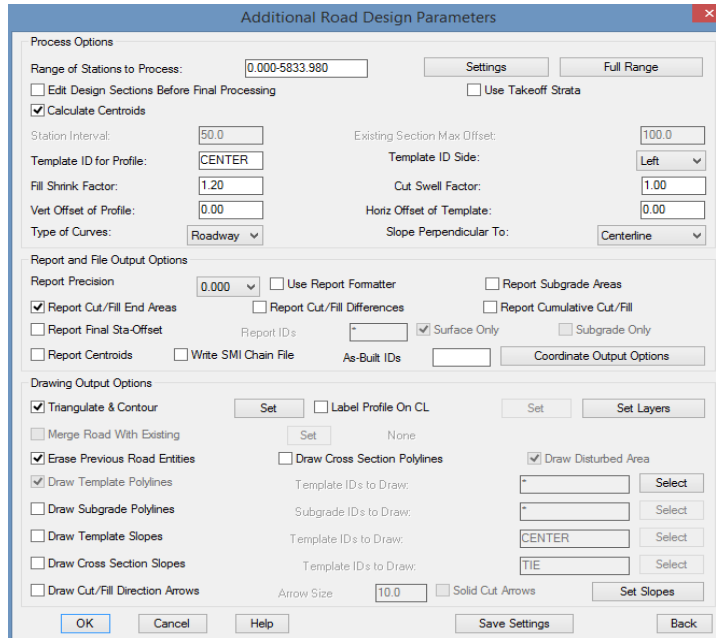


Figura 4. 99 Parametros adicionales para el diseño de la via

Nos aparece el resumen del diseño, cortes y rellenos, volúmenes de base, sub-base, etc

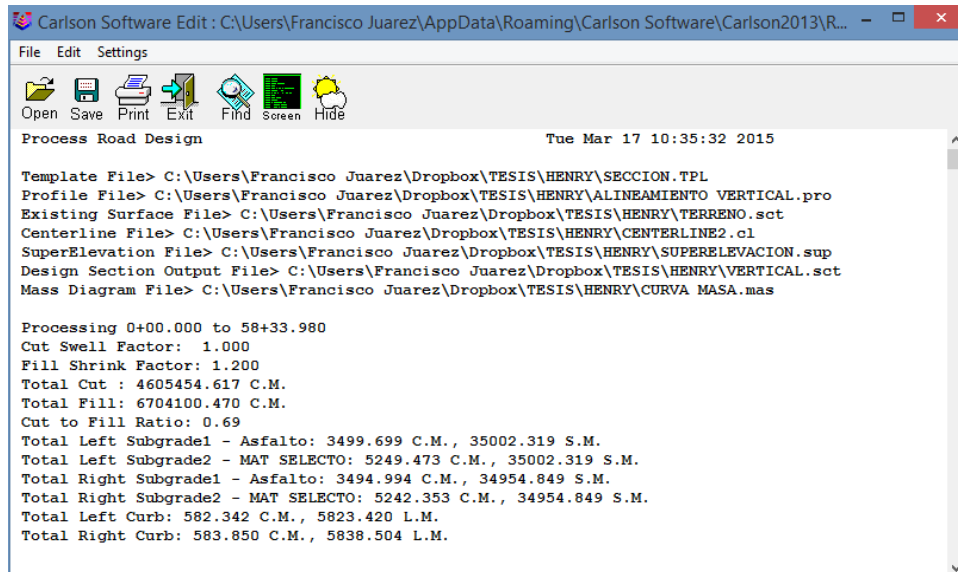


Figura 4. 100 Resumen de rellenos y cortes de la via

Luego nos vamos al icono de Surface y ahí en 3d views

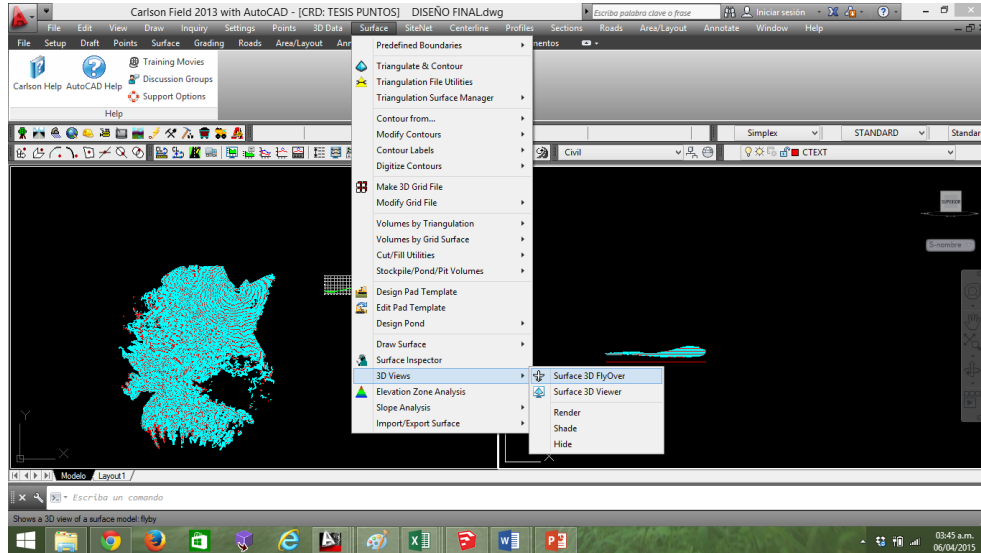


Figura 4. 101 Menu desplegable Surface-3D views

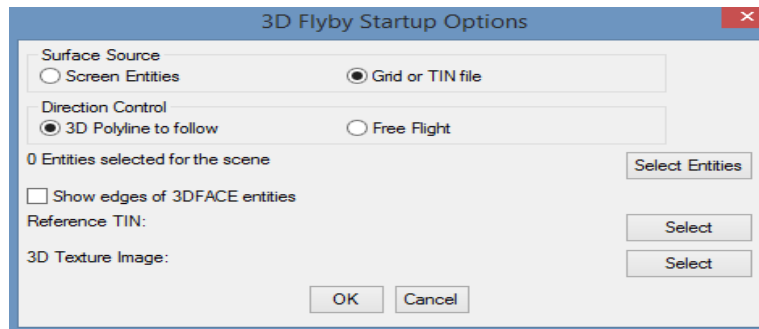


Figura 4. 102 Opciones del recorrido

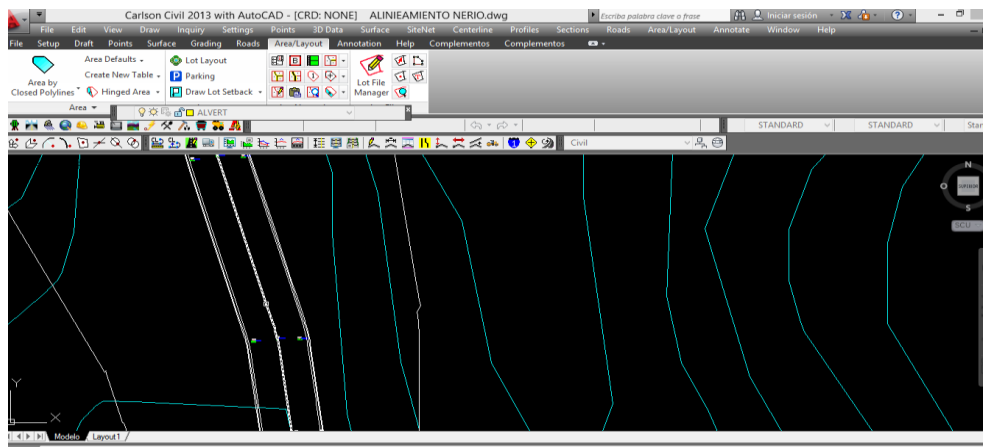


Figura 4. 103 vista previa del recorrido

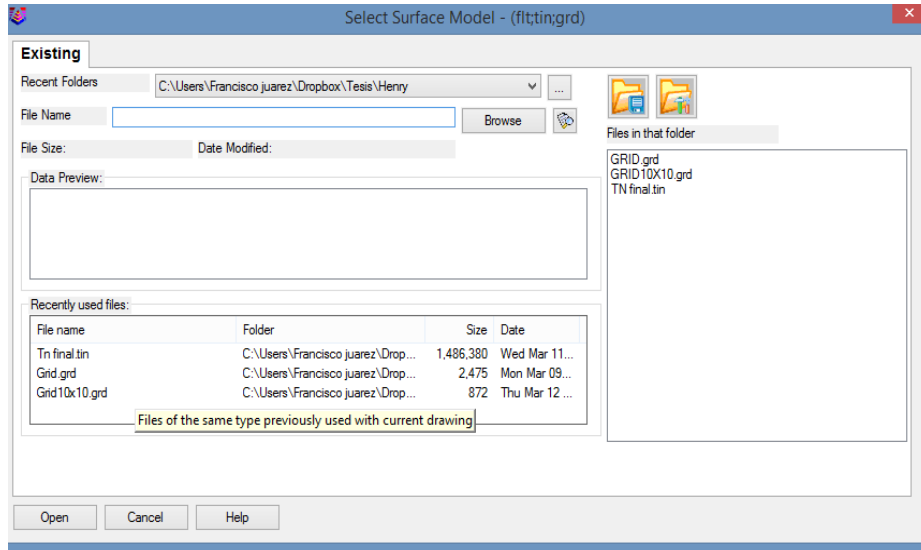


Figura 4. 104 Selección del modelo de la superficie

Damos click en el archivo punto TIR y podemos ver en pantalla el recorrido virtual, donde podemos modificar el tipo de vehículo, la velocidad, pendientes longitudinales, etc.

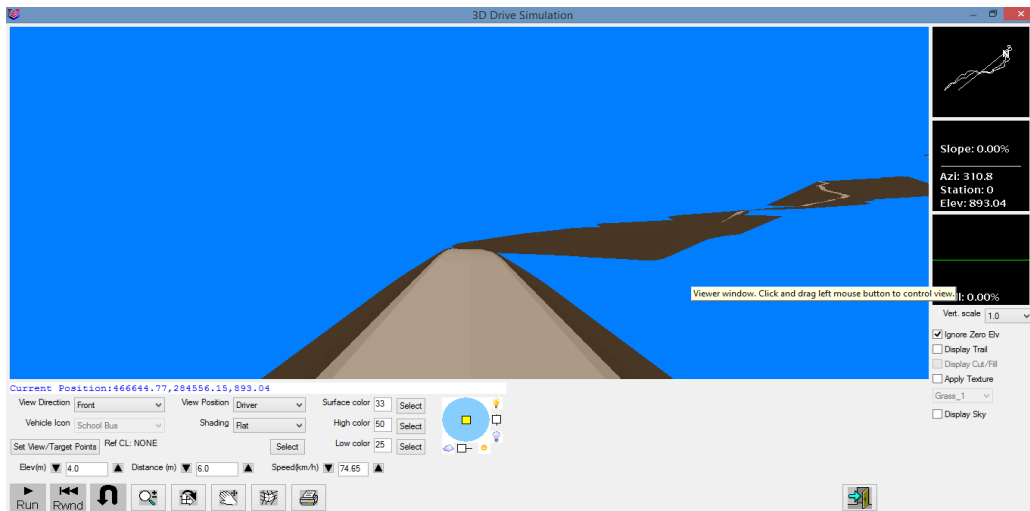


Figura 4. 105 Ajustes del recorrido virtual

4.6.3 DISEÑO DE TALUDES.

El carlson nos permite usar parámetros conservadores de los taludes a usar, una vez se conozca estratigrafía de la zona se pueden considerar ciertas pendientes este paso se realiza cuando dibujamos las secciones transversales como se muestra:

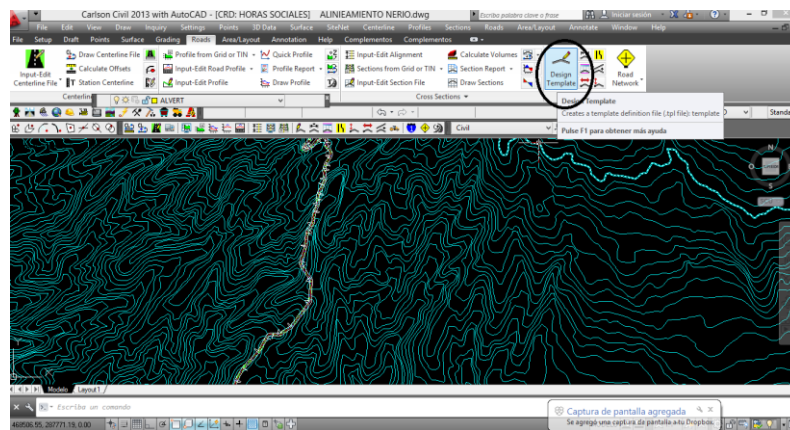


Figura 4. 106 menu desplegable diseño de taludes

Ahora creamos un archivo .tpl de secciones

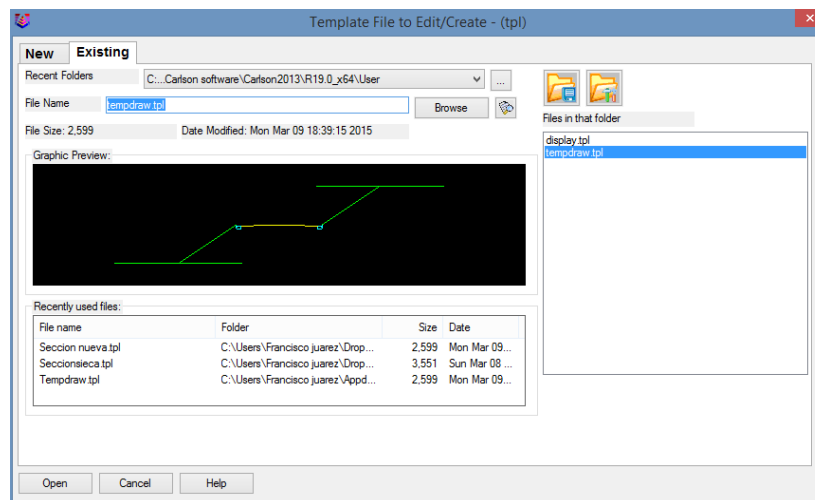


Figura 4. 107 Archivo .tpl para secciones

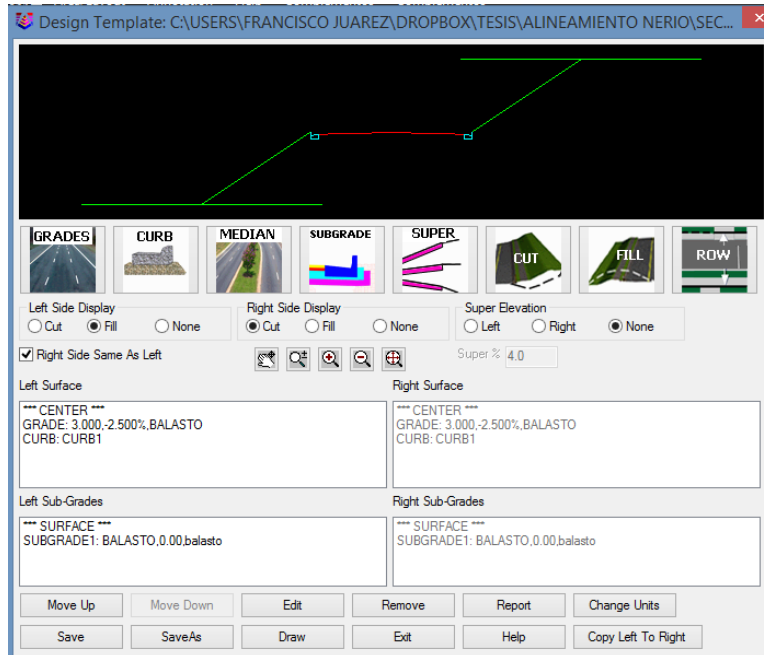


Figura 4. 108 cortes y rellenos

Damos click en corte o en relleno y ahí introducimos el valor de la pendiente del talud.

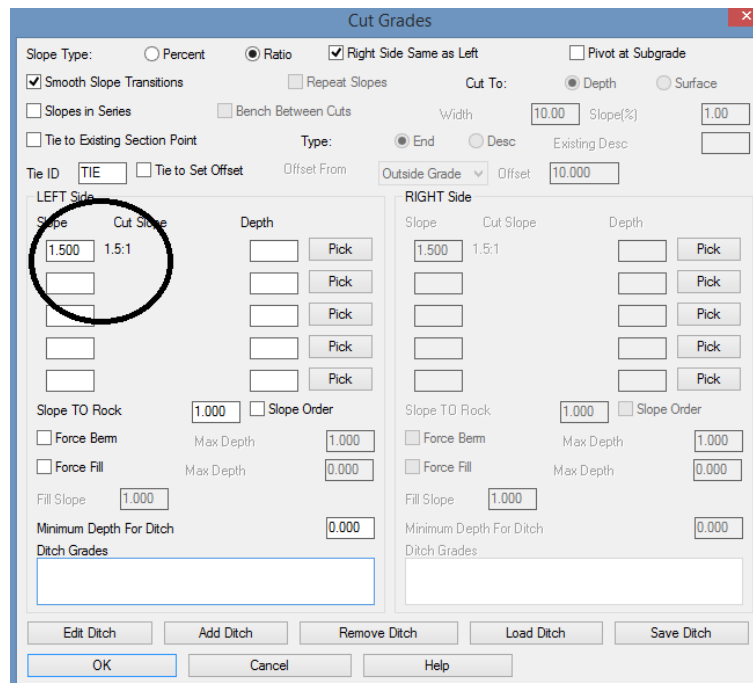


Figura 4. 109 Pendiente de talud

CAPITULO 5: ANALISIS DE RESULTADOS

5.1 MEMORIA DE CALCULO

5.1.1 MEMORIA DE CALCULO ALINEAMIENTO HORIZONTAL

Ver anexo 2.

5.1.2. MEMORIA DE CALCULO CURVAS HORIZONTALES DE TRANSICION

Ver anexo 3.

5.1.3 MEMORIA DE CALCULO ALINEAMIENTO VERTICAL

Ver anexo 4

5.1.4 MEMORIA DE CALCULO MOVIMIENTO DE TIERRAS

Ver anexo 5

5.2 CREACION DE PLANOS

Como ultima parte del proceso de diseño geométrico, se crearan los planos a partir del menu “Draw Profile” para ello explicamos a continuación como hacerlo:

“Draw Profile” es una rutina flexible para dibujar un perfil en cualquier lugar en el dibujo. El perfil puede ser dibujado con o sin una rejilla o con sólo marcas de graduación; las anotaciones de la curva verticales para un perfil de la carretera también se pueden extraer.

Draw Profile utiliza la información de perfil que se almacena en archivos .PRO, tenga en cuenta, varias de las opciones que se presentan en los siguientes cuadros de diálogo que dependerá del tipo de sistema de la unidad que se utiliza, métrico o Inglés. Las opciones tales como tamaños de texto, dimensiones de la hoja, y factores de escala pueden variar de los ejemplos que se muestran aquí.

Para iniciar damos clic en el menú perfiles-Draw Profile como se muestra en la figura 5.1

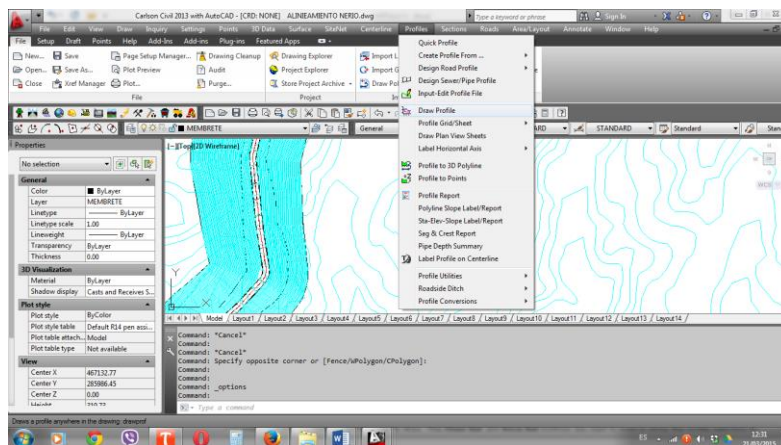


Figura 5. 1 Menu desplegable Perfil

Entonces aparecerá el cuadro como el de la figura 5.2

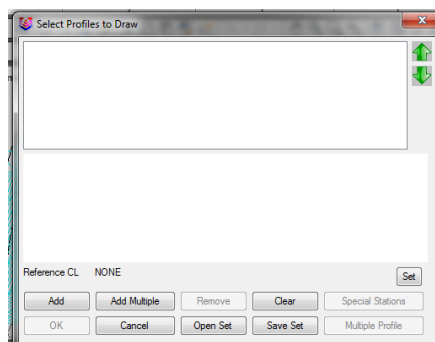


Figura 5. 2 Selección de perfil

Y damos clic en “add” para agregar los dos archivos perfiles que hemos guardado, un archivo será el perfil de terreno natural y el otro será el perfil del alineamiento vertical, y aparece el cuadro según la figura 5.3

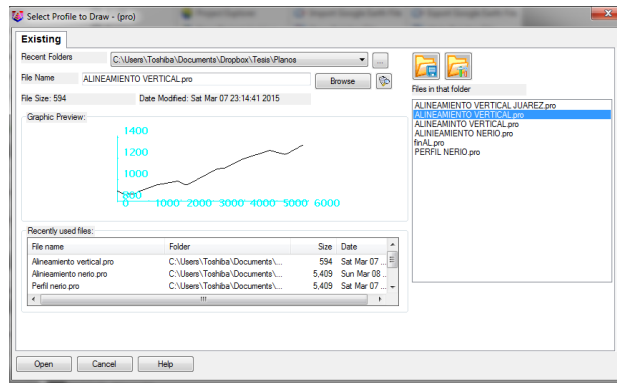


Figura 5. 3 Selección de perfil a dibujar

En la parte izquierda de la figura 5.3, seleccionamos el perfil del alineamiento vertical y damos clic en open; luego el cuadro se cierra y aparece la ventana de la figura 5.2 nuevamente y realizamos el mismo procedimiento solo que esta vez seleccionamos nuestro archivo que contiene el perfil del terreno natural y damos clic en “ok”

Entonces aparecerá en la ventana de la figura 5.4 y configuramos los parámetros “Draw Grid” y “Draw Sheet”

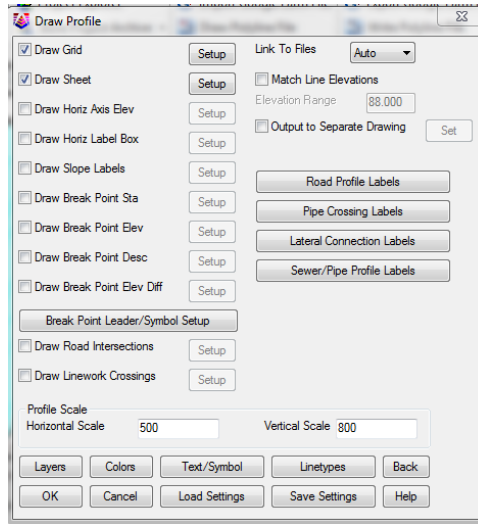


Figura 5. 4 parámetros para dibujo de perfil

Iniciamos configurando la opción de “Draw Grid” para ello damos clic en el botón “setup” y se abre la ventana de la figura 5.5, y digitamos los valores que ahí aparecen y damos clic en “ok”.

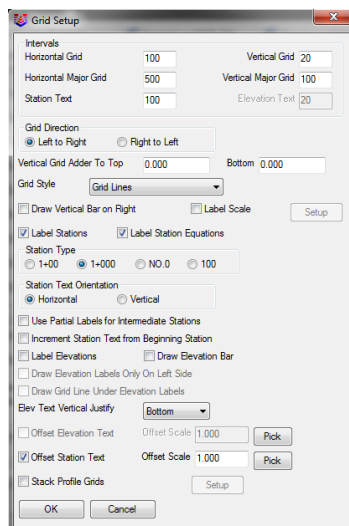


Figura 5. 5 parametros de rejilla

Luego configuramos los parámetros de la siguiente opción, “Draw Sheet” y colocamos los valores que aparecen según la figura 5.6 y que se explican a continuación:



Figura 5. 6 configuración de hojas

Choose Space: Indique si las hojas que deberán estar redactados al espacio papel (también conocido como un Layout) o al espacio modelo.

Layout Name: Introduzca un nombre para el espacio de papel "pestañas" para ser asignados a cada diseño para cada hoja. El programa dividirá automáticamente la vista en planta y la vista de perfil en diseños de hojas, y si la longitud del perfil se extiende más allá de una sola hoja, entonces se crean varios diseños, con el ID de nombre de la presentación incrementado en 1.

Sheet Width: Este es el ancho de perfil, en pulgadas o centímetros dependiendo de la configuración de las unidades.

Lower Left Offset X/Y: Indique el valor (es) de desplazamiento de la punta de la hoja en unidades consistentes. Esta opción permite nombres definidos por el usuario para tener la posición correcta con respecto al resto de entidades encauzadas a través del comando Dibujar perfil.

Sheet Contains: Esta lista desplegable permite seleccionar el tipo de hoja a generar. Las opciones son de planta y perfil, plan solamente o perfil solamente.

Plan View Lower Y: Esto establece la posición inferior de la ventana de espacio de papel para la vista en planta. Con “lower Y” ajustado a 9 (pulgadas por encima de la base de la hoja) y Top Y establecida en 21, hay una ventana vertical 12 pulgadas, a lo ancho en la hoja completa (típicamente 30 a 32). Esta ventana para la vista en planta puede ser ampliado o reducido con estos ajustes.

Top Y: Esto establece el límite vertical la parte superior de la ventana de vista en planta, medida en pulgadas o centímetros de la parte inferior de la hoja de planta y perfil.

Plan/Profile Gap: Indica la cantidad de separación vertical entre la porción de planta de la lámina y la parte de perfil de la hoja.

Draw North Arrow in Plan View: Esto dibuja una flecha Norte en vista en planta. Haga clic en el botón del Norte flecha Configuración para establecer la flecha del norte y la colocación de la información deseada

Fit Each Vertical: Con esta opción activada, se ajusta el tamaño la cuadrícula para encajarla dentro del espacio vertical en la ficha. Con esta opción, la rejilla perfil está dimensionada para encajar el rango de elevación del perfil.

Es importante seleccionar en la parte de “printer/plotter” y “Paper Size” la página que mejor se adecue a nuestro tamaño de hoja para la impresión para este caso seleccionamos los tamaños como se ven en la figura 5.7 y damos clic en “ok”

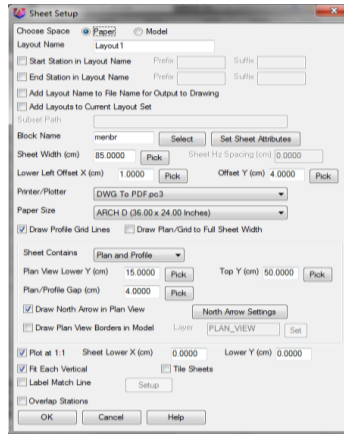


Figura 5. 7 selección del tamaño de hojas

Por ultimo antes de cerrar el cuadro de la figura 5.4 debemos de escoger las escalas tanto vertical como horizontal para que se dibuje nuestro perfil de acuerdo al tamaño de nuestro papel, para este caso usaremos los valores de 500 para el horizontal y 800 para el vertical como se muestra en la figura 5.8.

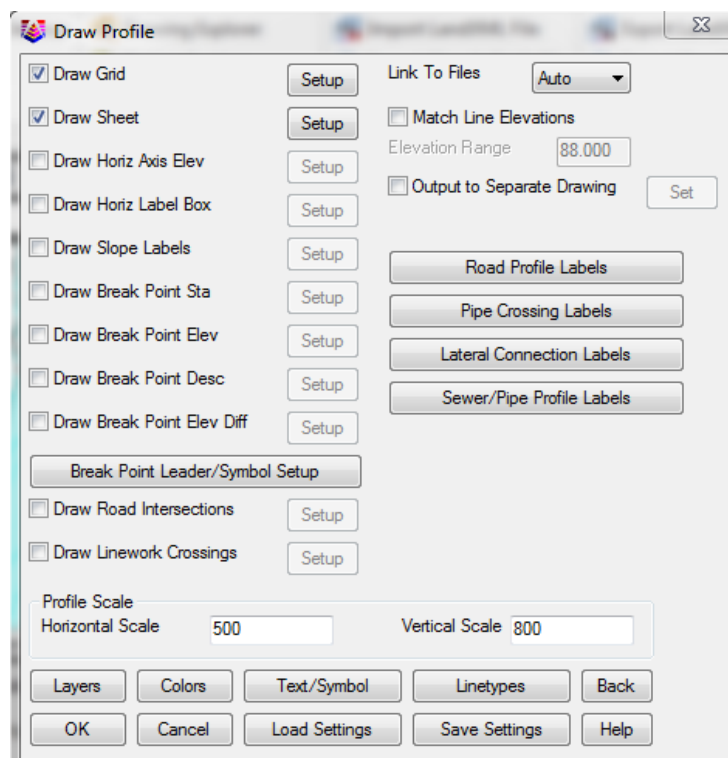


Figura 5. 8 selección de escalas

Entonces damos clic en “ok” y aparecerá el siguiente comentario si deseamos borrar los perfiles existentes, y damos clic en “yes” si los deseamos borrar o no tenemos ninguno o damos clic en “no” si deseamos conservar algún perfil creado anteriormente como se ve en la figura 5.9

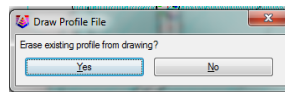


Figura 5. 9 borrar perfil previo

Luego aparece el recuadro donde el programa solicita que rango de elevaciones serán tomadas en cuenta para el dibujo de los perfiles y los seleccionamos todos como se muestra en la figura 5.10:

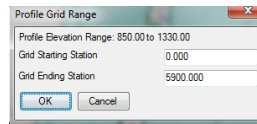


Figura 5. 10 rango de elevaciones

Luego el programa pide seleccionar la “CENTERLINE” que será la base para la creación de los perfiles, tal como se muestra en la figura 5.11

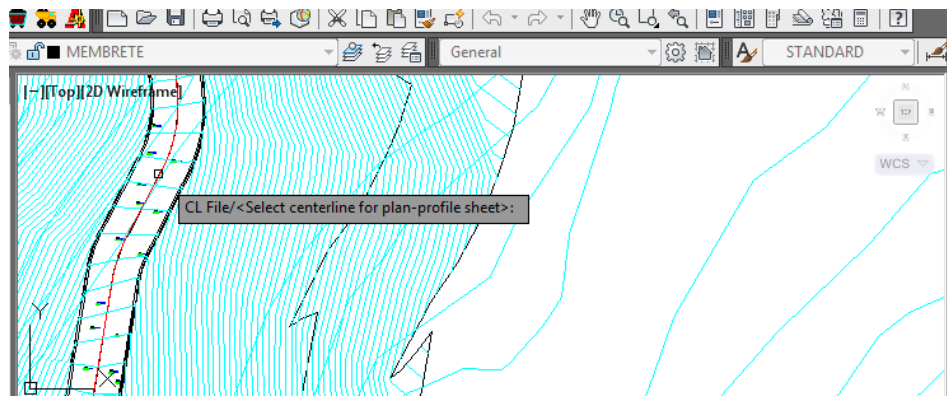


Figura 5. 11 seleccionar centerline

Luego el programa pregunta en cual estacionamiento iniciará y digitamos desde el alineamiento cero figura 5.12.

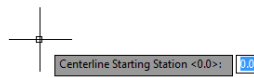


Figura 5. 12 estacionamiento de inicio

Entonces se empiezan a crear los planos uno a uno hasta terminar las hojas necesarias para cubrir todo el alineamiento vertical además el programa pedirá donde colocar las viñetas del alineamiento vertical como se muestra en la fig. 5.13

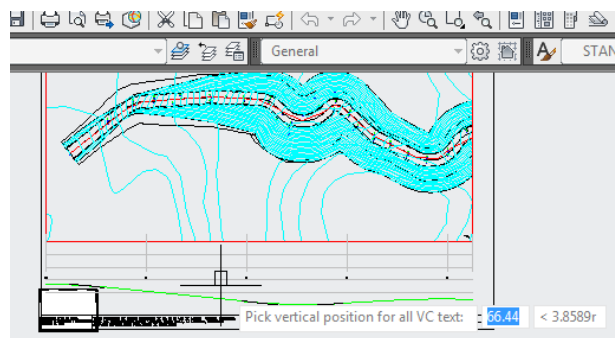


Figura 5. 13 asignación de etiquetas

Luego se puede observar que la hoja del “layout” es mas pequeña y no alcanza a cubrir el perfil creado, para ello damos clic derecho en la pestaña “layout” como se ve en la figura 5.14 y damos clic en la opción “page setup Manager”

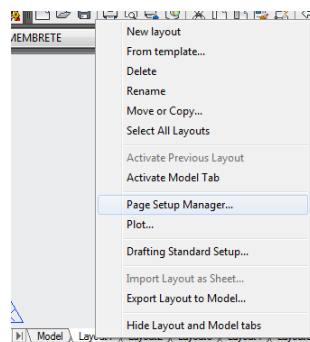


Figura 5. 14 modificar tamaño de layer

Aparece el cuadro de la figura 5.15 y seleccionamos la hoja que vamos a modificar y le ponemos el mismo tamaño para la cual dibujamos nuestro perfil y modificamos

los valores como se muestra en la figura 5.16, una vez hecho esto damos clic en “ok” y el tamaño de la pagina será igual al tamaño de los perfiles creados.

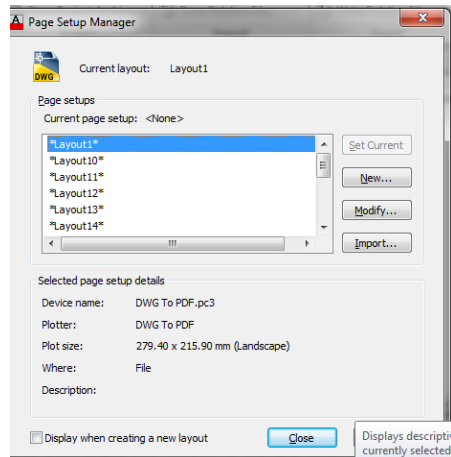


Figura 5. 15 asistente de paginas

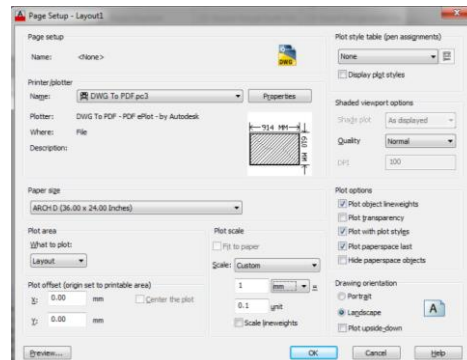


Figura 5. 16 tamaño de layout

5.3 ELABORACION DE CARPETA TECNICA Y ESPECIFICACIONES

La presente carpeta contempla la descripción técnica del proceso, así como Planos constructivos, Volúmenes de obra, especificaciones de construcción de todas las obras a realizar para el diseño geométrico de la vía de comunicación que une la colonia Quezaltepeque con el cantón Victoria en Santa Tecla, La Libertad.

El proyecto tiene como elementos principales el rediseño y mejoramiento de los siguientes elementos:

1. Alineamiento Horizontal.

2. Alineamiento Vertical.
3. Drenaje superficial.
4. Construcción de badenes.
5. Rediseño de la sección transversal.
6. Mejoramiento en las pendientes.
7. Radios de curvatura.
8. Curvas de transición.
9. Movimiento de tierras.

Tal carpeta técnica estará adjunta en los anexos de este documento.

5.4 CONCLUSIONES

- las normativas de SIECA aunque representan el resultado de estudios de tráfico, análisis de datos estadísticos y evaluación de impactos sociales nos generan parámetros de diseño que en algunos casos con dificultad se amoldan a un diseño geométrico definitivo cuando este parte de restricciones naturales del terreno específicamente en áreas montañosas, y puntos obligados de paso vehicular, es por ello que en el diseño geométrico expuesto en esta tesis los radios de curvatura en algunos tramos tuvieron que ser menores al radio mínimo calculado, garantizando siempre el libre paso de los automotores que para ese camino montañoso se consideran.
- la velocidad de diseño para el diseño geométrico recién expuesto en la presente tesis se asumió en 30 km/h aun cuando los parámetros de SIECA especificaban 50 km/h la razón de la decisión se basó fundamentalmente en dos aspectos, la topografía accidentada de la zona que limita la velocidad de subida y bajada y la nota emitida en SIECA en el apartado “4.2 las velocidades de diseño de la red vial regional” por lo tanto concluimos que la velocidad que más representa el flujo presente y futuro en dicho tramo es la de 30 km/h por ser esta una zona restrictiva.
- El Diseño de la Vía de nuestra TESIS tiene aspectos muy peculiares pues al igual que en muchos casos en nuestro país, no son vías nuevas sino son mejoramientos, a caminos vecinales, que las poblaciones han improvisado para poder comunicarse por lo cual esto obliga a adecuarse en lo posible a

la ruta establecida. Es por ello y por los costos que conlleva que hemos usado criterios propios de diseño en conjunto con la normativa SIECA, generando un diseño apropiado, lógico y sobre todo viable que permita su ejecución

- Se concluye que las pendientes longitudinales usadas para el alineamiento vertical son adecuadas, puesto que uno de los objetivos de esta vía aparte de generar desarrollo y comunicación es el activarlo como turismo y no podemos restringir el acceso solo a vehículos de doble tracción.
- Se considera como aceptable pero no absoluto el diseño de la vía, puesto que el levantamiento realizado no fue un levantamiento de precisión que pudiese generar curvas de nivel más detalladas y poder así interpolarlas con las curvas utilizadas.
- La topografía del lugar es un factor importante a considerar en el diseño de caminos y carreteras, ya que de ella dependerá el costo económico para la ejecución del mismo, condicionando a lo largo de todo su trayecto los alineamientos tanto horizontal como vertical, provocando en algunos casos establecer pendientes longitudinales superiores a las establecidas con el fin de disminuir considerablemente los movimientos de tierra que son los que encarecen en gran medida este tipo de proyectos.
- Con los datos obtenidos en el levantamiento topográfico realizado no es posible rediseñar de manera precisa los alineamientos horizontal y vertical para que estos se apeguen rigurosamente a la realidad del terreno natural ya

que el mismo se realizó solo del eje y los laterales que conforman la vía existente, dejando a un lado información valiosa que nos proporcionan los derechos de vía aledaños a lo largo de toda la carretera.

5.5 RECOMENDACIONES

- Es de suma importancia recolectar la mayor cantidad de información en campo considerando que cada punto levantado aporta información valiosa respecto a su elevación y curvas de nivel mismas que son las responsables de definir los alineamientos verticales y los cortes y rellenos para conformarlos, por lo tanto eso se refleja directamente con los costos de la ejecución de un proyecto y viabilidad del mismo.
- Durante el desarrollo del alineamiento horizontal es necesario tener información relevante a puntos obligados de paso con información detallada para librar cualquier obstáculo que se presente y así prevenir un rediseño debido al replanteo que estos obstáculos puedan generar.
- Se recomienda replantear los puntos topográficos del diseño en campo para así constatar si el alineamiento está dentro o no del derecho de vía. Y la incertidumbre del diseño.
- Se recomienda el uso de taludes con pendientes bastante verticales, pues en gran parte del recorrido se encuentra material de buena calidad como talpetate, el cual posee un Angulo de buzamiento aceptable.

- Es de total importancia la realización una campaña geotécnica que determine las características precisas de los materiales existentes en la zona, a partir de los cuales se tomaran las consideraciones pertinentes con respecto a la calidad de los materiales locales y a los tratamientos que se realizarán donde la calidad no sea la adecuada para la realización de la vía, así como la ubicación de los bancos de préstamo de materiales necesarios en la ejecución.
- Durante el proceso de diseño geométrico de carreteras y todas las etapas del desarrollo de la vía, es importante identificar los potenciales impactos ambientales que causará el proyecto y con ello adoptar un plan de contingencia que logre mitigar los efectos negativos causados al medio ambiente en todo lo que sea posible. El mejor diseño geométrico de una carretera puede llegar a considerarse inviable por la razón de afectación en el medio ambiente natural y social que perjudique el equilibrio existente en el mismo antes de la ejecución del proyecto.

5.6 BIBLIOGRAFIA

1. Garber; Nicholas J. Ingeniería de tránsito y carreteras; THOMSON, D.F.; México.
2. SIECA; Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales; Ciudad de Guatemala; Guatemala; 2001.
3. Manual de carreteras “ Diseño Geométrico” DG 2013, Ministerio de Transportes y comunicaciones del Perú
4. Manual centroamericano para Diseño de Pavimentos, Noviembre 2,002.
5. Cárdenas Grisales, James. Diseño Geométrico de Carreteras; ECOE EDICIONES. Bogotá, Colombia.
6. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (Colombia 2008), Ministerio de transporte, instituto nacional de vías subdirección de apoyo técnico.

5.7 ANEXOS



Universidad de El Salvador
Hacia la libertad por la cultura



ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA TECLA

CARPETA TECNICA DEL PROYECTO

**“PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE 5.0 KM DE
VÍA DE ACCESO VECINAL MONTAÑOSA, FINAL COL.
QUEZALTEPEQUE-CANTÓN VICTORIA, SANTA TECLA,
LA LIBERTAD, UTILIZANDO SOFTWARE
ESPECIALIZADO PARA DISEÑO DE CARRETERAS”**

UBICACIÓN:

Cantón Victoria, Santa Tecla

Marzo 2015

**“PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE 5.0 KM DE VÍA DE ACCESO
VECINAL MONTAÑOSA, FINAL COL. QUEZALTEPEQUE-CANTÓN VICTORIA,
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, UTILIZANDO SOFTWARE ESPECIALIZADO
PARA DISEÑO DE CARRETERAS”**

INTRODUCCION:

La presente carpeta contempla la descripción técnica del proceso, así como Planos constructivos, Volúmenes de obra, especificaciones de construcción de todas las obras a realizar para el diseño geométrico de la vía de comunicación que une la colonia Quezaltepeque con el cantón Victoria en Santa Tecla, La Libertad.

El proyecto tiene como elementos principales el rediseño y mejoramiento de los siguientes elementos:

10. Alineamiento Horizontal.
11. Alineamiento Vertical.
12. Drenaje superficial.
13. Construcción de badenes.
14. Rediseño de la sección transversal.
15. Mejoramiento en las pendientes.
16. Radios de curvatura.
17. Curvas de transición.
18. Movimiento de tierras.

OBJETIVOS:

Objetivo General

1. Elaborar una propuesta de diseño geométrico de 5.0 km de vía de acceso vecinal montañosa, final Col. Quezaltepeque-Cantón Victoria, Santa Tecla, La Libertad, utilizando software especializado para diseño de carreteras

Objetivos Específicos

1. Generar el alineamiento geométrico horizontal y vertical tomando en consideración aspectos internacionales de diseño basados en el confort, visibilidad, seguridad, viabilidad económica y sostenibilidad.
2. Generar una carpeta técnica con todos los planos del diseño Geométrico de la vía Colonia Quezaltepeque-Cantón Victoria, para poder ser utilizada en una licitación y ser ejecutada por la comuna de Santa Tecla.
3. Diseñar una vía potencial que a futuro pueda convertirse en uno de los tres accesos principales al cráter del boquerón y dar apertura así al turismo en la zona y por ende mejorar las condiciones económicas de los pobladores.
4. Obtener una tabla resumen de movimientos terraceros de Cortes y rellenos a realizar con el diseño geométrico propuesto (sin entrar en costos).

METAS.

- 1- Realización del diseño geométrico de un tramo de 5.0 kilómetros.
- 2- Construir una vía adecuada en base a la demanda que poseerá la misma al finalizar el proyecto.
- 3- Proveer una vía de acceso ergonómica a los Habitantes y visitantes que circulen por la carretera.
- 4- Construir una carretera basada en las normativas SIECA que satisfaga las necesidades de los usuarios.
- 5- Minimizar las pendientes longitudinales y establecer valores de las mismas por debajo de las máximas permitidas.

- 6- Realizar el menor movimiento de terracería posible para lograr economizar los gastos en la misma.

FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

1. DATOS BASICOS GENERALES.

a. Nombre del Proyecto ***“PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE 5.0 KM DE VÍA DE ACCESO VECINAL MONTAÑOSA, FINAL COL. QUEZALTEPEQUE-CANTÓN VICTORIA, SANTA TECLA, LA LIBERTAD, UTILIZANDO SOFTWARE ESPECIALIZADO PARA DISEÑO DE CARRETERAS”***

b. Ubicación.

Cantón Victoria, Municipio Santa Tecla, Departamento de La Libertad

c. Departamento.

La Libertad

d. Municipio.

Santa Tecla

e. Urbano Rural

f. Tipo de Obra:

Tipo de Construcción:

Edificaciones		Nueva	
Caminos	X	Ampliación	X
Electrificación		Rehabilitación	X

Hidráulica		Finalización	
Obras de Paso y Protección	X	Mejoramiento	X
Equipamiento		Otra	

2. CARACTERISTICAS TECNICAS DEL PROBLEMA

2.1 Diagnostico del Problema.

El municipio de Santa Tecla es uno de los más prósperos y desarrollado de nuestro país, tanto por su aspecto económico, como de infraestructura. Actualmente cuenta con 12 cantones, de los cuales enfocaremos nuestro esfuerzo en el diseño Geométrico del camino vecinal que conecta al volcán de San Salvador por el lado Sur-Poniente y específicamente desde la colonia Quezaltepeque hacia el Cantón Victoria. El cual actualmente solo es un camino que ha sido generado por los habitantes con ayuda de la comuna, además cuenta con anchos irregulares y con pendientes que son muy pronunciadas, las cual generan accidentes e incluso la incomunicación en tiempos de invierno, debido a que no es más que un camino improvisado para solventar la necesidad de comunicación.

La necesidad de un diseño Geométrico se vuelve en una necesidad dado que la alcaldía de Santa tecla ha contemplado entre sus planes de mejoramiento de caminos y vías, el camino que conduce al Cantón Victoria, pero que debido a factores económicos muchas veces se dejan por ultimo dando prioridades a otros proyectos. La comuna ha tenido a bien la solicitud del diseño Geométrico de la vía antes mencionada a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, y específicamente a la Escuela de Ingeniería Civil; para poder así tener un diseño geométrico definitivo y adecuado que cumpla con las diferentes especificaciones y normativas técnicas de diseño Geométrico, y así cumplir con la necesidad de los pobladores de dicho cantón y caseríos aledaños, de contar con

una vía adecuada, la cuál les garantice a los mismos la intercomunicación en todo momento, sin importar condiciones del tiempo, ni dificultad de cualquier tipo de vehículo para la circulación, y así poder transportar sus cultivos y frutos, para ser comercializados en el casco Urbano del importante municipio de Santa Tecla.

2.2 ¿Cómo afecta el problema a la comunidad?

Las condiciones de deterioro en las que se encuentra la vía, actualmente no permiten que las personas transiten de manera fluida dicha carretera. La mala condición que presenta permite solamente el ingreso de vehículos de doble tracción con chasis elevado lo cual no permite que las actividades cotidianas se desarrollen con comodidad y de una forma adecuada por lo rustico del terreno, esto limita la actividad económica de los pobladores quienes se dedican en un mayor porcentaje a la agricultura, específicamente la siembra del café y además se desperdician espacios que de estar habilitada una vía en óptimas condiciones generarían los turismo y otros beneficios que no se encuentran disponibles por el momento.

2.3 ¿Cómo este proyecto contribuye a resolver el problema?

Con la ejecución de este proyecto, se pretende contribuir a mejorar la calidad de vida de los pobladores, al proveer una vía de conexión donde se pueda transitar adecuadamente, lo cual permitirá desarrollar actividades económicas antes no posibles y nuevos lugares para un sano esparcimiento y diversión, el proyecto que beneficiara a la población local, creara un espacio para unificar a las familias y brindarles una mejor calidad de vida con acceso a otras fuentes de salud y recursos a través de la creación de un diseño geométrico que permita utilizar la vía ante cualquier condición ambiental presentada.

2.4 ¿Cómo está organizada y qué nivel de concientización tiene la población para afrontar este problema?

La organización de la población es a través de la Alcaldía Municipal, la cual se encargará de coordinar los esfuerzos y recursos necesarios para la realización del proyecto.

La comunidad, esta consiente de la necesidad de este tipo de proyectos por lo que ha solicitado formalmente a la Alcaldía, en varias ocasiones el mejoramiento de dicha carretera, ante lo cual brindaran el total apoyo cuando fuere necesario para llevar a cabo su ejecución.

2.5 ¿En qué medida el proyecto resolverá el problema?

Con la realización del proyecto se logrará construir una vía de comunicación que estará habilitada con su respectivo mantenimiento todo el tiempo y así lograr mejorar la calidad de vida y las condiciones existentes en la población, todo esto con el objetivo de contar con infraestructura donde se tenga la confianza de circular si importar la condición climática y el tipo de vehículo que circular por la misma, logrando además ampliar las alternativas vías de comunicación que existen hacia lo más alto del volcán, la construcción de dicha obra contribuirá a ampliar las alternativas que tienen los habitantes de la zona para generar sus ingresos económicos y fortalecerá el espíritu productor de la zona para aventurarse en la apertura de nuevas fronteras de destino para sus cosechas.

3. DESCRIPCION DEL PROYECTO

Actualmente la vía cuenta con un eje de anchos de carril variables con pendientes pronunciadas y con problemas de drenajes, el cuál fue generado por los pobladores y maquinaria propiedad de la Municipalidad, quienes de forma empírica trazaron un eje que hoy en día sirve como acceso, el cual por medio de un diseño correcto se espera eliminar por completo todos esos inconvenientes, que muchas veces causan incomunicación de la población del Cantón Victoria y alrededores. Por tanto con la ayuda de los conocimientos en las diferentes disciplinas antes mencionadas se

busca proporcionar un conjunto de planos geométricos que en manos de la comuna de Santa Tecla le den solución a dicha problemática.

4. BENEFICIARIOS

a) Población Total en el área de influencia: **2,785**

b) Beneficiarios directos:

1. No. de Familias: **340 a 350**

2. No. de Habitantes: **2785**

5. MODALIDAD DE EJECUCION:

Por Contrato

6. POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE CONSERVACION

En todo proyecto de carreteras el impacto ambiental es un factor inevitable, ante lo cual es necesario un estudio de impacto ambiental y de la coordinación de las entidades pertinentes para disminuir en gran medida los efectos que tendrá la ejecución del proyecto sobre el medio ambiente circundante a corto y largo plazo

DIAGNOSTICO SOCIOECONOMICO

1. Contexto socio demográfico

- Municipio: Santa Tecla
- Ubicación Geográfica: Departamento de La Libertad
- Extensión Territorial: 112 km²
- Total de la población: 121908 habitantes
(Según Censos (DIGESTYC) en el año 2007)
 - Mujeres: 54,2% mujeres
 - Hombres: 45,7% hombres
 - Densidad Poblacional: 1088 habitantes x km²
 - Urbana: 103,375
 - Rural: 18,533

2. Listado de familias beneficiadas: 340-350

3. Índice de desarrollo humano: 0.79

4. Nivel de desempleo: 7.1 %

5. Servicios Básicos existentes en la Municipalidad.

- Agua potable.no
- Alcantarillado.....no
- Acceso/Caminos.....si.
- Vivienda.si
- Energía Eléctrica.si
- Transporte Colectivo.....no
- Infraestructura de Salud y Educativa.....no.
- Infraestructura Económica y Municipal.....no

6. Actividad Económica en la Zona.

Agricultura (Siembra de café).

7. Actividades Socio Económicas principales de la Zona.

- Agricultura.
- Comercio.

8. Actividades Socio Económicas principales de la Población beneficiada.

- Agricultura.....75 %
- Ganaderia.....2 %
- Empleo eventual.....15 %
- comercio.....8 %

9. Nivel de Ingreso de la Zona.

\$ 130 dólares mes.

10. Nivel de ingreso de las Comunidades.

\$ 130.00 dólares mes.

TRAMITES INSTITUCIONALES

FACTIBILIDADES:

INSTITUCION	TIPO DE TRAMITE	ESTADO DEL TRAMITE	OBSERVACIONES
CAESS	NO APLICA		

LINEA DE CONSTRUCCION:

INSTITUCION	TIPO DE TRAMITE	ESTADO DEL TRAMITE	OBSERVACIONES
VMVDU	NO APLICA		

CALIFICACION DE LUGAR:

INSTITUCION	TIPO DE TRAMITE	ESTADO DEL TRAMITE	OBSERVACIONES
VMVDU			

PERMISO AMBIENTAL:

INSTITUCION	TIPO DE TRAMITE	ESTADO DEL TRAMITE	OBSERVACIONES
--------------------	------------------------	---------------------------	----------------------

MARN	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
------	------------------------------	--	--

OTROS:

INSTITUCION	TIPO DE TRAMITE	ESTADO DEL TRAMITE	OBSERVACIONES

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
FICHA SIMPLIFICADA PARA
ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS**

Ubicación del Proyecto:

Departamento: LA LIBERTAD

Municipio: SANTA TECLA

1.0 DESCRIPCION DEL PROYECTO:

1.1 Nombre del proyecto identificado por la comunidad como prioritario:

“PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE 5.0 KM DE VÍA DE ACCESO VECINAL MONTAÑOSA, FINAL COL. QUEZALTEPEQUE-CANTÓN VICTORIA, SANTA TECLA, LA LIBERTAD, UTILIZANDO SOFTWARE ESPECIALIZADO PARA DISEÑO DE CARRETERAS”

1.2 Nombre de la persona responsable de asuntos ambientales en el Comité de Proyecto:

Ing. José Armando Ramírez Juárez.

1.3 Breve descripción general del proyecto:

El proyecto tiene como elementos principales la construcción de los siguientes elementos:

1. Apertura de caminos según el diseño.
2. Conformación de Talud
3. Conformación de terraplén.

4. Construcción bermas.
5. Construcción de badenes.
6. Cunetas y contra cunetas
7. Obras de paso
8. Tratamiento superficial
9. Movimiento de terracería.

1.4 Envergadura del proyecto (área, longitud, superficie o capacidad):

El proyecto comprende una longitud total de 5.8 KM

1.5 Mencione las etapas de construcción o componentes del proyecto:

- Trazo
- Descapote
- Desplante
- Nivelacion
- Apertura de carretera
- Modificación del trayecto del camino actual
- Desalojo
- Cimentación
- Compactación
- Estabilización de suelos
- Obras hidráulicas
- Carpeta de rodadura
- Señalización

1.6 Listar los materiales y/o materias primas que se utilizarán en el proyecto:

Material selecto según indicación de laboratorio, cemento, roca fracturada para cunetas, asfalto, emulsiones, madera, etc.

1.7 Listar los equipos que se utilizarán en la ejecución y/u operación del proyecto:

Durante la ejecución:

Vehículos pesados para el traslado de materiales y personal, retroexcavadora, pala mecánica, volqueta, rodillo, bull-dozer, mini cargador, apisonadora eléctrica, concretera de gasolina de 1 bolsa, vibrador eléctrico.

AMBIENTE BIOLÓGICO:

1.8 FLORA:

a) ¿Existen dentro de la comunidad masas boscosas?

Tipo: Bosque natural []

Bosque plantado []

Sombra de café [x]

Matorrales [x]

Manglares []

Otros: Café, Zapotes, Roble, Cedro, Jilote (*Hedyosmun mexicanun* Corden). Aceituno (*Brunnellia mexicana*). Aguacate Mico (*Persea* spp). Capulín de Montaña. Amate.

1.9 FAUNA:

a) ¿Existen dentro del área afectada animales silvestres?

Sí [x] No []

¿Cuáles? (Mencionar nombres comunes):

Armadillos, mapaches, venados, zorras, entre otras.

AMBIENTE SOCIOECONOMICO – CULTURAL:

1.10 SITIOS HISTORICOS:

a) ¿Existe dentro de la zona afectada edificios o construcciones históricas?

Sí [X] No []

Identificarlos: Coloniales [] Cementerios []

Casas de personajes ilustres si () no ()

Otros: _____

b) ¿Existe dentro de la zona afectada evidencia de restos arqueológicos?

Sí [] No [X]

Identificarlos: Construcciones pre-hispánicas []

Construcciones coloniales []

1.11 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

a) ¿Está el proyecto en una zona de atracción turística?

Sí [X] No []

¿dónde? Al costado poniente del volcán San Salvador y del de acceso principal al boquerón.

b) Principales actividades económicas que se desarrollan en la comunidad:

AGRICULTURA Y COMERCIO

DETERMINACION DE IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS

AMBIENTE FISICO:

2.0 AGUA:

a) Las actividades del proyecto causarán alguna alteración de los cuerpos de agua superficiales cercanos (Por ej. arrastre de sedimentos, basuras u otros contaminantes)

Sí [x] No [] No aplica []

Explique brevemente: _

En todo desarrollo o mejoramiento de carreteras existen movimientos de tierra los cuales afectan el equilibrio existente entre el terreno natural y el entorno, con lo cual hace inminente la posibilidad de erocion en los suelos afectados por la contruccion, por lo cual se deberá tomar un plan de contingencia al respecto.

b) Las actividades del proyecto podrían causar alguna alteración de las aguas subterráneas cercanas. (Por ej. contaminación por aguas no tratadas, basuras u otros contaminantes)

Sí [] No [x] No aplica []

Explique brevemente:

c) El agua que abastecerá el proyecto reunirá la calidad sanitaria adecuada para el consumo humano?

Sí [] No [] No aplica [x]

d) ¿Será necesario hacer algún tratamiento al agua, para hacerla apta para el consumo? (si esto aplica presentar los resultados del análisis físico-químico-bacteriológico)

Sí No No aplica

Explique brevemente:

2.1 SUELO:

a) El proyecto implica hacer cortes y/o rellenos?

Sí No

Explique brevemente: A lo largo de todo proyecto de carretera los movimientos de terracería son inevitable por ser parte intrínseca de los mismos.

b) ¿El proyecto ocasionará algún tipo de erosión?

Sí No

b) ¿Será necesaria la conformación de taludes para evitar pérdidas de suelo y protección de obras?

Sí No

2.2 AIRE:

a) ¿Habrá producción excesiva de polvo a causa del proyecto?

Sí No

b) ¿Habrá producción excesiva de ruido a causa del proyecto?

Sí No

AMBIENTE BIOLÓGICO:

2.3 FLORA:

a) ¿Habrá perturbación de flora en el área del proyecto?

Sí No No aplica

b) ¿Se requerirán trabajos de desmonte y tala, corte o poda?

Sí No No aplica

c) En caso "sí", ¿se tiene permiso de Alcaldía o MAG para realizar esta actividad, según indica la normativa?

Sí [**X**] No [] No aplica []

d) ¿Cuántos árboles se podarán o talarán?

La cantidad se definirá en campo.

Mencionar sus nombres comunes: Café, Zapotes, Jilote (Hedyosmun mexicanun Corden). Aceituno (Brunnellia mexicana). Aguacate Mico (Persea spp). Capulín de Montaña. Amate.

2.4 FAUNA:

a) ¿El proyecto ocasionará alteración de lugares que sirven de refugio para fauna?

Sí [] No [**x**] No aplica []

Mencionar los animales que pudieran verse afectados (nombres comunes):

2.5 AMBIENTE SOCIOECONOMICO – CULTURAL

a) ¿El proyecto causará daños o alteraciones a edificaciones pres hispánicas, coloniales u otras de interés histórico?

Sí [] No [**X**] No aplica []

En caso “sí”, explique que tipo de daño o alteración se causará:

MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y PREVENCIÓN

AMBIENTE FÍSICO:

3.0 AGUA:

a) Se evitará la alteración de los cuerpos de agua superficiales, cercanos al proyecto (por arrastre de sedimentos, basuras u otros contaminantes)?

Sí [**X**] No [] No aplica []

Explique brevemente la medida que se tomará para evitarlo:

Plantación de barreras ecológicas a lo largo de todos los taludes y terraplenes existentes.

b) Se evitará la alteración de los cuerpos de agua subterránea cercanos al proyecto (Por Ej. contaminación por aguas no tratadas, basuras u otros contaminantes)

Sí No No aplica

Explique brevemente la medida que se tomará para evitarlo

c) Se tomarán las medidas necesarias para que la calidad del agua para el consumo humano sea sanitariamente adecuada.

Sí No No aplica

Habrà tratamiento al agua para hacerla apta para el consumo humano.

Sí No No aplica

Explique brevemente:

3.1 SUELO:

a) Se evitarà la promoción de erosión ocasionada por las actividades necesarias para la ejecución del proyecto (Como terrecerías).

Sí No No aplica

Explique brevemente las medidas que tomará:

Plantación de barreras ecológicas a lo largo de todos los taludes y terraplenes existentes

b) Se tomarán medidas para proteger la estabilidad de los suelos y protección de las obras (Como conformación de taludes, engramados, siembra de vetiver, etc.)

Sí No No aplica

Explique brevemente la medida que se tomará:

Plantación de barreras ecológicas y muros de retención a lo largo de todos los taludes y terraplenes existentes

3.2 AIRE:

a) Habrà aspersión de agua, cubrimiento de superficies u otras medidas para evitar la promoción o incidencia de polvo en las personas.

Sí No No aplica

Explique:

b) Habrán medidas que ayuden a evitar o disminuir la incidencia de ruidos excesivos, que puedan causar malestar en las personas.

Sí No No aplica

AMBIENTE BIOLÓGICO:

3.3 FLORA:

a) Para ejecutar el proyecto se escogerá un área que cause una mínima afectación de la vegetación arbórea del lugar.

Sí No No aplica

Explique la situación: _

Se respetara de la mayor forma posible el eje actual de la via para lograr con ello un menor daño ambiental al entorno del mismo.

b) Se posee permiso del MAG o de la Alcaldía respectiva para talar árboles.

Sí No No aplica

c) Por cada árbol talado se sembrarán cinco dentro de zona o un área adecuada.

Sí No No aplica

3.4 FAUNA:

a) Se evitará todo daño físico a cualquier tipo de fauna encontrada en el área del proyecto.

Sí No No aplica

Explique:

AMBIENTE SOCIO ECONOMICO CULTURAL

3.5 SITIOS HISTORICOS:

a) Se evitará hacer daño o alterar edificaciones pre hispánico, colonial u otras de interés histórico:

Sí No No aplica

En caso "sí", se deben tener los permisos de Concultura.

Sí No

Explique:

3.6 AMBIENTE SOCIOECONÓMICO:

a) Se evitará afectar actividades económicas importantes dentro de la comunidad.

Sí No No aplica

Explique: **SE ESTABLECERÁ UN HORARIO FIJO PARA LAS OPERACIONES LABORALES DE MAYOR INCIDENCIA COMO LO SON LOS MOVIMIENTOS DE TERRACERIA CON LO CUAL LA POBLACION LOCAL SE PROGRAMARA PARA REALIZAR LAS PROPIAS ACTIVIDADES.**

Anexo 1

Centerline Report
23:29:47 2015

Mon Mar 16

Centerline File: C:\Users\Toshiba\Documents\Dropbox\TESIS\DISEÑO FINAL
DEFENSA PUBLICA\CENTERLINE.cl

Station	Northing	Easting	Bearing	Distance
0+00.00	284556.15	466644.77		
			N 49°09'29" W	71.56m
0+71.56	284602.94	466590.63	PC	
Radius:	284625.64	466610.25	Radius Length: 30.00m	
PI:	284609.08	466583.53	0+80.94 Tangent: 9.39m	
Arc Len:	18.19m	Delta: 34°44'40" Right	Degree: 58°12'45"	
Chord Len:	17.91m	Chord Brg: N 31°47'09" W		
Radial-In:	N 40°50'31" E	Radial-Out: N 75°35'11" E		
Tangential-In	Tangential-Out			
0+89.75	284618.17	466581.20	PT	
			N 14°24'49" W	67.08m
1+56.83	284683.14	466564.50	PC	
Radius:	284690.61	466593.56	Radius Length: 30.00m	
PI:	284684.70	466564.10	1+58.44 Tangent: 1.61m	
Arc Len:	3.22m	Delta: 06°09'27" Right	Degree: 58°12'45"	
Chord Len:	3.22m	Chord Brg: N 11°20'06" W		

Radial-In: N 75°35'11" E Radial-Out: N 81°44'37" E
 Tangential-In Tangential-Out
 1+60.05 284686.30 466563.87 PT
 N 08°15'23" W 44.11m
 2+04.16 284729.95 466557.53 PC
 Radius: 284734.26 466587.22 Radius Length: 30.00m
 PI: 284742.18 466555.76 2+16.51 Tangent: 12.35m
 Arc Len: 23.43m Delta: 44°45'13" Right Degree: 58°12'45"
 Chord Len: 22.84m Chord Brg: N 14°07'14" E
 Radial-In: N 81°44'37" E Radial-Out: S 53°30'10" E
 Tangential-In Tangential-Out
 2+27.60 284752.11 466563.10 PT
 N 36°29'50" E 4.13m
 2+31.73 284755.43 466565.56 PC
 Radius: 284773.27 466541.44 Radius Length: 30.00m
 PI: 284779.98 466583.73 2+62.27 Tangent: 30.55m
 Arc Len: 47.67m Delta: 91°02'02" Left Degree: 58°12'45"
 Chord Len: 42.81m Chord Brg: N 09°01'11" W
 Radial-In: N 53°30'10" W Radial-Out: S 35°27'48" W
 Tangential-In Tangential-Out
 2+79.39 284797.70 466558.85 PT
 N 54°32'12" W 7.17m
 2+86.56 284801.86 466553.01 PC
 Radius: 284810.01 466558.81 Radius Length: 10.00m
 PI: 284807.34 466545.33 2+96.00 Tangent: 9.44m
 Arc Len: 15.13m Delta: 86°41'02" Right Degree: 174°38'16"
 Chord Len: 13.73m Chord Brg: N 11°11'41" W
 Radial-In: N 35°27'48" E Radial-Out: S 57°51'10" E
 Tangential-In Tangential-Out
 3+01.69 284815.33 466550.35 PT
 N 32°08'50" E 37.82m
 3+39.51 284847.35 466570.47 PC
 Radius: 284863.31 466545.07 Radius Length: 30.00m
 PI: 284850.94 466572.73 3+43.75 Tangent: 4.24m
 Arc Len: 8.42m Delta: 16°05'12" Left Degree: 58°12'45"
 Chord Len: 8.40m Chord Brg: N 24°06'14" E
 Radial-In: N 57°51'10" W Radial-Out: N 73°56'22" W
 Tangential-In Tangential-Out
 3+47.93 284855.01 466573.90 PT
 N 16°03'38" E 42.48m
 3+90.41 284895.84 466585.65 PC
 Radius: 284904.14 466556.82 Radius Length: 30.00m
 PI: 284922.28 466593.26 4+17.93 Tangent: 27.51m
 Arc Len: 44.53m Delta: 85°03'07" Left Degree: 58°12'45"
 Chord Len: 40.56m Chord Brg: N 26°27'55" W
 Radial-In: N 73°56'22" W Radial-Out: S 21°00'32" W
 Tangential-In Tangential-Out
 4+34.95 284932.14 466567.58 PT

				N 68°59'28" W	0.89m
4+35.84	284932.46	466566.75	PC		
Radius:	284960.47	466577.50	Radius Length:	30.00m	
PI:	284939.47	466548.50	4+55.38	Tangent:	19.55m
Arc Len:	34.65m	Delta:	66°10'26" Right	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	32.75m	Chord Brg:	N 35°54'15" W		
Radial-In:	N 21°00'32" E	Radial-Out:	N 87°10'58" E		
Tangential-In	Tangential-Out				
4+70.49	284958.99	466547.54	PT		
				N 02°49'02" W	43.91m
5+14.40	285002.85	466545.38	PC		
Radius:	285004.33	466575.34	Radius Length:	30.00m	
PI:	285004.93	466545.28	5+16.48	Tangent:	2.08m
Arc Len:	4.15m	Delta:	07°55'31" Right	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	4.15m	Chord Brg:	N 01°08'44" E		
Radial-In:	N 87°10'58" E	Radial-Out:	S 84°53'31" E		
Tangential-In	Tangential-Out				
5+18.55	285007.00	466545.46	PT		
				N 05°06'29" E	65.34m
5+83.89	285072.08	466551.28	PC		
Radius:	285074.75	466521.40	Radius Length:	30.00m	
PI:	285073.14	466551.38	5+84.95	Tangent:	1.06m
Arc Len:	2.13m	Delta:	04°03'51" Left	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	2.13m	Chord Brg:	N 03°04'34" E		
Radial-In:	N 84°53'31" W	Radial-Out:	N 88°57'22" W		
Tangential-In	Tangential-Out				
5+86.02	285074.20	466551.40	PT		
				N 01°02'38" E	52.37m
6+38.39	285126.57	466552.35	PC		
Radius:	285126.21	466572.35	Radius Length:	20.00m	
PI:	285154.02	466552.85	6+65.84	Tangent:	27.45m
Arc Len:	37.65m	Delta:	107°50'54" Right	Degree:	87°19'08"
Chord Len:	32.33m	Chord Brg:	N 54°58'05" E		
Radial-In:	S 88°57'22" E	Radial-Out:	S 18°53'33" W		
Tangential-In	Tangential-Out				
6+76.04	285145.13	466578.82	PT		
				S 71°06'27" E	9.43m
6+85.47	285142.07	466587.75	PC		
Radius:	285161.00	466594.22	Radius Length:	20.00m	
PI:	285134.85	466608.86	7+07.78	Tangent:	22.31m
Arc Len:	33.60m	Delta:	96°15'34" Left	Degree:	87°19'08"
Chord Len:	29.79m	Chord Brg:	N 60°45'45" E		
Radial-In:	N 18°53'33" E	Radial-Out:	N 77°22'02" W		
Tangential-In	Tangential-Out				
7+19.07	285156.62	466613.74	PT		
				N 12°37'58" E	17.72m
7+36.79	285173.91	466617.61	PC		
Radius:	285167.35	466646.89	Radius Length:	30.00m	

PI:	285176.61	466618.22	7+39.56	Tangent: 2.77m
Arc Len:	5.52m		Delta: 10°32'08" Right	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	5.51m		Chord Brg: N 17°54'02" E	
Radial-In:	S 77°22'02" E	Radial-Out:	S 66°49'53" E	
Tangential-In Tangential-Out				
7+42.31	285179.16	466619.31	PT	
			N 23°10'07" E	33.57m
7+75.88	285210.02	466632.51	PC	
Radius:	285221.82	466604.93	Radius Length: 30.00m	
PI:	285217.46	466635.70	7+83.97	Tangent: 8.10m
Arc Len:	15.82m		Delta: 30°12'38" Left	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	15.64m		Chord Brg: N 08°03'48" E	
Radial-In:	N 66°49'53" W	Radial-Out:	S 82°57'29" W	
Tangential-In Tangential-Out				
7+91.69	285225.50	466634.71	PT	
			N 07°02'31" W	0.38m
7+92.07	285225.87	466634.66	PC	
Radius:	285227.71	466649.55	Radius Length: 15.00m	
PI:	285231.91	466633.91	7+98.15	Tangent: 6.08m
Arc Len:	11.55m		Delta: 44°07'23" Right	Degree: 116°25'31"
Chord Len:	11.27m		Chord Brg: N 15°01'10" E	
Radial-In:	N 82°57'29" E	Radial-Out:	S 52°55'08" E	
Tangential-In Tangential-Out				
8+03.62	285236.76	466637.58	PT	
			N 37°04'52" E	3.80m
8+07.42	285239.79	466639.87	PC	
Radius:	285257.87	466615.94	Radius Length: 30.00m	
PI:	285246.64	466645.05	8+16.01	Tangent: 8.59m
Arc Len:	16.74m		Delta: 31°58'23" Left	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	16.52m		Chord Brg: N 21°05'40" E	
Radial-In:	N 52°55'08" W	Radial-Out:	N 84°53'32" W	
Tangential-In Tangential-Out				
8+24.16	285255.20	466645.82	PT	
			N 05°06'28" E	22.32m
8+46.48	285277.43	466647.80	PC	
Radius:	285280.10	466617.92	Radius Length: 30.00m	
PI:	285280.75	466648.10	8+49.81	Tangent: 3.33m
Arc Len:	6.63m		Delta: 12°40'12" Left	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	6.62m		Chord Brg: N 01°13'37" W	
Radial-In:	N 84°53'32" W	Radial-Out:	S 82°26'17" W	
Tangential-In Tangential-Out				
8+53.11	285284.05	466647.66	PT	
			N 07°33'43" W	32.83m
8+85.94	285316.59	466643.34	PC	
Radius:	285312.65	466613.60	Radius Length: 30.00m	
PI:	285318.86	466643.04	8+88.23	Tangent: 2.29m
Arc Len:	4.56m		Delta: 08°42'50" Left	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	4.56m		Chord Brg: N 11°55'08" W	

Radial-In: S 82°26'17" W Radial-Out: S 73°43'27" W
Tangential-In Tangential-Out

8+90.50 285321.05 466642.40 PT
N 16°16'33" W 41.28m

9+31.78 285360.68 466630.83 PC
Radius: 285369.09 466659.63 Radius Length: 30.00m
PI: 285361.90 466630.48 9+33.05 Tangent: 1.27m
Arc Len: 2.54m Delta: 04°50'59" Right Degree: 58°12'45"
Chord Len: 2.54m Chord Brg: N 13°51'03" W
Radial-In: N 73°43'27" E Radial-Out: N 78°34'26" E
Tangential-In Tangential-Out

9+34.32 285363.14 466630.22 PT
N 11°25'34" W 43.42m

9+77.74 285405.70 466621.62 PC
Radius: 285411.65 466651.03 Radius Length: 30.00m
PI: 285407.70 466621.22 9+79.78 Tangent: 2.03m
Arc Len: 4.06m Delta: 07°45'19" Right Degree: 58°12'45"
Chord Len: 4.06m Chord Brg: N 07°32'55" W
Radial-In: N 78°34'26" E Radial-Out: N 86°19'45" E
Tangential-In Tangential-Out

9+81.80 285409.73 466621.09 PT
N 03°40'15" W 74.18m

10+55.98 285483.75 466616.34 PC
Radius: 285481.83 466586.40 Radius Length: 30.00m
PI: 285485.76 466616.21 10+57.99 Tangent: 2.01m
Arc Len: 4.02m Delta: 07°40'22" Left Degree: 58°12'45"
Chord Len: 4.01m Chord Brg: N 07°30'26" W
Radial-In: S 86°19'45" W Radial-Out: S 78°39'23" W
Tangential-In Tangential-Out

10+60.00 285487.73 466615.82 PT
N 11°20'37" W 21.07m

10+81.07 285508.39 466611.67 PC
Radius: 285514.29 466641.08 Radius Length: 30.00m
PI: 285514.03 466610.54 10+86.83 Tangent: 5.76m
Arc Len: 11.38m Delta: 21°44'12" Right Degree: 58°12'45"
Chord Len: 11.31m Chord Brg: N 00°28'31" W
Radial-In: N 78°39'23" E Radial-Out: S 79°36'25" E
Tangential-In Tangential-Out

10+92.45 285519.70 466611.58 PT
N 10°23'35" E 39.53m

11+31.98 285558.58 466618.71
Deflection: 06°05'24" Left
N 04°18'11" E 30.96m

11+62.94 285589.46 466621.03 PC
Radius: 285591.71 466591.12 Radius Length: 30.00m
PI: 285595.15 466621.46 11+68.65 Tangent: 5.71m
Arc Len: 11.28m Delta: 21°32'44" Left Degree: 58°12'45"
Chord Len: 11.21m Chord Brg: N 06°28'11" W
Radial-In: N 85°41'49" W Radial-Out: S 72°45'27" W

Tangential-In Tangential-Out			
11+74.22	285600.60	466619.77	PT
			N 17°14'33" W 34.20m
12+08.42	285633.26	466609.63	PC
Radius:	285642.15	466638.28	Radius Length: 30.00m
PI:	285637.57	466608.29	12+12.93 Tangent: 4.51m
Arc Len:	8.96m	Delta: 17°06'14" Right	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	8.92m	Chord Brg: N 08°41'26" W	
Radial-In: N 72°45'27" E Radial-Out: N 89°51'41" E			
Tangential-In Tangential-Out			
12+17.38	285642.08	466608.28	PT
			N 00°08'19" W 74.37m
12+91.75	285716.45	466608.10	PC
Radius:	285716.53	466638.10	Radius Length: 30.00m
PI:	285718.70	466608.10	12+93.99 Tangent: 2.24m
Arc Len:	4.48m	Delta: 08°33'24" Right	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	4.48m	Chord Brg: N 04°08'23" E	
Radial-In: N 89°51'41" E Radial-Out: S 81°34'56" E			
Tangential-In Tangential-Out			
12+96.23	285720.92	466608.42	PT
			N 08°25'04" E 22.18m
13+18.40	285742.85	466611.67	PC
Radius:	285738.46	466641.35	Radius Length: 30.00m
PI:	285749.42	466612.64	13+25.04 Tangent: 6.64m
Arc Len:	13.07m	Delta: 24°57'18" Right	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	12.96m	Chord Brg: N 20°53'43" E	
Radial-In: S 81°34'56" E Radial-Out: S 56°37'37" E			
Tangential-In Tangential-Out			
13+31.47	285754.97	466616.29	PT
			N 33°22'23" E 37.74m
13+69.21	285786.48	466637.05	PC
Radius:	285769.98	466662.11	Radius Length: 30.00m
PI:	285789.64	466639.14	13+72.99 Tangent: 3.79m
Arc Len:	7.53m	Delta: 14°23'21" Right	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	7.51m	Chord Brg: N 40°34'03" E	
Radial-In: S 56°37'37" E Radial-Out: S 42°14'17" E			
Tangential-In Tangential-Out			
13+76.74	285792.19	466641.94	PT
			N 47°45'43" E 68.81m
14+45.55	285838.44	466692.89	PC
Radius:	285860.66	466672.72	Radius Length: 30.00m
PI:	285839.36	466693.89	14+46.91 Tangent: 1.35m
Arc Len:	2.71m	Delta: 05°10'06" Left	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	2.71m	Chord Brg: N 45°10'40" E	
Radial-In: N 42°14'17" W Radial-Out: N 47°24'23" W			
Tangential-In Tangential-Out			
14+48.26	285840.35	466694.81	PT
			N 42°35'37" E 60.73m

15+08.99	285885.06	466735.91	PC		
Radius:	285905.36	466713.82	Radius Length:	30.00m	
PI:	285895.74	466745.73	15+23.50	Tangent:	14.51m
Arc Len:	27.03m	Delta:	51°37'24" Left	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	26.12m	Chord Brg:	N 16°46'56" E		
Radial-In:	N 47°24'23" W	Radial-Out:	S 80°58'14" W		
Tangential-In		Tangential-Out			
15+36.02	285910.07	466743.45	PT		
			N 09°01'46" W	70.60m	
16+06.62	285979.80	466732.37	PC		
Radius:	285984.51	466762.00	Radius Length:	30.00m	
PI:	285980.66	466732.23	16+07.50	Tangent:	0.88m
Arc Len:	1.75m	Delta:	03°20'31" Right	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	1.75m	Chord Brg:	N 07°21'31" W		
Radial-In:	N 80°58'14" E	Radial-Out:	N 84°18'44" E		
Tangential-In		Tangential-Out			
16+08.37	285981.53	466732.14	PT		
			N 05°41'16" W	128.27m	
17+36.64	286109.17	466719.43	PC		
Radius:	286112.15	466749.28	Radius Length:	30.00m	
PI:	286113.98	466718.95	17+41.47	Tangent:	4.83m
Arc Len:	9.57m	Delta:	18°17'11" Right	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	9.53m	Chord Brg:	N 03°27'20" E		
Radial-In:	N 84°18'44" E	Radial-Out:	S 77°24'05" E		
Tangential-In		Tangential-Out			
17+46.22	286118.69	466720.01	PT		
			N 12°35'55" E	79.56m	
18+25.78	286196.34	466737.36	PC		
Radius:	286189.80	466766.64	Radius Length:	30.00m	
PI:	286198.84	466737.92	18+28.34	Tangent:	2.56m
Arc Len:	5.10m	Delta:	09°44'34" Right	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	5.10m	Chord Brg:	N 17°28'12" E		
Radial-In:	S 77°24'05" E	Radial-Out:	S 67°39'31" E		
Tangential-In		Tangential-Out			
18+30.88	286201.20	466738.89	PT		
			N 22°20'29" E	89.42m	
19+20.31	286283.91	466772.88		Deflection:	00°33'53"
Right					
			N 22°54'22" E	117.70m	
20+38.01	286392.33	466818.69		Deflection:	13°40'47"
Right					
			N 36°35'09" E	101.26m	
21+39.26	286473.64	466879.05	PC		
Radius:	286437.87	466927.22	Radius Length:	60.00m	
PI:	286497.48	466896.75	21+68.96	Tangent:	29.70m
Arc Len:	55.16m	Delta:	52°40'19" Right	Degree:	29°06'23"
Chord Len:	53.24m	Chord Brg:	N 62°55'19" E		
Radial-In:	S 53°24'51" E	Radial-Out:	S 00°44'31" E		

Tangential-In Tangential-Out			
21+94.42	286497.87	466926.45	PT
			N 89°15'29" E 73.18m
22+67.61	286498.82	466999.62	PC
Radius:	286528.81	466999.24	Radius Length: 30.00m
PI:	286498.96	467011.03	22+79.01 Tangent: 11.40m
Arc Len:	21.79m	Delta: 41°37'10" Left	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	21.32m	Chord Brg: N 68°26'54" E	
Radial-In:	N 00°44'31" W Radial-Out: N 42°21'41" W		
Tangential-In Tangential-Out			
22+89.40	286506.65	467019.45	PT
			N 47°38'19" E 49.29m
23+38.69	286539.86	467055.87	PC
Radius:	286562.03	467035.66	Radius Length: 30.00m
PI:	286542.35	467058.60	23+42.38 Tangent: 3.69m
Arc Len:	7.34m	Delta: 14°01'11" Left	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	7.32m	Chord Brg: N 40°37'43" E	
Radial-In:	N 42°21'41" W Radial-Out: N 56°22'52" W		
Tangential-In Tangential-Out			
23+46.03	286545.42	467060.64	PT
			N 33°37'08" E 42.49m
23+88.52	286580.80	467084.17	PC
Radius:	286597.41	467059.18	Radius Length: 30.00m
PI:	286586.21	467087.76	23+95.02 Tangent: 6.50m
Arc Len:	12.80m	Delta: 24°26'25" Left	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	12.70m	Chord Brg: N 21°23'56" E	
Radial-In:	N 56°22'52" W Radial-Out: N 80°49'17" W		
Tangential-In Tangential-Out			
24+01.32	286592.63	467088.80	PT
			N 09°10'43" E 68.06m
24+69.38	286659.82	467099.66	PC
Radius:	286655.03	467129.27	Radius Length: 30.00m
PI:	286665.27	467100.54	24+74.90 Tangent: 5.52m
Arc Len:	10.92m	Delta: 20°51'12" Right	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	10.86m	Chord Brg: N 19°36'19" E	
Radial-In:	S 80°49'17" E Radial-Out: S 59°58'04" E		
Tangential-In Tangential-Out			
24+80.30	286670.05	467103.30	PT
			N 30°01'56" E 60.00m
25+40.30	286721.99	467133.33	PC
Radius:	286706.97	467159.30	Radius Length: 30.00m
PI:	286725.12	467135.14	25+43.91 Tangent: 3.61m
Arc Len:	7.19m	Delta: 13°44'04" Right	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	7.17m	Chord Brg: N 36°53'57" E	
Radial-In:	S 59°58'04" E Radial-Out: S 46°14'01" E		
Tangential-In Tangential-Out			
25+47.49	286727.72	467137.64	PT
			N 43°45'59" E 94.03m

26+41.52	286795.63	467202.68	PC		
Radius:	286816.38	467181.02	Radius Length:	30.00m	
PI:	286798.56	467205.48	26+45.57	Tangent:	4.05m
Arc Len:	8.05m	Delta:	15°22'47" Left	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	8.03m	Chord Brg:	N 36°04'36" E		
Radial-In:	N 46°14'01" W	Radial-Out:	N 61°36'47" W		
Tangential-In		Tangential-Out			
26+49.57	286802.12	467207.41	PT		
			N 28°23'13" E		72.37m
27+21.94	286865.79	467241.81	PC		
Radius:	286851.52	467268.21	Radius Length:	30.00m	
PI:	286883.74	467251.51	27+42.34	Tangent:	20.40m
Arc Len:	35.84m	Delta:	68°26'25" Right	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	33.74m	Chord Brg:	N 62°36'25" E		
Radial-In:	S 61°36'47" E	Radial-Out:	S 06°49'38" W		
Tangential-In		Tangential-Out			
27+57.78	286881.31	467271.77	PT		
			S 83°10'22" E		20.97m
27+78.75	286878.82	467292.59	PC		
Radius:	286908.61	467296.16	Radius Length:	30.00m	
PI:	286877.44	467304.08	27+90.32	Tangent:	11.57m
Arc Len:	22.09m	Delta:	42°11'00" Left	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	21.59m	Chord Brg:	N 75°44'07" E		
Radial-In:	N 06°49'38" E	Radial-Out:	N 35°21'23" W		
Tangential-In		Tangential-Out			
28+00.83	286884.14	467313.52	PT		
			N 54°38'37" E		48.04m
28+48.87	286911.94	467352.70	PC		
Radius:	286936.40	467335.34	Radius Length:	30.00m	
PI:	286914.55	467356.38	28+53.39	Tangent:	4.52m
Arc Len:	8.97m	Delta:	17°08'09" Left	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	8.94m	Chord Brg:	N 46°04'33" E		
Radial-In:	N 35°21'23" W	Radial-Out:	N 52°29'32" W		
Tangential-In		Tangential-Out			
28+57.84	286918.14	467359.14	PT		
			N 37°30'28" E		129.88m
29+87.72	287021.17	467438.22	PC		
Radius:	287039.43	467414.42	Radius Length:	30.00m	
PI:	287027.85	467443.34	29+96.14	Tangent:	8.42m
Arc Len:	16.41m	Delta:	31°20'58" Left	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	16.21m	Chord Brg:	N 21°49'59" E		
Radial-In:	N 52°29'32" W	Radial-Out:	N 83°50'30" W		
Tangential-In		Tangential-Out			
30+04.14	287036.22	467444.24	PT		
			N 03°41'45" E		89.32m
30+93.46	287125.35	467450.00	PC		
Radius:	287127.28	467420.06	Radius Length:	30.00m	
PI:	287136.48	467450.72	31+04.61	Tangent:	11.16m

Arc Len: 21.37m Delta: 40°48'18" Left Degree: 58°12'45"
 Chord Len: 20.92m Chord Brg: N 16°42'25" W
 Radial-In: N 86°18'15" W Radial-Out: S 52°53'26" W
 Tangential-In Tangential-Out
 31+14.82 287145.38 467443.99 PT
 N 37°06'34" W 60.78m
 31+75.60 287193.85 467407.32 PC
 Radius: 287211.95 467431.24 Radius Length: 30.00m
 PI: 287206.18 467397.99 31+91.06 Tangent: 15.46m
 Arc Len: 28.56m Delta: 54°32'30" Right Degree: 58°12'45"
 Chord Len: 27.49m Chord Brg: N 09°50'19" W
 Radial-In: N 52°53'26" E Radial-Out: S 72°34'04" E
 Tangential-In Tangential-Out
 32+04.16 287220.94 467402.62 PT
 N 17°25'56" E 69.43m
 32+73.59 287287.18 467423.42 PC
 Radius: 287296.17 467394.80 Radius Length: 30.00m
 PI: 287290.16 467424.36 32+76.72 Tangent: 3.13m
 Arc Len: 6.23m Delta: 11°53'56" Left Degree: 58°12'45"
 Chord Len: 6.22m Chord Brg: N 11°28'58" E
 Radial-In: N 72°34'04" W Radial-Out: N 84°28'00" W
 Tangential-In Tangential-Out
 32+79.82 287293.28 467424.66 PT
 N 05°32'00" E 60.33m
 33+40.15 287353.32 467430.48 PC
 Radius: 287350.43 467460.34 Radius Length: 30.00m
 PI: 287363.01 467431.42 33+49.88 Tangent: 9.73m
 Arc Len: 18.82m Delta: 35°56'55" Right Degree: 58°12'45"
 Chord Len: 18.52m Chord Brg: N 23°30'28" E
 Radial-In: S 84°28'00" E Radial-Out: S 48°31'05" E
 Tangential-In Tangential-Out
 33+58.97 287370.30 467437.86 PT
 N 41°28'55" E 17.63m
 33+76.60 287383.51 467449.54 PC
 Radius: 287403.38 467427.07 Radius Length: 30.00m
 PI: 287389.98 467455.26 33+85.24 Tangent: 8.64m
 Arc Len: 16.82m Delta: 32°07'26" Left Degree: 58°12'45"
 Chord Len: 16.60m Chord Brg: N 25°25'12" E
 Radial-In: N 48°31'05" W Radial-Out: N 80°38'31" W
 Tangential-In Tangential-Out
 33+93.42 287398.50 467456.67 PT
 N 09°21'29" E 52.68m
 34+46.10 287450.48 467465.23 PC
 Radius: 287445.60 467494.83 Radius Length: 30.00m
 PI: 287455.13 467466.00 34+50.81 Tangent: 4.71m
 Arc Len: 9.34m Delta: 17°50'49" Right Degree: 58°12'45"
 Chord Len: 9.31m Chord Brg: N 18°16'53" E
 Radial-In: S 80°38'31" E Radial-Out: S 62°47'42" E

Tangential-In Tangential-Out
34+55.45 287459.32 467468.15 PT
N 27°12'18" E 20.97m
34+76.42 287477.97 467477.74 PC
Radius: 287491.69 467451.06 Radius Length: 30.00m
PI: 287485.35 467481.54 34+84.72 Tangent: 8.30m
Arc Len: 16.20m Delta: 30°56'19" Left Degree: 58°12'45"
Chord Len: 16.00m Chord Brg: N 11°44'09" E
Radial-In: N 62°47'42" W Radial-Out: S 86°15'59" W
Tangential-In Tangential-Out
34+92.62 287493.64 467481.00 PT
N 03°44'01" W 11.41m
35+04.03 287505.03 467480.25 PC
Radius: 287506.98 467510.19 Radius Length: 30.00m
PI: 287508.00 467480.06 35+07.00 Tangent: 2.98m
Arc Len: 5.94m Delta: 11°20'08" Right Degree: 58°12'45"
Chord Len: 5.93m Chord Brg: N 01°56'03" E
Radial-In: N 86°15'59" E Radial-Out: S 82°23'53" E
Tangential-In Tangential-Out
35+09.96 287510.95 467480.45 PT
N 07°36'07" E 21.59m
35+31.56 287532.35 467483.31 PC
Radius: 287528.38 467513.05 Radius Length: 30.00m
PI: 287537.68 467484.02 35+36.94 Tangent: 5.38m
Arc Len: 10.65m Delta: 20°20'10" Right Degree: 58°12'45"
Chord Len: 10.59m Chord Brg: N 17°46'12" E
Radial-In: S 82°23'53" E Radial-Out: S 62°03'43" E
Tangential-In Tangential-Out
35+42.20 287542.44 467486.54 PT
N 27°56'17" E 36.02m
35+78.22 287574.26 467503.42 PC
Radius: 287588.32 467476.92 Radius Length: 30.00m
PI: 287576.15 467504.42 35+80.37 Tangent: 2.14m
Arc Len: 4.28m Delta: 08°10'00" Left Degree: 58°12'45"
Chord Len: 4.27m Chord Brg: N 23°51'17" E
Radial-In: N 62°03'43" W Radial-Out: N 70°13'43" W
Tangential-In Tangential-Out
35+82.50 287578.17 467505.15 PT
N 19°46'17" E 20.22m
36+02.72 287597.20 467511.99 PC
Radius: 287607.35 467483.76 Radius Length: 30.00m
PI: 287603.64 467514.30 36+09.57 Tangent: 6.84m
Arc Len: 13.46m Delta: 25°42'02" Left Degree: 58°12'45"
Chord Len: 13.34m Chord Brg: N 06°55'16" E
Radial-In: N 70°13'43" W Radial-Out: S 84°04'15" W
Tangential-In Tangential-Out
36+16.18 287610.45 467513.60 PT
N 05°55'45" W 31.34m

36+47.52	287641.62	467510.36	PC		
Radius:	287644.71	467540.20	Radius Length:	30.00m	
PI:	287647.02	467509.80	36+52.95	Tangent:	5.43m
Arc Len:	10.75m	Delta:	20°31'35" Right	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	10.69m	Chord Brg:	N 04°20'03" E		
Radial-In:	N 84°04'15" E	Radial-Out:	S 75°24'10" E		
Tangential-In		Tangential-Out			
36+58.26	287652.27	467511.17	PT		
			N 14°35'50" E	18.29m	
36+76.55	287669.97	467515.77	PC		
Radius:	287662.41	467544.81	Radius Length:	30.00m	
PI:	287674.95	467517.07	36+81.69	Tangent:	5.14m
Arc Len:	10.19m	Delta:	19°27'29" Right	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	10.14m	Chord Brg:	N 24°19'35" E		
Radial-In:	S 75°24'10" E	Radial-Out:	S 55°56'40" E		
Tangential-In		Tangential-Out			
36+86.74	287679.21	467519.95	PT		
			N 34°03'20" E	25.18m	
37+11.91	287700.07	467534.05	PC		
Radius:	287716.87	467509.20	Radius Length:	30.00m	
PI:	287702.21	467535.50	37+14.50	Tangent:	2.59m
Arc Len:	5.17m	Delta:	09°52'00" Left	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	5.16m	Chord Brg:	N 29°07'20" E		
Radial-In:	N 55°56'40" W	Radial-Out:	N 65°48'40" W		
Tangential-In		Tangential-Out			
37+17.08	287704.58	467536.56	PT		
			N 24°11'20" E	5.51m	
37+22.59	287709.60	467538.82	PC		
Radius:	287721.89	467511.45	Radius Length:	30.00m	
PI:	287728.06	467547.11	37+42.83	Tangent:	20.24m
Arc Len:	35.61m	Delta:	68°00'49" Left	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	33.56m	Chord Brg:	N 09°49'05" W		
Radial-In:	N 65°48'40" W	Radial-Out:	S 46°10'30" W		
Tangential-In		Tangential-Out			
37+58.20	287742.67	467533.10	PT		
			N 43°49'30" W	10.62m	
37+68.82	287750.33	467525.74	PC		
Radius:	287771.10	467547.38	Radius Length:	30.00m	
PI:	287760.29	467516.18	37+82.63	Tangent:	13.81m
Arc Len:	25.88m	Delta:	49°25'21" Right	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	25.08m	Chord Brg:	N 19°06'49" W		
Radial-In:	N 46°10'30" E	Radial-Out:	S 84°24'08" E		
Tangential-In		Tangential-Out			
37+94.70	287774.03	467517.53	PT		
			N 16°13'46" E	9.30m	
38+04.00	287782.96	467520.13	PC		
Radius:	287787.15	467505.72	Radius Length:	15.00m	
PI:	287820.04	467530.92	38+42.62	Tangent:	38.62m

Arc Len: 36.01m Delta: 137°33'02" Left Degree: 116°25'31"
 Chord Len: 27.97m Chord Brg: N 52°32'44" W
 Radial-In: N 73°46'14" W Radial-Out: S 31°19'15" E
 Tangential-In Tangential-Out
 38+40.01 287799.96 467497.93 PT
 S 58°40'45" W 14.96m
 38+54.97 287792.19 467485.14 PC
 Radius: 287766.56 467500.74 Radius Length: 30.00m
 PI: 287789.34 467480.46 38+60.45 Tangent: 5.48m
 Arc Len: 10.84m Delta: 20°42'02" Left Degree: 58°12'45"
 Chord Len: 10.78m Chord Brg: S 48°19'44" W
 Radial-In: S 31°19'15" E Radial-Out: S 52°01'17" E
 Tangential-In Tangential-Out
 38+65.81 287785.02 467477.09 PT
 S 37°58'43" W 34.12m
 38+99.94 287758.12 467456.09 PC
 Radius: 287776.58 467432.45 Radius Length: 30.00m
 PI: 287753.15 467452.21 39+06.25 Tangent: 6.31m
 Arc Len: 12.44m Delta: 23°45'25" Right Degree: 58°12'45"
 Chord Len: 12.35m Chord Brg: S 49°51'25" W
 Radial-In: N 52°01'17" W Radial-Out: N 28°15'52" W
 Tangential-In Tangential-Out
 39+12.37 287750.16 467446.65 PT
 S 61°44'08" W 20.50m
 39+32.87 287740.45 467428.60 PC
 Radius: 287749.26 467423.86 Radius Length: 10.00m
 PI: 287727.37 467404.27 39+60.50 Tangent: 27.63m
 Arc Len: 24.47m Delta: 140°12'04" Right Degree: 174°38'16"
 Chord Len: 18.81m Chord Brg: N 48°09'50" W
 Radial-In: N 28°15'52" W Radial-Out: S 68°03'48" E
 Tangential-In Tangential-Out
 39+57.34 287753.00 467414.59 PT
 N 21°56'12" E 1.99m
 39+59.33 287754.84 467415.33 PC
 Radius: 287743.63 467443.16 Radius Length: 30.00m
 PI: 287760.96 467417.79 39+65.93 Tangent: 6.60m
 Arc Len: 12.99m Delta: 24°48'31" Right Degree: 58°12'45"
 Chord Len: 12.89m Chord Brg: N 34°20'27" E
 Radial-In: S 68°03'48" E Radial-Out: S 43°15'17" E
 Tangential-In Tangential-Out
 39+72.32 287765.48 467422.60 PT
 N 46°44'43" E 28.25m
 40+00.57 287784.84 467443.18 PC
 Radius: 287806.69 467422.62 Radius Length: 30.00m
 PI: 287787.37 467445.87 40+04.27 Tangent: 3.70m
 Arc Len: 7.36m Delta: 14°03'32" Left Degree: 58°12'45"
 Chord Len: 7.34m Chord Brg: N 39°42'57" E
 Radial-In: N 43°15'17" W Radial-Out: N 57°18'49" W

Tangential-In Tangential-Out			
40+07.93	287790.49	467447.87	PT
			N 32°41'11" E 25.38m
40+33.31	287811.84	467461.57	PC
Radius:	287828.05	467436.32	Radius Length: 30.00m
PI:	287821.27	467467.62	40+44.51 Tangent: 11.20m
Arc Len:	21.44m	Delta: 40°57'01" Left	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	20.99m	Chord Brg: N 12°12'40" E	
Radial-In:	N 57°18'49" W Radial-Out: S 81°44'10" W		
Tangential-In Tangential-Out			
40+54.75	287832.36	467466.01	PT
			N 11°08'34" W 33.39m
40+88.14	287865.12	467459.56	Deflection: 06°05'18"
Right			N 05°03'16" W 56.56m
41+44.69	287921.45	467454.58	PC
Radius:	287920.57	467444.61	Radius Length: 10.00m
PI:	287931.05	467453.73	41+54.33 Tangent: 9.63m
Arc Len:	15.33m	Delta: 87°51'28" Left	Degree: 174°38'16"
Chord Len:	13.88m	Chord Brg: N 48°59'00" W	
Radial-In:	S 84°56'44" W Radial-Out: S 02°54'45" E		
Tangential-In Tangential-Out			
41+60.03	287930.56	467444.11	PT
			S 71°25'13" W 10.69m
41+70.72	287927.15	467433.97	PC
Radius:	287950.85	467426.01	Radius Length: 25.00m
PI:	287922.73	467420.81	41+84.60 Tangent: 13.88m
Arc Len:	25.35m	Delta: 58°05'32" Right	Degree: 69°51'19"
Chord Len:	24.28m	Chord Brg: N 79°32'02" W	
Radial-In:	N 18°34'47" W Radial-Out: N 39°30'44" E		
Tangential-In Tangential-Out			
41+96.06	287931.56	467410.10	PT
			N 23°17'31" W 31.13m
42+27.19	287960.16	467397.79	PC
Radius:	287972.02	467425.35	Radius Length: 30.00m
PI:	287973.68	467391.97	42+41.92 Tangent: 14.73m
Arc Len:	27.38m	Delta: 52°17'37" Right	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	26.44m	Chord Brg: N 02°51'18" E	
Radial-In:	N 66°42'29" E Radial-Out: S 60°59'54" E		
Tangential-In Tangential-Out			
42+54.58	287986.56	467399.11	PT
			N 29°00'06" E 28.69m
42+83.26	288011.65	467413.02	PC
Radius:	287997.11	467439.26	Radius Length: 30.00m
PI:	288014.20	467414.43	42+86.17 Tangent: 2.91m
Arc Len:	5.80m	Delta: 11°05'04" Right	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	5.79m	Chord Brg: N 34°32'38" E	
Radial-In:	S 60°59'54" E Radial-Out: S 49°54'50" E		

Tangential-In Tangential-Out				
42+89.07	288016.43	467416.30	PT	
				N 40°05'10" E 4.29m
42+93.36	288019.71	467419.07	PC	
Radius:	288039.03	467396.12	Radius Length:	30.00m
PI:	288024.90	467423.44	43+00.14	Tangent: 6.78m
Arc Len:	13.34m	Delta: 25°28'53"	Left	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	13.23m	Chord Brg:	N 27°20'43" E	
Radial-In:	N 49°54'50" W	Radial-Out:	N 75°23'43" W	
Tangential-In Tangential-Out				
43+06.70	288031.47	467425.15	PT	
				N 14°36'17" E 25.53m
43+32.24	288056.17	467431.59	PC	
Radius:	288048.61	467460.62	Radius Length:	30.00m
PI:	288064.95	467433.87	43+41.31	Tangent: 9.07m
Arc Len:	17.62m	Delta: 33°39'10"	Right	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	17.37m	Chord Brg:	N 31°25'52" E	
Radial-In:	S 75°23'43" E	Radial-Out:	S 41°44'33" E	
Tangential-In Tangential-Out				
43+49.86	288070.99	467440.64	PT	
				N 48°15'27" E 0.11m
43+49.97	288071.07	467440.72	PC	
Radius:	288085.99	467427.41	Radius Length:	20.00m
PI:	288075.94	467446.19	43+57.29	Tangent: 7.32m
Arc Len:	14.04m	Delta: 40°13'27"	Left	Degree: 87°19'08"
Chord Len:	13.75m	Chord Brg:	N 28°08'44" E	
Radial-In:	N 41°44'33" W	Radial-Out:	N 81°57'59" W	
Tangential-In Tangential-Out				
43+64.01	288083.20	467447.21	PT	
				N 03°26'19" E 1.84m
43+65.85	288085.04	467447.32	PC	
Radius:	288085.64	467437.34	Radius Length:	10.00m
PI:	288097.81	467448.09	43+78.65	Tangent: 12.79m
Arc Len:	18.15m	Delta: 103°58'45"	Left	Degree: 174°38'16"
Chord Len:	15.76m	Chord Brg:	N 48°33'04" W	
Radial-In:	N 86°33'41" W	Radial-Out:	S 10°32'26" E	
Tangential-In Tangential-Out				
43+84.00	288095.47	467435.51	PT	
				S 71°16'38" W 10.40m
43+94.40	288092.13	467425.67	PC	
Radius:	288106.34	467420.85	Radius Length:	15.00m
PI:	288089.10	467416.72	44+03.85	Tangent: 9.45m
Arc Len:	16.87m	Delta: 64°25'39"	Right	Degree: 116°25'31"
Chord Len:	15.99m	Chord Brg:	N 76°30'33" W	
Radial-In:	N 18°43'22" W	Radial-Out:	N 45°42'16" E	
Tangential-In Tangential-Out				
44+11.26	288095.86	467410.12	PT	
				N 27°31'50" W 0.84m

44+12.11	288096.61	467409.73	PC		
Radius:	288103.54	467423.03	Radius Length:	15.00m	
PI:	288104.41	467405.66	44+20.90	Tangent:	8.80m
Arc Len:	15.91m	Delta:	60°46'17" Right	Degree:	116°25'31"
Chord Len:	15.17m	Chord Brg:	N 02°51'19" E		
Radial-In:	N 62°28'10" E	Radial-Out:	S 56°45'32" E		
Tangential-In		Tangential-Out			
44+28.02	288111.76	467410.48	PT		
			N 26°32'13" E		14.22m
44+42.24	288124.49	467416.84	PC		
Radius:	288137.89	467390.00	Radius Length:	30.00m	
PI:	288131.62	467420.40	44+50.21	Tangent:	7.97m
Arc Len:	15.58m	Delta:	29°45'46" Left	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	15.41m	Chord Brg:	N 11°39'20" E		
Radial-In:	N 63°27'47" W	Radial-Out:	S 86°46'27" W		
Tangential-In		Tangential-Out			
44+57.82	288139.58	467419.95	PT		
			N 03°13'33" W		12.45m
44+70.28	288152.01	467419.25	PC		
Radius:	288150.33	467389.30	Radius Length:	30.00m	
PI:	288153.60	467419.16	44+71.86	Tangent:	1.59m
Arc Len:	3.17m	Delta:	06°03'35" Left	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	3.17m	Chord Brg:	N 06°15'21" W		
Radial-In:	S 86°46'27" W	Radial-Out:	S 80°42'51" W		
Tangential-In		Tangential-Out			
44+73.45	288155.17	467418.90	PT		
			N 09°17'09" W		16.05m
44+89.50	288171.01	467416.31	PC		
Radius:	288169.39	467406.45	Radius Length:	10.00m	
PI:	288189.40	467413.31	45+08.14	Tangent:	18.64m
Arc Len:	21.57m	Delta:	123°34'04" Left	Degree:	174°38'16"
Chord Len:	17.62m	Chord Brg:	N 71°04'11" W		
Radial-In:	S 80°42'51" W	Radial-Out:	S 42°51'12" E		
Tangential-In		Tangential-Out			
45+11.07	288176.73	467399.64	PT		
			S 47°08'48" W		2.59m
45+13.66	288174.96	467397.74	PC		
Radius:	288167.63	467404.54	Radius Length:	10.00m	
PI:	288174.07	467396.78	45+14.98	Tangent:	1.32m
Arc Len:	2.62m	Delta:	14°59'46" Left	Degree:	174°38'16"
Chord Len:	2.61m	Chord Brg:	S 39°38'55" W		
Radial-In:	S 42°51'12" E	Radial-Out:	S 57°50'58" E		
Tangential-In		Tangential-Out			
45+16.28	288172.95	467396.08	PT		
			S 32°09'02" W		18.33m
45+34.61	288157.43	467386.32	PC		
Radius:	288162.75	467377.86	Radius Length:	10.00m	
PI:	288156.23	467385.57	45+36.02	Tangent:	1.42m

Arc Len: 2.81m Delta: 16°07'40" Right Degree: 174°38'16"
 Chord Len: 2.81m Chord Brg: S 40°12'52" W
 Radial-In: N 57°50'58" W Radial-Out: N 41°43'18" W
 Tangential-In Tangential-Out
 45+37.42 288155.29 467384.51 PT
 S 48°16'42" W 16.13m
 45+53.55 288144.55 467372.47 PC
 Radius: 288152.02 467365.82 Radius Length: 10.00m
 PI: 288138.16 467365.30 45+63.16 Tangent: 9.60m
 Arc Len: 15.30m Delta: 87°40'45" Right Degree: 174°38'16"
 Chord Len: 13.85m Chord Brg: N 87°52'55" W
 Radial-In: N 41°43'18" W Radial-Out: N 45°57'27" E
 Tangential-In Tangential-Out
 45+68.86 288145.07 467358.63 PT
 N 44°02'33" W 2.97m
 45+71.82 288147.20 467356.57 PC
 Radius: 288154.15 467363.75 Radius Length: 10.00m
 PI: 288148.37 467355.43 45+73.46 Tangent: 1.63m
 Arc Len: 3.24m Delta: 18°33'02" Right Degree: 174°38'16"
 Chord Len: 3.22m Chord Brg: N 34°46'02" W
 Radial-In: N 45°57'27" E Radial-Out: N 64°30'29" E
 Tangential-In Tangential-Out
 45+75.06 288149.85 467354.73 PT
 N 25°29'31" W 4.60m
 45+79.66 288154.00 467352.75 PC
 Radius: 288145.39 467334.70 Radius Length: 20.00m
 PI: 288163.14 467348.39 45+89.78 Tangent: 10.13m
 Arc Len: 18.75m Delta: 53°42'08" Left Degree: 87°19'08"
 Chord Len: 18.07m Chord Brg: N 52°20'35" W
 Radial-In: S 64°30'29" W Radial-Out: S 10°48'21" W
 Tangential-In Tangential-Out
 45+98.40 288165.03 467338.45 PT
 N 79°11'39" W 1.08m
 45+99.48 288165.24 467337.39 PC
 Radius: 288189.79 467342.07 Radius Length: 25.00m
 PI: 288167.32 467326.49 46+10.58 Tangent: 11.10m
 Arc Len: 20.89m Delta: 47°52'01" Right Degree: 69°51'19"
 Chord Len: 20.28m Chord Brg: N 55°15'39" W
 Radial-In: N 10°48'21" E Radial-Out: N 58°40'22" E
 Tangential-In Tangential-Out
 46+20.37 288176.79 467320.72 PT
 N 31°19'38" W 0.03m
 46+20.40 288176.82 467320.70 PC
 Radius: 288163.83 467299.35 Radius Length: 25.00m
 PI: 288186.33 467314.91 46+31.53 Tangent: 11.13m
 Arc Len: 20.94m Delta: 47°59'35" Left Degree: 69°51'19"
 Chord Len: 20.33m Chord Brg: N 55°19'26" W
 Radial-In: S 58°40'22" W Radial-Out: S 10°40'47" W

Tangential-In Tangential-Out			
46+41.34	288188.39	467303.98	PT
			N 79°19'13" W 0.21m
46+41.55	288188.43	467303.77	PC
Radius:	288178.60	467301.92	Radius Length: 10.00m
PI:	288189.18	467299.81	46+45.59 Tangent: 4.03m
Arc Len:	7.67m	Delta: 43°55'33" Left	Degree: 174°38'16"
Chord Len:	7.48m	Chord Brg: S 78°43'00" W	
Radial-In:	S 10°40'47" W	Radial-Out: S 33°14'47" E	
Tangential-In Tangential-Out			
46+49.22	288186.97	467296.43	PT
			S 60°34'36" W 5.80m
46+55.02	288184.12	467291.38	PC
Radius:	288210.25	467276.65	Radius Length: 30.00m
PI:	288172.57	467270.90	46+78.53 Tangent: 23.52m
Arc Len:	39.89m	Delta: 76°11'01" Right	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	37.02m	Chord Brg: N 81°19'54" W	
Radial-In:	N 29°25'24" W	Radial-Out: N 46°45'36" E	
Tangential-In Tangential-Out			
46+94.91	288189.70	467254.79	PT
			N 43°14'24" W 2.30m
46+97.21	288191.37	467253.22	PC
Radius:	288201.65	467264.14	Radius Length: 15.00m
PI:	288195.06	467249.75	47+02.27 Tangent: 5.06m
Arc Len:	9.77m	Delta: 37°18'25" Right	Degree: 116°25'31"
Chord Len:	9.60m	Chord Brg: N 24°35'11" W	
Radial-In:	N 46°45'36" E	Radial-Out: N 84°04'01" E	
Tangential-In Tangential-Out			
47+06.97	288200.10	467249.22	PT
			N 05°55'59" W 27.35m
47+34.33	288227.31	467246.40	PC
Radius:	288230.41	467276.24	Radius Length: 30.00m
PI:	288230.45	467246.07	47+37.49 Tangent: 3.16m
Arc Len:	6.30m	Delta: 12°02'11" Right	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	6.29m	Chord Brg: N 00°05'07" E	
Radial-In:	N 84°04'01" E	Radial-Out: S 83°53'48" E	
Tangential-In Tangential-Out			
47+40.63	288233.60	467246.41	PT
			N 06°06'12" E 13.85m
47+54.48	288247.37	467247.88	PC
Radius:	288250.55	467218.05	Radius Length: 30.00m
PI:	288265.35	467249.80	47+72.57 Tangent: 18.09m
Arc Len:	32.56m	Delta: 62°10'57" Left	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	30.98m	Chord Brg: N 24°59'16" W	
Radial-In:	N 83°53'48" W	Radial-Out: S 33°55'16" W	
Tangential-In Tangential-Out			
47+87.04	288275.45	467234.79	PT
			N 56°04'44" W 1.19m

47+88.22	288276.11	467233.81	PC		
Radius:	288288.56	467242.18	Radius Length:	15.00m	
PI:	288278.21	467230.68	47+91.99	Tangent:	3.77m
Arc Len:	7.38m	Delta:	28°12'17" Right	Degree:	116°25'31"
Chord Len:	7.31m	Chord Brg:	N 41°58'36" W		
Radial-In:	N 33°55'16" E	Radial-Out:	N 62°07'33" E		
Tangential-In	Tangential-Out				
47+95.61	288281.55	467228.92	PT		
			N 27°52'27" W	2.49m	
47+98.09	288283.74	467227.75	PC		
Radius:	288276.73	467214.49	Radius Length:	15.00m	
PI:	288294.26	467222.19	48+09.98	Tangent:	11.89m
Arc Len:	20.11m	Delta:	76°48'55" Left	Degree:	116°25'31"
Chord Len:	18.64m	Chord Brg:	N 66°16'55" W		
Radial-In:	S 62°07'33" W	Radial-Out:	S 14°41'23" E		
Tangential-In	Tangential-Out				
48+18.20	288291.24	467210.69	PT		
			S 75°18'37" W	7.87m	
48+26.07	288289.24	467203.08	PC		
Radius:	288260.23	467210.69	Radius Length:	30.00m	
PI:	288287.65	467196.99	48+32.36	Tangent:	6.29m
Arc Len:	12.41m	Delta:	23°41'43" Left	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	12.32m	Chord Brg:	S 63°27'46" W		
Radial-In:	S 14°41'23" E	Radial-Out:	S 38°23'06" E		
Tangential-In	Tangential-Out				
48+38.47	288283.74	467192.06	PT		
			S 51°36'54" W	19.59m	
48+58.06	288271.58	467176.71	PC		
Radius:	288248.06	467195.34	Radius Length:	30.00m	
PI:	288269.47	467174.05	48+61.45	Tangent:	3.39m
Arc Len:	6.75m	Delta:	12°54'00" Left	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	6.74m	Chord Brg:	S 45°09'54" W		
Radial-In:	S 38°23'06" E	Radial-Out:	S 51°17'06" E		
Tangential-In	Tangential-Out				
48+64.82	288266.83	467171.93	PT		
			S 38°42'54" W	1.38m	
48+66.20	288265.75	467171.06	PC		
Radius:	288256.36	467182.77	Radius Length:	15.00m	
PI:	288261.84	467167.93	48+71.20	Tangent:	5.00m
Arc Len:	9.65m	Delta:	36°52'38" Left	Degree:	116°25'31"
Chord Len:	9.49m	Chord Brg:	S 20°16'35" W		
Radial-In:	S 51°17'06" E	Radial-Out:	S 88°09'44" E		
Tangential-In	Tangential-Out				
48+75.86	288256.85	467167.77	PT		
			S 01°50'16" W	35.73m	
49+11.58	288221.14	467166.63	PC		
Radius:	288222.10	467136.64	Radius Length:	30.00m	
PI:	288211.89	467166.33	49+20.83	Tangent:	9.25m

Arc Len: 17.95m Delta: 34°16'58" Right Degree: 58°12'45"
 Chord Len: 17.68m Chord Brg: S 18°58'45" W
 Radial-In: N 88°09'44" W Radial-Out: N 53°52'46" W
 Tangential-In Tangential-Out
 49+29.53 288204.41 467160.88 PT
 S 36°07'14" W 8.00m
 49+37.53 288197.95 467156.16 PC
 Radius: 288203.85 467148.08 Radius Length: 10.00m
 PI: 288183.38 467145.53 49+55.57 Tangent: 18.04m
 Arc Len: 21.29m Delta: 121°59'17" Right Degree: 174°38'16"
 Chord Len: 17.49m Chord Brg: N 82°53'07" W
 Radial-In: N 53°52'46" W Radial-Out: N 68°06'31" E
 Tangential-In Tangential-Out
 49+58.82 288200.12 467138.81 PT
 N 21°53'29" W 1.21m
 49+60.03 288201.25 467138.35 PC
 Radius: 288204.97 467147.63 Radius Length: 10.00m
 PI: 288206.10 467136.40 49+65.27 Tangent: 5.23m
 Arc Len: 9.64m Delta: 55°14'44" Right Degree: 174°38'16"
 Chord Len: 9.27m Chord Brg: N 05°43'53" E
 Radial-In: N 68°06'31" E Radial-Out: S 56°38'45" E
 Tangential-In Tangential-Out
 49+69.68 288210.47 467139.28 PT
 N 33°21'15" E 6.66m
 49+76.33 288216.03 467142.94 PC
 Radius: 288232.53 467117.88 Radius Length: 30.00m
 PI: 288225.56 467149.21 49+87.74 Tangent: 11.40m
 Arc Len: 21.80m Delta: 41°37'36" Left Degree: 58°12'45"
 Chord Len: 21.32m Chord Brg: N 12°32'27" E
 Radial-In: N 56°38'45" W Radial-Out: S 81°43'39" W
 Tangential-In Tangential-Out
 49+98.13 288236.84 467147.57 PT
 N 08°16'21" W 0.49m
 49+98.62 288237.33 467147.50 PC
 Radius: 288235.89 467137.60 Radius Length: 10.00m
 PI: 288244.84 467146.41 50+06.21 Tangent: 7.59m
 Arc Len: 12.98m Delta: 74°23'38" Left Degree: 174°38'16"
 Chord Len: 12.09m Chord Brg: N 45°28'10" W
 Radial-In: S 81°43'39" W Radial-Out: S 07°20'01" W
 Tangential-In Tangential-Out
 50+11.61 288245.81 467138.88 PT
 N 82°39'59" W 10.39m
 50+22.00 288247.14 467128.57 PC
 Radius: 288276.89 467132.40 Radius Length: 30.00m
 PI: 288248.70 467116.44 50+34.23 Tangent: 12.23m
 Arc Len: 23.23m Delta: 44°22'15" Right Degree: 58°12'45"
 Chord Len: 22.66m Chord Brg: N 60°28'52" W
 Radial-In: N 07°20'01" E Radial-Out: N 51°42'16" E

Tangential-In Tangential-Out			
50+45.23	288258.30	467108.85	PT
			N 38°17'44" W 11.50m
50+56.73	288267.33	467101.73	PC
Radius:	288248.74	467078.18	Radius Length: 30.00m
PI:	288272.79	467097.41	50+63.70 Tangent: 6.96m
Arc Len:	13.69m	Delta: 26°08'13" Left	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	13.57m	Chord Brg: N 51°21'50" W	
Radial-In:	S 51°42'16" W	Radial-Out:	S 25°34'03" W
Tangential-In Tangential-Out			
50+70.42	288275.80	467091.13	PT
			N 64°25'57" W 19.19m
50+89.61	288284.08	467073.82	PC
Radius:	288311.14	467086.76	Radius Length: 30.00m
PI:	288290.25	467060.92	51+03.91 Tangent: 14.29m
Arc Len:	26.68m	Delta: 50°57'14" Right	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	25.81m	Chord Brg: N 38°57'20" W	
Radial-In:	N 25°34'03" E	Radial-Out:	N 76°31'17" E
Tangential-In Tangential-Out			
51+16.29	288304.15	467057.59	PT
			N 13°28'43" W 14.78m
51+31.07	288318.52	467054.14	PC
Radius:	288325.51	467083.32	Radius Length: 30.00m
PI:	288324.07	467052.81	51+36.77 Tangent: 5.71m
Arc Len:	11.28m	Delta: 21°32'04" Right	Degree: 58°12'45"
Chord Len:	11.21m	Chord Brg: N 02°42'41" W	
Radial-In:	N 76°31'17" E	Radial-Out:	S 81°56'39" E
Tangential-In Tangential-Out			
51+42.34	288329.72	467053.61	PT
			N 08°03'21" E 42.36m
51+84.71	288371.66	467059.55	PC
Radius:	288373.35	467047.67	Radius Length: 12.00m
PI:	288401.25	467063.74	52+14.59 Tangent: 29.88m
Arc Len:	28.53m	Delta: 136°14'26" Left	Degree: 145°31'54"
Chord Len:	22.27m	Chord Brg: N 60°03'52" W	
Radial-In:	N 81°56'39" W	Radial-Out:	S 38°11'05" E
Tangential-In Tangential-Out			
52+13.24	288382.78	467040.25	PT
			S 51°48'55" W 18.08m
52+31.32	288371.60	467026.04	PC
Radius:	288381.03	467018.62	Radius Length: 12.00m
PI:	288347.54	466995.45	52+70.24 Tangent: 38.92m
Arc Len:	30.52m	Delta: 145°43'31" Right	Degree: 145°31'54"
Chord Len:	22.93m	Chord Brg: N 55°19'20" W	
Radial-In:	N 38°11'05" W	Radial-Out:	S 72°27'35" E
Tangential-In Tangential-Out			
52+61.84	288384.65	467007.18	PT
			N 17°32'25" E 64.83m

53+26.67	288446.47	467026.72	PC		
Radius:	288437.42	467055.32	Radius Length:	30.00m	
PI:	288448.12	467027.24	53+28.41	Tangent:	1.74m
Arc Len:	3.48m	Delta:	06°38'18" Right	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	3.47m	Chord Brg:	N 20°51'34" E		
Radial-In:	S 72°27'35" E	Radial-Out:	S 65°49'17" E		
Tangential-In	Tangential-Out				
53+30.15	288449.71	467027.95	PT		
			N 24°10'43" E	107.98m	
54+38.13	288548.22	467072.18	PC		
Radius:	288560.51	467044.81	Radius Length:	30.00m	
PI:	288550.60	467073.25	54+40.73	Tangent:	2.61m
Arc Len:	5.20m	Delta:	09°55'35" Left	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	5.19m	Chord Brg:	N 19°12'55" E		
Radial-In:	N 65°49'17" W	Radial-Out:	N 75°44'52" W		
Tangential-In	Tangential-Out				
54+43.33	288553.12	467073.89	PT		
			N 14°15'08" E	46.42m	
54+89.75	288598.12	467085.32		Deflection:	00°37'20" Left
			N 13°37'47" E	50.88m	
55+40.63	288647.56	467097.31	PC		
Radius:	288650.39	467085.65	Radius Length:	12.00m	
PI:	288668.55	467102.40	55+62.23	Tangent:	21.60m
Arc Len:	25.53m	Delta:	121°52'56" Left	Degree:	145°31'54"
Chord Len:	20.98m	Chord Brg:	N 47°18'41" W		
Radial-In:	N 76°22'13" W	Radial-Out:	S 18°15'09" E		
Tangential-In	Tangential-Out				
55+66.16	288661.79	467081.89	PT		
			S 71°44'51" W	28.44m	
55+94.59	288652.88	467054.88	PC		
Radius:	288624.39	467064.28	Radius Length:	30.00m	
PI:	288652.28	467053.07	55+96.51	Tangent:	1.91m
Arc Len:	3.82m	Delta:	07°17'25" Left	Degree:	58°12'45"
Chord Len:	3.81m	Chord Brg:	S 68°06'08" W		
Radial-In:	S 18°15'09" E	Radial-Out:	S 25°32'34" E		
Tangential-In	Tangential-Out				
55+98.41	288651.46	467051.34	PT		
			S 64°27'26" W	40.38m	
56+38.79	288634.04	467014.91	PC		
Radius:	288644.87	467009.73	Radius Length:	12.00m	
PI:	288627.26	467000.71	56+54.53	Tangent:	15.74m
Arc Len:	22.07m	Delta:	105°21'22" Right	Degree:	145°31'54"
Chord Len:	19.09m	Chord Brg:	N 62°51'53" W		
Radial-In:	N 25°32'34" W	Radial-Out:	N 79°48'48" E		
Tangential-In	Tangential-Out				
56+60.86	288642.75	466997.92	PT		
			N 10°11'12" W	0.63m	
56+61.48	288643.36	466997.81	PC		

Radius:	288646.90	467017.50	Radius Length:	20.00m
PI:	288647.23	466997.12	56+65.41	Tangent: 3.92m
Arc Len:	7.75m	Delta: 22°12'03"	Right	Degree: 87°19'08"
Chord Len:	7.70m	Chord Brg:	N 00°54'49"	E
Radial-In:	N 79°48'48"	E Radial-Out:	S 77°59'09"	E
Tangential-In Tangential-Out				
56+69.23	288651.07	466997.93	PT	
			N 12°00'51"	E 39.31m
57+08.54	288689.51	467006.12	PC	
Radius:	288692.01	466994.38	Radius Length:	12.00m
PI:	288707.87	467010.02	57+27.31	Tangent: 18.77m
Arc Len:	24.05m	Delta: 114°48'33"	Left	Degree: 145°31'54"
Chord Len:	20.22m	Chord Brg:	N 45°23'25"	W
Radial-In:	N 77°59'09"	W Radial-Out:	S 12°47'42"	E
Tangential-In Tangential-Out				
57+32.59	288703.71	466991.72	PT	
			S 77°12'18"	W 6.34m
57+38.92	288702.31	466985.54	PC	
Radius:	288690.61	466988.20	Radius Length:	12.00m
PI:	288701.55	466982.21	57+42.34	Tangent: 3.42m
Arc Len:	6.66m	Delta: 31°47'04"	Left	Degree: 145°31'54"
Chord Len:	6.57m	Chord Brg:	S 61°18'46"	W
Radial-In:	S 12°47'42"	E Radial-Out:	S 44°34'45"	E
Tangential-In Tangential-Out				
57+45.58	288699.15	466979.78	PT	
			S 45°25'15"	W 15.30m
57+60.88	288688.42	466968.88	PC	
Radius:	288696.96	466960.46	Radius Length:	12.00m
PI:	288670.42	466950.62	57+86.51	Tangent: 25.64m
Arc Len:	27.19m	Delta: 129°50'03"	Right	Degree: 145°31'54"
Chord Len:	21.74m	Chord Brg:	N 69°39'44"	W
Radial-In:	N 44°34'45"	W Radial-Out:	N 85°15'18"	E
Tangential-In Tangential-Out				
57+88.07	288695.97	466948.50	PT	
			N 04°44'42"	W 0.30m
57+88.37	288696.27	466948.47	PC	
Radius:	288697.26	466960.43	Radius Length:	12.00m
PI:	288700.47	466948.13	57+92.58	Tangent: 4.22m
Arc Len:	8.11m	Delta: 38°42'38"	Right	Degree: 145°31'54"
Chord Len:	7.95m	Chord Brg:	N 14°36'37"	E
Radial-In:	N 85°15'18"	E Radial-Out:	S 56°02'04"	E
Tangential-In Tangential-Out				
57+96.48	288703.97	466950.48	PT	
			N 33°57'56"	E 37.51m
58+33.98	288735.07	466971.44		

Anexo 2

Superelevation Report

Mon Mar 16 23:40:05 2015

File: C:\Users\Toshiba\Documents\Dropbox\TESIS\DISEÑO FINAL DEFENSA PUBLICA\SUPERELEVACION.sup

Begin	Begin Full	Super	End Full	End
-0+09.58	0+71.56	9.40%	0+89.75	1+70.88
0+75.69	1+56.83	9.40%	1+60.05	2+41.19
1+24.39	2+04.16	9.20%	2+27.60	3+07.37
1+51.95	2+31.73	9.20%	2+79.39	3+59.16
2+01.33	2+86.56	10.00%	3+01.69	3+86.91
2+58.37	3+39.51	9.40%	3+47.93	4+29.07
3+10.64	3+90.41	9.20%	4+34.95	5+14.72
3+54.70	4+35.84	9.40%	4+70.49	5+51.62
4+34.63	5+14.40	9.20%	5+18.55	5+98.32
5+04.12	5+83.89	9.20%	5+86.02	6+65.79
5+53.16	6+38.39	10.00%	6+76.04	7+61.26
6+00.24	6+85.47	10.00%	7+19.07	8+04.30
6+57.02	7+36.79	9.20%	7+42.31	8+22.08
6+94.74	7+75.88	9.40%	7+91.69	8+72.83
7+06.84	7+92.07	10.00%	8+03.62	8+88.85
7+27.65	8+07.42	9.20%	8+24.16	9+03.93
7+66.71	8+46.48	9.20%	8+53.11	9+32.88
8+06.17	8+85.94	9.20%	8+90.50	9+70.28
8+50.65	9+31.78	9.40%	9+34.32	10+15.46
8+96.61	9+77.74	9.40%	9+81.80	10+62.94
9+74.84	10+55.98	9.40%	10+60.00	11+41.13
9+99.93	10+81.07	9.40%	10+92.45	11+73.58
10+83.17	11+62.94	9.20%	11+74.22	12+53.99
11+28.65	12+08.42	9.20%	12+17.38	12+97.15
12+11.97	12+91.75	9.20%	12+96.23	13+76.00
12+38.63	13+18.40	9.20%	13+31.47	14+11.24
12+89.43	13+69.21	9.20%	13+76.74	14+56.51
13+65.78	14+45.55	9.20%	14+48.26	15+28.03

14+29.21	15+08.99	9.20%	15+36.02	16+15.79
15+26.85	16+06.62	9.20%	16+08.37	16+88.14
16+55.51	17+36.64	9.40%	17+46.22	18+27.35
17+46.01	18+25.78	9.20%	18+30.88	19+10.66
20+74.49	21+39.26	7.00%	21+94.42	22+59.19
21+87.83	22+67.61	9.20%	22+89.40	23+69.17
22+57.55	23+38.69	9.40%	23+46.03	24+27.17
23+08.75	23+88.52	9.20%	24+01.32	24+81.09
23+88.25	24+69.38	9.40%	24+80.30	25+61.44
24+60.52	25+40.30	9.20%	25+47.49	26+27.26
25+60.38	26+41.52	9.40%	26+49.57	27+30.71
26+42.17	27+21.94	9.20%	27+57.78	28+37.55
26+97.61	27+78.75	9.40%	28+00.83	28+81.97
27+69.10	28+48.87	9.20%	28+57.84	29+37.62
29+07.95	29+87.72	9.20%	30+04.14	30+83.91
30+12.32	30+93.46	9.40%	31+14.82	31+95.96
30+95.83	31+75.60	9.20%	32+04.16	32+83.93
31+92.45	32+73.59	9.40%	32+79.82	33+60.96
32+59.01	33+40.15	9.40%	33+58.97	34+40.11
32+95.47	33+76.60	9.40%	33+93.42	34+74.56
33+64.96	34+46.10	9.40%	34+55.45	35+36.58
33+96.64	34+76.42	9.20%	34+92.62	35+72.39
34+22.89	35+04.03	9.40%	35+09.96	35+91.10
34+50.42	35+31.56	9.40%	35+42.20	36+23.34
34+98.45	35+78.22	9.20%	35+82.50	36+62.27
35+21.59	36+02.72	9.40%	36+16.18	36+97.32
35+67.74	36+47.52	9.20%	36+58.26	37+38.04
35+95.41	36+76.55	9.40%	36+86.74	37+67.88
36+30.78	37+11.91	9.40%	37+17.08	37+98.22
36+41.45	37+22.59	9.40%	37+58.20	38+39.34
36+87.69	37+68.82	9.40%	37+94.70	38+75.84
37+18.77	38+04.00	10.00%	38+40.01	39+25.24
37+73.84	38+54.97	9.40%	38+65.81	39+46.95
38+18.80	38+99.94	9.40%	39+12.37	39+93.51

38+47.65	39+32.87	10.00%	39+57.34	40+42.57
38+78.19	39+59.33	9.40%	39+72.32	40+53.45
39+19.43	40+00.57	9.40%	40+07.93	40+89.07
39+53.53	40+33.31	9.20%	40+54.75	41+34.52
40+59.47	41+44.69	10.00%	41+60.03	42+45.25
40+86.85	41+70.72	9.80%	41+96.06	42+79.93
41+46.06	42+27.19	9.40%	42+54.58	43+35.71
42+03.49	42+83.26	9.20%	42+89.07	43+68.84
42+12.22	42+93.36	9.40%	43+06.70	43+87.84
42+52.46	43+32.24	9.20%	43+49.86	44+29.63
42+64.74	43+49.97	10.00%	43+64.01	44+49.24
42+80.63	43+65.85	10.00%	43+84.00	44+69.23
43+09.17	43+94.40	10.00%	44+11.26	44+96.49
43+26.88	44+12.11	10.00%	44+28.02	45+13.24
43+62.47	44+42.24	9.20%	44+57.82	45+37.60
43+89.14	44+70.28	9.40%	44+73.45	45+54.59
44+04.27	44+89.50	10.00%	45+11.07	45+96.29
44+28.43	45+13.66	10.00%	45+16.28	46+01.50
44+49.38	45+34.61	10.00%	45+37.42	46+22.65
44+68.33	45+53.55	10.00%	45+68.86	46+54.08
44+86.59	45+71.82	10.00%	45+75.06	46+60.29
44+94.43	45+79.66	10.00%	45+98.40	46+83.63
45+15.62	45+99.48	9.80%	46+20.37	47+04.23
45+36.54	46+20.40	9.80%	46+41.34	47+25.21
45+56.33	46+41.55	10.00%	46+49.22	47+34.45
45+75.25	46+55.02	9.20%	46+94.91	47+74.68
46+11.98	46+97.21	10.00%	47+06.97	47+92.20
46+53.19	47+34.33	9.40%	47+40.63	48+21.77
46+74.70	47+54.48	9.20%	47+87.04	48+66.81
47+02.99	47+88.22	10.00%	47+95.61	48+80.83
47+12.86	47+98.09	10.00%	48+18.20	49+03.43
47+44.93	48+26.07	9.40%	48+38.47	49+19.61
47+76.93	48+58.06	9.40%	48+64.82	49+45.95
47+80.97	48+66.20	10.00%	48+75.86	49+61.08

48+30.44	49+11.58	9.40%	49+29.53	50+10.67
48+52.30	49+37.53	10.00%	49+58.82	50+44.05
48+74.81	49+60.03	10.00%	49+69.68	50+54.90
48+96.56	49+76.33	9.20%	49+98.13	50+77.90
49+13.39	49+98.62	10.00%	50+11.61	50+96.83
49+42.23	50+22.00	9.20%	50+45.23	51+25.00
49+76.96	50+56.73	9.20%	50+70.42	51+50.19
50+09.84	50+89.61	9.20%	51+16.29	51+96.06
50+51.29	51+31.07	9.20%	51+42.34	52+22.12
50+99.48	51+84.71	10.00%	52+13.24	52+98.47
51+46.10	52+31.32	10.00%	52+61.84	53+47.07
52+45.54	53+26.67	9.40%	53+30.15	54+11.28
53+58.36	54+38.13	9.20%	54+43.33	55+23.10
54+55.40	55+40.63	10.00%	55+66.16	56+51.38
55+14.82	55+94.59	9.20%	55+98.41	56+78.18
55+53.57	56+38.79	10.00%	56+60.86	57+46.09
55+76.26	56+61.48	10.00%	56+69.23	57+54.46
56+23.31	57+08.54	10.00%	57+32.59	58+17.81
56+53.70	57+38.92	10.00%	57+45.58	58+30.81
56+75.65	57+60.88	10.00%	57+88.07	58+73.30
57+03.14	57+88.37	10.00%	57+96.48	58+81.70

Anexo 3

Station	Easting	Northing	PI	Station	PI	Easting	Tangent	PI	Northing
0+00.000	466644.767	284556.148							
0+71.556	466590.634	284602.944							
				0+80.941		466583.534	9.385m		284609.082
0+89.748	466581.197	284618.172							
1+00.000	466578.646	284628.101							
1+56.827	466564.500	284683.139							
				1+58.440		466564.099	1.614m		284684.702
1+60.051	466563.867	284686.299							
2+00.000	466558.130	284725.834							
2+04.163	466557.532	284729.954							

			2+16.514	466555.758	12.351m	284742.177
2+27.596	466563.105	284752.106				
2+31.725	466565.561	284755.425				
			2+62.272	466583.729	30.546m	284779.981
2+79.391	466558.850	284797.703				
2+86.558	466553.012	284801.862				
			2+95.996	466545.325	9.437m	284807.337
3+00.000	466549.573	284813.830				
3+01.688	466550.347	284815.328				
3+39.507	466570.470	284847.349				
			3+43.746	466572.726	4.239m	284850.938
3+47.930	466573.899	284855.012				
3+90.414	466585.652	284895.838				
			4+17.929	466593.264	27.515m	284922.279
4+00.000	466586.800	284905.314				
4+34.947	466567.579	284932.143				
4+35.837	466566.747	284932.463				
			4+55.384	466548.500	19.547m	284939.470
4+70.486	466547.539	284958.994				
5+00.000	466546.088	284988.472				
5+14.398	466545.381	285002.853				
			5+16.476	466545.279	2.078m	285004.929
5+18.548	466545.464	285006.999				
5+83.889	466551.281	285072.080				
			5+84.954	466551.376	1.064m	285073.141
5+86.017	466551.395	285074.205				
6+00.000	466551.650	285088.185				
6+38.391	466552.350	285126.570				
			6+65.843	466552.850	27.451m	285154.017
6+76.038	466578.822	285145.128				
6+85.469	466587.746	285142.074				
			7+07.783	466608.858	22.314m	285134.849
7+00.000	466601.951	285142.551				
7+19.070	466613.738	285156.623				
7+36.791	466617.613	285173.915				
			7+39.557	466618.218	2.766m	285176.614
7+42.307	466619.306	285179.157				
7+75.875	466632.513	285210.017				
			7+83.973	466635.699	8.098m	285217.462
7+91.693	466634.706	285225.498				
7+92.072	466634.660	285225.874				
			7+98.151	466633.915	6.079m	285231.907
8+00.000	466635.764	285233.632				
8+03.623	466637.580	285236.757				
8+07.420	466639.869	285239.786				
			8+16.015	466645.052	8.595m	285246.643
8+24.161	466645.817	285255.203				

8+46.478	466647.804	285277.431			
			8+49.808	466648.100	3.331m 285280.749
8+53.112	466647.662	285284.050			
8+85.941	466643.342	285316.594			
			8+88.227	466643.041	2.286m 285318.860
8+90.504	466642.400	285321.054			
9+00.000	466639.739	285330.170			
9+31.782	466630.831	285360.678			
			9+33.053	466630.475	1.270m 285361.898
9+34.321	466630.224	285363.143			
9+77.743	466621.622	285405.704			
			9+79.776	466621.219	2.033m 285407.697
9+81.803	466621.089	285409.726			
10+00.000	466619.924	285427.885			
10+55.978	466616.340	285483.749			
			10+57.990	466616.211	2.012m 285485.756
10+59.996	466615.815	285487.729			
10+81.066	466611.671	285508.388			
			10+86.826	466610.538	5.760m 285514.035
10+92.447	466611.577	285519.700			
11+00.000	466612.939	285527.129			
11+31.978	466618.708	285558.583			
11+62.938	466621.031	285589.455			
			11+68.646	466621.460	5.708m 285595.147
11+74.219	466619.768	285600.599			
12+00.000	466612.126	285625.221			
12+08.420	466609.630	285633.262			
			12+12.931	466608.293	4.511m 285637.571
12+17.376	466608.282	285642.082			
12+91.747	466608.102	285716.453			
			12+93.991	466608.096	2.244m 285718.698
12+96.227	466608.425	285720.918			
13+00.000	466608.977	285724.650			
13+18.403	466611.671	285742.854			
			13+25.041	466612.643	6.638m 285749.421
13+31.469	466616.295	285754.965			
13+69.207	466637.054	285786.481			
			13+72.994	466639.137	3.787m 285789.643
13+76.741	466641.941	285792.189			
14+00.000	466659.161	285807.824			
14+45.553	466692.886	285838.445			
			14+46.907	466693.889	1.354m 285839.355
14+48.259	466694.805	285840.352			
15+00.000	466729.823	285878.442			
15+08.988	466735.906	285885.058			
			15+23.498	466745.726	14.510m 285895.740
15+36.017	466743.449	285910.070			

16+00.000	466733.407	285973.260			
16+06.620	466732.368	285979.798			
			16+07.495	466732.231	0.875m 285980.662
16+08.370	466732.144	285981.533			
17+00.000	466723.063	286072.712			
17+36.643	466719.432	286109.175			
			17+41.471	466718.953	4.828m 286113.979
17+46.218	466720.006	286118.692			
18+00.000	466731.737	286171.179			
18+25.782	466737.361	286196.340			
			18+28.339	466737.919	2.557m 286198.836
18+30.884	466738.890	286201.200			
19+00.000	466765.163	286265.129			
19+20.308	466772.883	286283.912			
20+00.000	466803.901	286357.320			
20+38.006	466818.694	286392.329			
21+00.000	466855.644	286442.108			
21+39.264	466879.046	286473.635			
			21+68.965	466896.749	29.701m 286497.484
21+94.422	466926.447	286497.869			
22+00.000	466932.025	286497.941			
22+67.606	466999.625	286498.816			
			22+79.007	467011.025	11.402m 286498.964
22+89.398	467019.450	286506.647			
23+00.000	467027.285	286513.791			
23+38.690	467055.873	286539.860			
			23+42.378	467058.598	3.689m 286542.345
23+46.030	467060.641	286545.417			
23+88.522	467084.167	286580.802			
			23+95.019	467087.764	6.497m 286586.212
24+00.000	467088.562	286591.329			
24+01.319	467088.801	286592.626			
24+69.382	467099.658	286659.817			
			24+74.902	467100.538	5.520m 286665.267
24+80.300	467103.301	286670.046			
25+00.000	467113.160	286687.101			
25+40.296	467133.328	286721.987			
			25+43.909	467135.136	3.613m 286725.115
25+47.487	467137.635	286727.724			
26+00.000	467173.960	286765.647			
26+41.520	467202.680	286795.632			
			26+45.571	467205.482	4.051m 286798.557
26+49.573	467207.408	286802.121			
27+00.000	467231.382	286846.484			
27+21.941	467241.813	286865.788			
			27+42.345	467251.513	20.403m 286883.738
27+57.777	467271.772	286881.312			

27+78.747	467292.594	286878.819				
			27+90.318	467304.083	11.571m	286877.444
28+00.000	467312.833	286883.666				
28+00.834	467313.520	286884.140				
28+48.873	467352.698	286911.937				
			28+53.392	467356.385	4.520m	286914.553
28+57.845	467359.137	286918.138				
29+00.000	467384.804	286951.579				
29+87.724	467438.216	287021.167				
			29+96.142	467443.342	8.418m	287027.845
30+00.000	467443.519	287032.144				
30+04.138	467444.245	287036.215				
30+93.456	467450.002	287125.347				
			31+04.614	467450.721	11.158m	287136.482
31+00.000	467449.711	287131.872				
31+14.821	467443.989	287145.381				
31+75.598	467407.320	287193.850				
			31+91.063	467397.989	15.465m	287206.183
32+00.000	467401.655	287216.898				
32+04.156	467402.622	287220.937				
32+73.589	467423.422	287287.181				
			32+76.716	467424.359	3.126m	287290.164
32+79.819	467424.660	287293.276				
33+00.000	467426.606	287313.362				
33+40.147	467430.478	287353.322				
			33+49.880	467431.416	9.733m	287363.010
33+58.970	467437.863	287370.301				
33+76.602	467449.542	287383.511				
			33+85.240	467455.264	8.637m	287389.982
33+93.423	467456.668	287398.504				
34+00.000	467457.738	287404.994				
34+46.101	467465.234	287450.482				
			34+50.812	467466.000	4.710m	287455.130
34+55.446	467468.153	287459.319				
34+76.417	467477.741	287477.971				
			34+84.720	467481.537	8.302m	287485.355
34+92.617	467480.996	287493.639				
35+00.000	467480.515	287501.007				
35+04.027	467480.253	287505.025				
			35+07.004	467480.059	2.977m	287507.996
35+09.962	467480.453	287510.947				
35+31.555	467483.310	287532.351				
			35+36.936	467484.022	5.381m	287537.684
35+42.204	467486.542	287542.438				
35+78.225	467503.419	287574.261				
			35+80.366	467504.422	2.142m	287576.153
35+82.501	467505.147	287578.169				

36+00.000	467511.066	287594.636			
36+02.723	467511.987	287597.199			
			36+09.567	467514.302	6.844m 287603.639
36+16.180	467513.596	287610.446			
36+47.517	467510.358	287641.615			
			36+52.949	467509.797	5.432m 287647.018
36+58.265	467511.166	287652.275			
36+76.550	467515.775	287669.970			
			36+81.694	467517.071	5.144m 287674.948
36+86.739	467519.952	287679.210			
37+00.000	467527.378	287690.197			
37+11.915	467534.050	287700.068			
			37+14.504	467535.500	2.590m 287702.213
37+17.081	467536.561	287704.575			
37+22.589	467538.818	287709.600			
			37+42.829	467547.111	20.240m 287728.063
37+58.201	467533.096	287742.666			
37+68.822	467525.741	287750.329			
			37+82.628	467516.181	13.806m 287760.289
37+94.700	467517.528	287774.029			
38+00.000	467519.009	287779.118			
38+04.000	467520.127	287782.958			
			38+42.623	467530.921	38.623m 287820.042
38+40.011	467497.927	287799.965			
38+54.974	467485.145	287792.186			
			38+60.453	467480.464	5.479m 287789.338
38+65.813	467477.092	287785.019			
38+99.936	467456.094	287758.122			
			39+06.246	467452.211	6.310m 287753.148
39+00.000	467456.054	287758.071			
39+12.375	467446.653	287750.160			
39+32.873	467428.599	287740.453			
			39+60.499	467404.267	27.626m 287727.371
39+57.343	467414.587	287752.996			
39+59.328	467415.329	287754.838			
			39+65.926	467417.794	6.598m 287760.958
39+72.318	467422.600	287765.480			
40+00.000	467442.761	287784.449			
40+00.568	467443.175	287784.838			
			40+04.268	467445.869	3.699m 287787.373
40+07.930	467447.867	287790.487			
40+33.307	467461.572	287811.845			
			40+44.508	467467.621	11.202m 287821.273
40+54.748	467466.011	287832.358			
40+88.137	467459.558	287865.117			
41+00.000	467458.513	287876.934			
41+44.692	467454.576	287921.453			

				41+54.325	467453.727	9.633m	287931.048
41+60.026	467444.106	287930.559					
41+70.717	467433.973	287927.153					
				41+84.601	467420.813	13.884m	287922.729
41+96.064	467410.102	287931.563					
42+00.000	467408.545	287935.178					
42+27.195	467397.792	287960.156					
				42+41.922	467391.969	14.727m	287973.683
42+54.576	467399.109	287986.564					
42+83.263	467413.017	288011.653					
				42+86.173	467414.429	2.911m	288014.199
42+89.066	467416.303	288016.427					
42+93.361	467419.069	288019.712					
				43+00.144	467423.437	6.783m	288024.902
43+00.000	467422.749	288025.221					
43+06.703	467425.147	288031.466					
43+32.236	467431.585	288056.174					
				43+41.309	467433.873	9.073m	288064.954
43+49.857	467440.642	288070.994					
43+49.967	467440.725	288071.068					
				43+57.291	467446.189	7.324m	288075.944
43+64.008	467447.213	288083.196					
43+65.852	467447.324	288085.037					
				43+78.647	467448.091	12.795m	288097.808
43+84.000	467435.512	288095.468					
43+94.396	467425.667	288092.131					
				44+03.847	467416.716	9.451m	288089.097
44+00.000	467420.150	288091.353					
44+11.263	467410.116	288095.862					
44+12.106	467409.726	288096.609					
				44+20.901	467405.661	8.795m	288104.409
44+28.016	467410.482	288111.765					
44+42.240	467416.837	288124.491					
				44+50.212	467420.399	7.972m	288131.623
44+57.824	467419.950	288139.582					
44+70.276	467419.249	288152.015					
				44+71.864	467419.160	1.588m	288153.600
44+73.449	467418.904	288155.167					
44+89.500	467416.314	288171.008					
				45+08.137	467413.307	18.637m	288189.401
45+00.000	467409.956	288178.758					
45+11.066	467399.644	288176.725					
45+13.659	467397.743	288174.961					
				45+14.976	467396.778	1.316m	288174.066
45+16.277	467396.078	288172.952					
45+34.607	467386.323	288157.432					
				45+36.024	467385.569	1.417m	288156.233

45+37.422	467384.512	288155.290				
45+53.553	467372.472	288144.555				
			45+63.156	467365.304	9.603m	288138.164
45+68.856	467358.628	288145.067				
45+71.822	467356.566	288147.199				
			45+73.455	467355.431	1.633m	288148.373
45+75.060	467354.728	288149.847				
45+79.657	467352.750	288153.996				
			45+89.782	467348.392	10.125m	288163.136
45+98.402	467338.446	288165.034				
45+99.481	467337.386	288165.236				
			46+10.577	467326.487	11.096m	288167.317
46+00.000	467336.878	288165.339				
46+20.367	467320.718	288176.795				
46+20.401	467320.701	288176.824				
			46+31.530	467314.914	11.129m	288186.330
46+41.342	467303.978	288188.392				
46+41.554	467303.770	288188.432				
			46+45.587	467299.807	4.033m	288189.179
46+49.221	467296.434	288186.968				
46+55.018	467291.384	288184.120				
			46+78.534	467270.901	23.516m	288172.567
46+94.908	467254.792	288189.699				
46+97.207	467253.217	288191.373				
			47+02.270	467249.748	5.064m	288195.062
47+00.000	467251.503	288193.574				
47+06.974	467249.225	288200.099				
47+34.328	467246.397	288227.307				
			47+37.491	467246.070	3.163m	288230.452
47+40.630	467246.406	288233.597				
47+54.477	467247.879	288247.365				
			47+72.567	467249.802	18.091m	288265.353
47+87.035	467234.790	288275.449				
47+88.222	467233.805	288276.111				
			47+91.991	467230.678	3.768m	288278.214
47+95.606	467228.916	288281.546				
47+98.092	467227.754	288283.743				
			48+09.984	467222.194	11.892m	288294.255
48+00.000	467226.757	288285.368				
48+18.202	467210.691	288291.239				
48+26.067	467203.083	288289.245				
			48+32.361	467196.995	6.293m	288287.649
48+38.474	467192.062	288283.741				
48+58.061	467176.708	288271.579				
			48+61.453	467174.050	3.392m	288269.473
48+64.816	467171.929	288266.826				
48+66.201	467171.062	288265.746				

				48+71.202	467167.935	5.001m	288261.844
48+75.855	467167.774	288256.845					
49+00.000	467167.000	288232.713					
49+11.581	467166.628	288221.137					
				49+20.834	467166.332	9.253m	288211.889
49+29.532	467160.877	288204.415					
49+37.530	467156.162	288197.954					
				49+55.566	467145.530	18.036m	288183.385
49+58.821	467138.805	288200.120					
49+60.034	467138.353	288201.246					
				49+65.267	467136.402	5.233m	288206.101
49+69.676	467139.279	288210.472					
49+76.332	467142.939	288216.032					
				49+87.736	467149.209	11.404m	288225.558
49+98.128	467147.568	288236.843					
49+98.621	467147.497	288237.331					
				50+06.210	467146.405	7.590m	288244.842
50+00.000	467147.206	288238.678					
50+11.605	467138.878	288245.810					
50+21.999	467128.569	288247.137					
				50+34.233	467116.435	12.234m	288248.699
50+45.231	467108.854	288258.300					
50+56.734	467101.725	288267.328					
				50+63.698	467097.410	6.964m	288272.793
50+70.419	467091.128	288275.799					
50+89.611	467073.815	288284.081					
				51+03.906	467060.920	14.294m	288290.251
51+00.000	467065.398	288290.082					
51+16.291	467057.589	288304.151					
51+31.068	467054.144	288318.521					
				51+36.773	467052.815	5.705m	288324.069
51+42.343	467053.614	288329.718					
51+84.708	467059.551	288371.664					
				52+14.589	467063.739	29.882m	288401.251
52+00.000	467052.749	288384.218					
52+13.242	467040.251	288382.778					
52+31.322	467026.040	288371.601					
				52+70.238	466995.451	38.916m	288347.543
52+61.843	467007.179	288384.650					
53+00.000	467018.679	288421.033					
53+26.673	467026.717	288446.465					
				53+28.413	467027.242	1.740m	288448.124
53+30.149	467027.954	288449.712					
54+00.000	467056.564	288513.435					
54+38.128	467072.181	288548.218					
				54+40.733	467073.248	2.605m	288550.595
54+43.325	467073.889	288553.120					

54+89.749	467085.319	288598.115			
55+00.000	467087.734	288608.077			
55+40.629	467097.308	288647.562			
			55+62.225	467102.397	21.596m 288668.550
55+66.156	467081.888	288661.786			
55+94.594	467054.880	288652.879			
			55+96.506	467053.065	1.911m 288652.280
55+98.412	467051.341	288651.456			
56+00.000	467049.908	288650.771			
56+38.792	467014.907	288634.045			
			56+54.532	467000.705	15.740m 288627.258
56+60.858	466997.922	288642.750			
56+61.483	466997.811	288643.365			
			56+65.407	466997.117	3.924m 288647.227
56+69.233	466997.934	288651.065			
57+00.000	467004.338	288681.158			
57+08.541	467006.116	288689.512			
			57+27.308	467010.022	18.767m 288707.868
57+32.587	466991.721	288703.712			
57+38.923	466985.542	288702.309			
			57+42.339	466982.211	3.417m 288701.552
57+45.580	466979.777	288699.154			
57+60.877	466968.881	288688.417			
			57+86.515	466950.620	25.637m 288670.422
57+88.070	466948.499	288695.971			
57+88.368	466948.475	288696.268			
			57+92.583	466948.126	4.215m 288700.469
57+96.475	466950.481	288703.965			
58+00.000	466952.450	288706.889			
58+33.980	466971.435	288735.071			

Anexo 4

Process Road Design
22:06:26 2015

Sun Apr 05

Processing 0+00.000 to 58+33.980

Cut Swell Factor: 1.200

Fill Shrink Factor: 1.100

Total Cut : 3390901.823 C.M.

Total Fill: 2287859.714 C.M.

Cut to Fill Ratio: 1.48

Total Left Subgrade1 - Asfalto: 3499.699 C.M., 35002.319 S.M.

Total Left Subgrade2 - MAT SELECTO: 5249.473 C.M., 35002.319 S.M.

Total Right Subgrade1 - Asfalto: 3494.994 C.M., 34954.849 S.M.

Total Right Subgrade2 - MAT SELECTO: 5242.353 C.M., 34954.849 S.M.

Total Left Curb: 582.342 C.M., 5823.420 L.M.

Total Right Curb: 583.850 C.M., 5838.504 L.M.

Station	Cut (sm)	Fill (sm)	Interval	Cut (cm)	Fill (cm)
0+00.000	153.609	0.000			
			7.465	1181.492	0.000
0+07.465	162.933	0.000			
			16.535	2875.215	0.000
0+24.000	184.841	0.000			
			0.511	94.634	0.000
0+24.511	185.549	0.000			
			16.489	3387.998	0.000
0+41.000	225.392	0.000			
			17.000	4506.644	0.000
0+58.000	304.802	0.000			
			13.556	4720.405	0.000
0+71.556	391.629	0.000			
			4.134	1626.332	0.000
0+75.690	418.988	0.000			
			14.058	6316.073	0.000
0+89.748	518.884	0.000			
			1.624	852.788	0.000
0+91.372	531.352	0.000			
			1.364	731.980	0.000
0+92.736	541.933	0.000			
			7.264	4147.371	0.000
1+00.000	599.964	0.000			
			5.008	3107.275	0.000
1+05.008	640.960	0.000			
			4.773	3155.446	0.000
1+09.781	681.247	0.000			
			8.864	6384.089	0.000
1+18.645	759.207	0.000			
			5.745	4513.056	0.000
1+24.390	811.918	0.000			
			12.404	10820.636	0.000
1+36.794	932.783	0.000			
			4.642	4441.984	0.000
1+41.436	981.041	0.000			
			10.517	10915.676	0.000

1+51.953	1094.775	0.000			
			1.886	2084.588	0.000
1+53.839	1115.817	0.000			
			2.988	3384.763	0.000
1+56.827	1149.769	0.000			
			1.654	1833.659	0.000
1+58.481	1168.077	0.000			
			1.570	1761.898	0.000
1+60.051	1185.601	0.000			
			8.947	11086.266	0.000
1+68.998	1292.608	0.000			
			1.886	2448.753	0.000
1+70.884	1304.161	0.000			
			15.160	21176.995	0.000
1+86.044	1489.638	0.000			
			9.956	15470.120	0.000
1+96.000	1618.060	0.000			
			2.232	3645.516	0.000
1+98.232	1648.531	0.000			
			1.768	2934.848	0.000
2+00.000	1671.433	0.000			
			4.163	7063.750	0.000
2+04.163	1722.153	0.000			
			2.933	4751.327	0.000
2+07.096	1759.902	0.000			
			4.773	7901.136	0.000
2+11.869	1816.878	0.000			
			12.272	21081.727	0.000
2+24.141	1937.674	0.000			
			1.364	2395.733	0.000
2+25.505	1941.534	0.000			
			2.091	3675.776	0.000
2+27.596	1956.979	0.000			
			4.129	8163.212	0.000
2+31.725	1997.123	0.000			
			9.462	20876.720	0.000
2+41.187	2015.215	0.000			
			4.813	10630.966	0.000
2+46.000	2018.133	0.000			
			12.371	26669.566	0.000
2+58.371	1995.127	0.000			
			1.629	3429.725	0.000
2+60.000	1988.844	0.000			
			13.278	26912.714	0.000
2+73.278	1911.761	0.000			
			2.138	4154.192	0.000
2+75.416	1895.431	0.000			
			3.975	7573.490	0.000
2+79.391	1861.821	0.000			
			7.167	13006.281	0.000
2+86.558	1767.670	0.000			
			3.765	6105.673	0.000

2+90.323	1713.486	0.000			
			2.138	3163.835	0.000
2+92.461	1682.542	0.000			
			3.539	4782.322	0.000
2+96.000	1630.694	0.000			
			4.000	4769.993	0.000
3+00.000	1573.265	0.000			
			1.687	1862.248	0.000
3+01.687	1554.293	0.000			
			5.682	8643.380	0.000
3+07.369	1488.156	0.000			
			17.703	25014.265	0.000
3+25.072	1337.836	0.000			
			14.435	18485.330	0.000
3+39.507	1223.345	0.000			
			2.611	3402.170	0.000
3+42.118	1198.053	0.000			
			5.812	7343.960	0.000
3+47.930	1143.415	0.000			
			6.771	7592.156	0.000
3+54.701	1099.136	0.000			
			3.299	3590.949	0.000
3+58.000	1077.856	0.000			
			1.163	1240.207	0.000
3+59.163	1054.915	0.000			
			12.583	12882.368	0.000
3+71.746	992.668	0.000			
			17.046	16677.386	0.000
3+88.792	964.083	0.000			
			1.622	1564.161	0.000
3+90.414	964.599	0.000			
			3.586	3684.765	0.000
3+94.000	976.744	0.000			
			0.975	1014.551	0.000
3+94.975	981.628	0.000			
			5.025	5332.891	0.000
4+00.000	1005.938	0.000			
			12.021	13195.958	0.000
4+12.021	1045.232	0.000			
			17.045	20221.930	0.000
4+29.066	1152.611	0.000			
			0.934	1177.331	0.000
4+30.000	1160.807	0.000			
			4.947	6378.283	0.000
4+34.947	1205.324	0.000			
			0.890	1074.492	0.000
4+35.837	1209.219	0.000			
			14.163	16143.597	0.000
4+50.000	1319.044	0.000			
			20.486	24989.646	0.000
4+70.486	1430.681	0.000			
			15.514	22895.604	0.000

4+86.000	1520.926	0.000			
			14.000	21489.293	0.000
5+00.000	1548.973	0.000			
			4.117	6373.656	0.000
5+04.117	1547.289	0.000			
			10.281	15784.852	0.000
5+14.398	1523.395	0.000			
			3.133	4280.730	0.000
5+17.531	1511.733	0.000			
			0.904	1235.497	0.000
5+18.435	1507.823	0.000			
			0.113	155.557	0.000
5+18.548	1518.976	0.000			
			2.614	3954.497	0.000
5+21.162	1506.658	0.000			
			10.909	16054.645	0.000
5+32.071	1436.718	0.000			
			2.506	3575.538	0.000
5+34.577	1416.864	0.000			
			3.630	5086.339	0.000
5+38.207	1385.526	0.000			
			7.500	10114.094	0.000
5+45.707	1311.565	0.000			
			4.293	5529.121	0.000
5+50.000	1264.312	0.000			
			1.622	2036.110	0.000
5+51.622	1246.305	0.000			
			32.267	34861.029	0.000
5+83.889	914.481	0.000			
			2.128	2014.140	0.000
5+86.017	894.677	0.000			
			13.983	11601.078	0.000
6+00.000	764.633	0.000			
			0.242	184.779	0.000
6+00.242	762.469	0.000			
			17.045	11761.033	0.000
6+17.287	617.529	0.000			
			6.912	4082.447	0.000
6+24.199	563.734	0.000			
			7.500	4022.138	0.000
6+31.699	508.836	0.000			
			2.634	1315.707	0.000
6+34.333	490.182	0.000			
			3.502	1674.078	0.000
6+37.835	465.887	0.000			
			0.556	257.986	0.000
6+38.391	462.118	0.000			
			10.354	4227.495	0.000
6+48.745	404.204	0.000			
			2.727	1049.347	0.000
6+51.472	386.791	0.000			
			9.528	3446.772	0.000

6+61.000	339.443	0.000			
			4.790	1621.499	0.000
6+65.790	313.315	0.000			
			5.210	1699.156	0.000
6+71.000	294.835	0.000			
			5.038	1586.133	0.000
6+76.038	280.941	0.000			
			4.962	1353.717	0.000
6+81.000	264.693	0.000			
			4.469	1153.866	0.000
6+85.469	251.694	0.000			
			9.270	2015.349	0.000
6+94.739	229.169	0.000			
			5.261	1126.384	0.000
7+00.000	220.571	0.000			
			6.844	1456.729	0.000
7+06.844	207.271	0.000			
			3.577	737.258	0.000
7+10.421	200.659	0.000			
			1.363	278.998	0.000
7+11.784	200.557	0.000			
			7.286	1463.560	0.000
7+19.070	187.639	0.000			
			4.820	876.133	0.000
7+23.890	175.901	0.000			
			0.167	29.342	0.000
7+24.057	175.500	0.000			
			4.773	811.155	0.000
7+28.830	164.393	0.000			
			7.961	1237.825	0.000
7+36.791	146.579	0.000			
			0.902	128.397	0.000
7+37.693	144.703	0.000			
			3.242	449.480	0.000
7+40.935	138.058	0.000			
			1.372	184.716	0.000
7+42.307	135.464	0.000			
			27.900	3164.592	0.000
7+70.207	91.389	0.000			
			5.668	495.116	0.000
7+75.875	83.317	0.000			
			11.377	834.426	0.000
7+87.252	64.020	0.000			
			4.441	269.292	0.000
7+91.693	57.000	0.000			
			0.379	21.465	0.000
7+92.072	56.270	0.000			
			7.928	400.395	0.000
8+00.000	44.511	0.000			
			3.623	158.051	0.000
8+03.623	40.984	0.000			
			0.675	27.452	0.000

8+04.298	40.355	0.000	1.870	73.851	0.000
8+06.168	38.629	0.000	1.252	47.648	0.000
8+07.420	37.486	0.000	15.794	458.745	0.000
8+23.214	20.784	0.000	0.947	19.627	0.000
8+24.161	19.873	0.000	5.714	94.928	0.000
8+29.875	13.354	0.000	8.864	77.660	0.487
8+38.739	4.169	0.110	1.520	5.263	0.294
8+40.259	2.756	0.277	3.252	5.843	3.165
8+43.511	0.837	1.670	2.967	1.396	8.327
8+46.478	0.104	3.943	6.634	0.410	47.777
8+53.112	0.000	11.700	1.647	0.000	21.114
8+54.759	0.000	13.940	1.025	0.000	15.015
8+55.784	0.000	15.358	1.364	0.000	22.761
8+57.148	0.000	18.015	14.657	0.000	433.627
8+71.805	0.000	41.155	1.025	0.000	43.769
8+72.830	0.000	44.247	13.111	0.000	739.082
8+85.941	0.000	68.495	2.909	0.000	207.213
8+88.850	0.000	76.879	1.654	0.000	129.920
8+90.504	0.000	80.697	6.102	0.000	540.174
8+96.606	0.000	96.351	3.394	0.000	342.524
9+00.000	0.000	105.490	13.652	0.000	1712.387
9+13.652	0.000	145.372	17.045	0.000	2962.050
9+30.697	0.000	202.184	1.085	0.000	221.475
9+31.782	0.000	206.065	2.539	0.000	555.895
9+34.321	0.000	214.886	1.865	0.000	406.205
9+36.186	0.000	220.719	17.045	0.000	4268.979

9+53.231	0.000	280.188	17.045	0.000	5410.873
9+70.276	0.000	354.705	7.467	0.000	2770.245
9+77.743	0.000	387.288	4.060	0.000	1747.469
9+81.803	0.000	403.610	8.721	0.000	3672.053
9+90.524	0.000	438.505	9.406	0.000	4308.753
9+99.930	0.000	477.666	0.070	0.000	33.447
10+00.000	0.000	477.963	4.160	0.000	2025.409
10+04.160	0.000	495.791	12.815	0.000	6717.910
10+16.975	0.000	552.654	0.821	0.000	455.265
10+17.796	0.000	556.397	11.053	0.000	6430.487
10+28.849	0.000	607.176	5.172	0.000	3202.294
10+34.021	0.000	631.143	11.873	0.000	7829.923
10+45.894	0.000	687.803	10.084	0.000	7184.256
10+55.978	0.000	737.079	4.018	0.000	2776.109
10+59.996	0.000	759.391	2.944	0.000	2270.951
10+62.940	0.000	783.374	18.126	0.000	15244.747
10+81.066	0.000	898.712	11.381	0.000	11245.240
10+92.447	0.000	960.017	5.037	0.000	4898.024
10+97.484	0.000	984.792	0.694	0.000	684.212
10+98.178	0.000	987.001	1.822	0.000	1805.956
11+00.000	0.000	995.388	11.120	0.000	11360.927
11+11.120	0.000	1047.944	0.694	0.000	728.427
11+11.814	0.000	1051.269	12.942	0.000	14006.325
11+24.756	0.000	1113.207	0.694	0.000	778.649
11+25.450	0.000	1130.738	3.197	0.000	3641.791
11+28.647	0.000	1147.518	3.331	0.000	3851.719

11+31.978	0.000	1165.132	7.515	0.000	8584.978
11+39.493	0.000	1207.772	6.200	0.000	7597.110
11+45.693	0.000	1242.909	10.845	0.000	13819.001
11+56.538	0.000	1305.547	6.200	0.000	8205.838
11+62.738	0.000	1341.497	0.200	0.000	268.416
11+62.938	0.000	1342.665	10.646	0.000	13501.449
11+73.584	0.000	1431.172	0.635	0.000	834.224
11+74.219	0.000	1436.242	25.781	0.000	40119.094
12+00.000	0.000	1676.060	8.420	0.000	14458.822
12+08.420	0.000	1758.339	3.554	0.000	6984.870
12+11.974	0.000	1787.695	0.427	0.000	844.773
12+12.401	0.000	1789.527	4.975	0.000	9918.325
12+17.376	0.000	1828.623	1.624	0.000	2979.411
12+19.000	0.000	1840.602	7.037	0.000	13111.861
12+26.037	0.000	1885.946	0.255	0.000	481.090
12+26.292	0.000	1887.309	2.728	0.000	5166.937
12+29.020	0.000	1900.767	0.980	0.000	1864.874
12+30.000	0.000	1905.097	9.674	0.000	18663.051
12+39.674	0.000	1953.297	0.255	0.000	498.154
12+39.929	0.000	1953.793	1.071	0.000	2093.518
12+41.000	0.000	1955.672	5.065	0.000	9926.054
12+46.065	0.000	1963.796	7.500	0.000	14773.748
12+53.565	0.000	1975.870	9.492	0.000	18820.826
12+63.057	0.000	1989.749	17.046	0.000	34106.821
12+80.103	0.000	2011.990	9.332	0.000	18828.320
12+89.435	0.000	2023.226	2.312	0.000	4680.976

12+91.747	0.000	2026.015	4.480	0.000	10020.227
12+96.227	0.000	2025.497	0.921	0.000	1875.326
12+97.148	0.000	2046.872	2.852	0.000	5840.310
13+00.000	0.000	2048.717	6.480	0.000	13289.322
13+06.480	0.000	2052.926	11.923	0.000	24523.531
13+18.403	0.000	2060.710	5.122	0.000	11600.522
13+23.525	0.000	2052.963	7.944	0.000	17484.201
13+31.469	0.000	2043.208	2.940	0.000	5998.737
13+34.409	0.000	2037.563	7.500	0.000	15229.933
13+41.909	0.000	2023.752	6.136	0.000	12383.191
13+48.045	0.000	2012.490	10.909	0.000	21838.032
13+58.954	0.000	1991.183	2.728	0.000	5434.508
13+61.682	0.000	1993.061	7.525	0.000	14946.240
13+69.207	0.000	1979.362	6.793	0.000	14114.159
13+76.000	0.000	1978.328	0.741	0.000	1535.983
13+76.741	0.000	1976.593	3.358	0.000	6627.240
13+80.099	0.000	1970.520	13.636	0.000	26702.791
13+93.735	0.000	1945.993	6.265	0.000	12156.572
14+00.000	0.000	1934.796	7.371	0.000	14215.082
14+07.371	0.000	1922.234	15.052	0.000	28730.002
14+22.423	0.000	1895.200	6.792	0.000	12825.054
14+29.215	0.000	1881.318	10.254	0.000	19184.065
14+39.469	0.000	1860.454	6.084	0.000	11279.772
14+45.553	0.000	1847.558	0.707	0.000	1287.022
14+46.260	0.000	1846.661	1.999	0.000	3619.026
14+48.259	0.000	1844.218	8.255	0.000	15234.454

14+56.514	0.000	1846.748	6.792	0.000	12518.574
14+63.306	0.000	1839.522	23.135	0.000	42255.871
14+86.441	0.000	1813.460	13.559	0.000	24449.584
15+00.000	0.000	1792.939	0.077	0.000	138.054
15+00.077	0.000	1792.870	8.911	0.000	15936.030
15+08.988	0.000	1783.842	4.726	0.000	8421.326
15+13.714	0.000	1800.567	13.133	0.000	23294.792
15+26.847	0.000	1814.778	9.170	0.000	15831.134
15+36.017	0.000	1827.292	7.876	0.000	14471.082
15+43.893	0.000	1847.449	17.045	0.000	31865.512
15+60.938	0.000	1891.537	20.761	0.000	39818.195
15+81.699	0.000	1944.328	17.046	0.000	33466.059
15+98.745	0.000	1982.231	1.255	0.000	2489.391
16+00.000	0.000	1984.926	6.620	0.000	13187.451
16+06.620	0.000	1999.199	1.750	0.000	3840.327
16+08.370	0.000	2001.943	7.420	0.000	14985.014
16+15.790	0.000	2037.145	38.262	0.000	79537.862
16+54.052	0.000	2120.394	1.455	0.000	3087.187
16+55.507	0.000	2123.163	15.590	0.000	33332.352
16+71.097	0.000	2152.956	1.455	0.000	3134.466
16+72.552	0.000	2155.588	15.591	0.000	33956.012
16+88.143	0.000	2200.260	1.455	0.000	3204.374
16+89.598	0.000	2204.378	10.402	0.000	23073.123
17+00.000	0.000	2231.908	36.643	0.000	83488.987
17+36.643	0.000	2324.977	9.366	0.000	24473.021
17+46.009	0.000	2330.632	0.209	0.000	540.095

17+46.218	0.000	2330.781	16.837	0.000	39336.947
17+63.055	0.000	2341.897	17.045	0.000	40014.642
17+80.100	0.000	2353.279	13.163	0.000	31023.574
17+93.263	0.000	2360.475	6.737	0.000	15909.372
18+00.000	0.000	2362.509	10.309	0.000	24370.830
18+10.309	0.000	2365.560	15.473	0.000	36624.396
18+25.782	0.000	2368.415	1.572	0.000	4071.492
18+27.354	0.000	2388.933	3.529	0.000	9215.136
18+30.883	0.000	2386.292	28.117	0.000	67096.108
18+59.000	0.000	2386.338	17.565	0.000	41474.837
18+76.565	0.000	2336.103	4.435	0.000	10296.075
18+81.000	0.000	2306.997	12.611	0.000	28371.164
18+93.611	0.000	2192.434	6.389	0.000	13765.436
19+00.000	0.000	2116.671	10.656	0.000	21756.660
19+10.656	0.000	1966.786	9.652	0.000	18266.703
19+20.308	0.000	1813.198	20.692	0.000	33512.031
19+41.000	0.000	1425.931	59.000	0.000	56215.135
20+00.000	0.000	479.667	38.006	0.000	11446.094
20+38.006	0.000	122.664	36.485	1505.738	2236.205
20+74.491	82.540	0.000	17.045	2677.492	0.000
20+91.536	231.627	0.000	8.464	2371.145	0.000
21+00.000	328.662	0.000	2.000	684.810	0.000
21+02.000	356.148	0.000	6.582	2654.238	0.000
21+08.582	450.366	0.000	30.682	20806.915	0.000
21+39.264	905.928	0.000	22.736	23968.471	0.000
21+62.000	1158.275	0.000	2.000	2412.910	0.000

21+64.000	1176.583	0.000			
			23.833	31411.997	0.000
21+87.833	1333.890	0.000			
			6.589	9459.665	0.000
21+94.422	1355.604	0.000			
			5.578	7505.528	0.000
22+00.000	1335.514	0.000			
			4.878	6456.583	0.000
22+04.878	1311.712	0.000			
			17.046	21282.166	0.000
22+21.924	1185.316	0.000			
			3.180	3722.571	0.000
22+25.104	1155.924	0.000			
			0.896	1031.783	0.000
22+26.000	1147.163	0.000			
			16.149	17282.375	0.000
22+42.149	993.202	0.000			
			17.045	15621.301	0.000
22+59.194	839.747	0.000			
			8.412	6764.706	0.000
22+67.606	768.610	0.000			
			5.629	3578.258	0.000
22+73.235	728.694	0.000			
			13.637	8230.476	0.000
22+86.872	641.168	0.000			
			2.526	1455.216	0.000
22+89.398	626.226	0.000			
			10.602	6486.446	0.000
23+00.000	597.401	0.000			
			0.508	303.147	0.000
23+00.508	596.091	0.000			
			8.241	4825.658	0.000
23+08.749	575.043	0.000			
			17.046	9441.313	0.000
23+25.795	532.702	0.000			
			9.284	4845.979	0.000
23+35.079	511.240	0.000			
			3.611	1832.060	0.000
23+38.690	503.477	0.000			
			4.150	1963.326	0.000
23+42.840	494.328	0.000			
			3.190	1510.107	0.000
23+46.030	487.919	0.000			
			6.095	2950.414	0.000
23+52.125	480.225	0.000			
			17.045	7950.750	0.000
23+69.170	452.688	0.000			
			15.042	6656.228	0.000
23+84.212	432.331	0.000			
			4.310	1852.636	0.000
23+88.522	427.361	0.000			
			9.327	3910.432	0.000

23+97.849	418.660	0.000			
			2.151	913.101	0.000
24+00.000	417.374	0.000			
			1.319	562.574	0.000
24+01.319	416.567	0.000			
			10.166	4141.482	0.000
24+11.485	398.204	0.000			
			35.516	13388.970	0.000
24+47.001	355.764	0.000			
			13.522	4717.336	0.000
24+60.523	341.963	0.000			
			3.523	1198.475	0.000
24+64.046	338.409	0.000			
			5.335	1791.725	0.000
24+69.381	333.278	0.000			
			8.188	2661.196	0.000
24+77.569	325.578	0.000			
			2.731	891.401	0.000
24+80.300	323.508	0.000			
			0.791	254.179	0.000
24+81.091	319.167	0.000			
			13.523	4227.484	0.000
24+94.614	306.061	0.000			
			5.386	1635.025	0.000
25+00.000	301.077	0.000			
			40.296	11563.626	0.000
25+40.296	272.857	0.000			
			7.191	1923.186	0.000
25+47.487	267.263	0.000			
			12.897	3378.188	0.000
25+60.384	256.609	0.000			
			17.045	4257.043	0.000
25+77.429	242.897	0.000			
			15.740	3730.452	0.000
25+93.169	231.112	0.000			
			1.306	301.271	0.000
25+94.475	230.253	0.000			
			5.525	1262.150	0.000
26+00.000	226.634	0.000			
			10.214	2287.795	0.000
26+10.214	221.338	0.000			
			17.046	3672.466	0.000
26+27.260	209.551	0.000			
			14.260	2928.791	0.000
26+41.520	201.219	0.000			
			0.649	122.729	0.000
26+42.169	200.728	0.000			
			7.404	1400.830	0.000
26+49.573	195.935	0.000			
			6.914	1349.083	0.000
26+56.487	194.312	0.000			
			2.727	529.025	0.000

26+59.214	193.678	0.000			
			10.909	2099.193	0.000
26+70.123	191.177	0.000			
			6.137	1169.011	0.000
26+76.260	189.794	0.000			
			7.500	1417.209	0.000
26+83.760	188.128	0.000			
			12.859	2404.318	0.000
26+96.619	185.823	0.000			
			3.381	627.705	0.000
27+00.000	185.491	0.000			
			13.664	2532.661	0.000
27+13.664	185.215	0.000			
			8.277	1533.318	0.000
27+21.941	185.286	0.000			
			8.768	1555.239	0.000
27+30.709	169.312	0.000			
			27.068	4263.723	0.000
27+57.777	138.446	0.000			
			11.323	1349.249	0.000
27+69.100	99.874	0.000			
			9.647	824.103	0.000
27+78.747	70.977	0.000			
			7.398	450.612	0.000
27+86.145	58.600	0.000			
			9.814	480.377	0.000
27+95.959	44.122	0.000			
			4.041	161.539	0.000
28+00.000	38.817	0.000			
			0.834	31.189	0.000
28+00.834	38.474	0.000			
			2.357	89.987	0.000
28+03.191	37.883	0.000			
			0.268	10.144	0.000
28+03.459	37.816	0.000			
			6.136	227.346	0.000
28+09.595	36.287	0.000			
			10.909	382.336	0.000
28+20.504	33.809	0.000			
			2.727	89.947	0.000
28+23.231	32.159	0.000			
			14.318	431.621	0.000
28+37.549	28.131	0.000			
			11.323	302.045	0.029
28+48.872	25.219	0.005			
			0.001	0.024	0.000
28+48.873	25.219	0.005			
			8.972	199.251	0.029
28+57.845	23.198	0.000			
			42.155	1037.052	0.000
29+00.000	26.004	0.000			
			3.527	93.067	0.000

29+03.527	26.771	0.000			
			4.424	120.514	0.000
29+07.951	27.711	0.000			
			12.621	367.053	0.000
29+20.572	30.454	0.000			
			4.424	137.012	0.000
29+24.996	31.486	0.000			
			12.622	406.566	0.000
29+37.618	32.936	0.000			
			4.424	147.034	0.000
29+42.042	33.535	0.000			
			45.682	1741.606	0.000
29+87.724	42.714	0.000			
			12.276	521.298	0.000
30+00.000	45.190	0.000			
			4.138	186.732	0.000
30+04.138	45.791	0.000			
			8.181	373.239	0.000
30+12.319	45.468	0.000			
			17.046	770.000	0.000
30+29.365	44.876	0.000			
			17.045	760.765	0.000
30+46.410	44.390	0.000			
			3.410	151.579	0.000
30+49.820	44.512	0.000			
			17.045	761.531	0.000
30+66.865	44.843	0.000			
			17.046	741.741	0.000
30+83.911	42.185	0.000			
			9.545	400.231	0.000
30+93.456	41.677	0.000			
			2.370	98.659	0.000
30+95.826	41.209	0.000			
			4.174	172.878	0.000
31+00.000	40.495	0.000			
			11.000	388.041	0.000
31+11.000	28.078	0.000			
			1.871	52.956	0.000
31+12.871	26.188	0.000			
			1.950	51.698	0.000
31+14.821	24.443	0.000			
			15.096	233.438	7.258
31+29.917	6.484	0.962			
			10.083	47.785	25.730
31+40.000	2.994	4.142			
			21.866	88.774	92.917
31+61.866	5.126	4.357			
			7.134	50.221	23.033
31+69.000	8.953	2.100			
			6.598	77.071	8.862
31+75.598	14.408	0.586			
			3.314	51.960	1.233

31+78.912	20.700	0.023			
			13.541	453.208	0.194
31+92.453	50.893	0.000			
			3.504	180.149	0.000
31+95.957	59.440	0.000			
			4.043	240.653	0.000
32+00.000	69.492	0.000			
			4.156	301.982	0.000
32+04.156	85.822	0.000			
			5.342	526.233	0.000
32+09.498	111.196	0.000			
			17.046	2731.485	0.000
32+26.544	209.288	0.000			
			23.294	6936.675	0.000
32+49.838	386.288	0.000			
			17.046	7981.687	0.000
32+66.884	550.200	0.000			
			6.705	3931.482	0.000
32+73.589	622.502	0.000			
			1.104	733.536	0.000
32+74.693	635.668	0.000			
			5.126	3686.707	0.000
32+79.819	700.514	0.000			
			4.110	2942.289	0.000
32+83.929	731.243	0.000			
			4.400	3324.952	0.000
32+88.329	780.099	0.000			
			7.137	5862.054	0.000
32+95.466	862.623	0.000			
			4.534	4034.762	0.000
33+00.000	917.157	0.000			
			1.965	1825.996	0.000
33+01.965	941.363	0.000			
			10.035	10091.066	0.000
33+12.000	1069.811	0.000			
			0.511	548.392	0.000
33+12.511	1076.538	0.000			
			14.354	16692.079	0.000
33+26.865	1249.236	0.000			
			2.692	3401.471	0.000
33+29.557	1277.860	0.000			
			9.443	12484.347	0.000
33+39.000	1366.288	0.000			
			1.147	1572.524	0.000
33+40.147	1375.689	0.000			
			3.763	4650.536	0.000
33+43.910	1398.731	0.000			
			15.060	21078.650	0.000
33+58.970	1488.158	0.000			
			1.986	2950.947	0.000
33+60.956	1483.591	0.000			
			5.044	7537.861	0.000

33+66.000	1505.251	0.000			
			10.602	16165.114	0.000
33+76.602	1544.195	0.000			
			4.045	6280.537	0.000
33+80.647	1558.728	0.000			
			12.775	21965.289	0.000
33+93.422	1632.937	0.000			
			0.861	1406.804	0.000
33+94.283	1634.652	0.000			
			2.362	3866.614	0.000
33+96.645	1639.364	0.000			
			0.507	831.860	0.000
33+97.152	1642.134	0.000			
			2.848	4687.003	0.000
34+00.000	1649.301	0.000			
			7.919	13142.031	0.000
34+07.919	1669.813	0.000			
			2.869	4801.399	0.000
34+10.788	1677.276	0.000			
			0.175	293.565	0.000
34+10.963	1677.750	0.000			
			2.727	4585.290	0.000
34+13.690	1685.133	0.000			
			9.200	15618.385	0.000
34+22.890	1710.168	0.000			
			1.534	2617.434	0.000
34+24.424	1702.393	0.000			
			0.175	297.955	0.000
34+24.599	1702.805	0.000			
			6.137	10494.636	0.000
34+30.736	1717.314	0.000			
			7.500	12946.763	0.000
34+38.236	1735.156	0.000			
			1.700	2953.217	0.000
34+39.936	1739.217	0.000			
			0.532	925.602	0.000
34+40.468	1740.489	0.000			
			5.633	9842.215	0.000
34+46.101	1753.996	0.000			
			9.345	14499.044	0.000
34+55.446	1752.162	0.000			
			1.535	2694.667	0.000
34+56.981	1758.805	0.000			
			0.532	936.297	0.000
34+57.513	1761.110	0.000			
			17.046	30656.440	0.000
34+74.559	1835.797	0.000			
			1.858	3418.563	0.000
34+76.417	1844.034	0.000			
			16.200	35139.170	0.000
34+92.617	1961.575	0.000			
			1.011	1983.954	0.000

34+93.628	1963.161	0.000			
			6.372	12511.887	0.000
35+00.000	1963.985	0.000			
			4.027	7909.828	0.000
35+04.027	1964.476	0.000			
			3.237	5044.328	0.000
35+07.264	1948.576	0.000			
			2.698	4328.257	0.000
35+09.962	1937.911	0.000			
			10.938	21256.181	0.000
35+20.900	1948.756	0.000			
			0.687	1339.379	0.000
35+21.587	1950.455	0.000			
			9.212	18079.694	0.000
35+30.799	1974.793	0.000			
			0.756	1493.779	0.000
35+31.555	1977.003	0.000			
			6.744	11713.757	0.000
35+38.299	1976.842	0.000			
			0.333	602.128	0.000
35+38.632	1977.218	0.000			
			3.571	6608.318	0.000
35+42.203	1983.483	0.000			
			2.232	4441.310	0.000
35+44.435	1996.225	0.000			
			10.909	22127.699	0.000
35+55.344	2060.553	0.000			
			0.334	688.556	0.000
35+55.678	2062.540	0.000			
			1.329	2746.373	0.000
35+57.007	2070.452	0.000			
			1.064	2202.269	0.000
35+58.071	2069.151	0.000			
			14.319	30166.407	0.000
35+72.390	2144.329	0.000			
			1.663	3574.016	0.000
35+74.053	2153.947	0.000			
			4.172	9037.692	0.000
35+78.225	2178.584	0.000			
			4.276	10189.840	0.000
35+82.501	2217.844	0.000			
			8.597	19166.691	0.000
35+91.098	2241.081	0.000			
			8.902	20141.377	0.000
36+00.000	2284.054	0.000			
			2.723	6237.693	0.000
36+02.723	2297.429	0.000			
			8.373	22011.354	0.000
36+11.096	2362.475	0.000			
			5.084	14919.565	0.000
36+16.180	2447.903	0.000			
			8.552	20885.143	0.000

36+24.732	2436.368	0.000			
			6.046	14707.732	0.000
36+30.778	2428.909	0.000			
			7.591	18402.397	0.000
36+38.369	2419.569	0.000			
			9.148	22100.988	0.000
36+47.517	2412.327	0.000			
			0.307	536.948	0.000
36+47.824	2410.046	0.000			
			10.441	19400.578	0.000
36+58.265	2352.678	0.000			
			4.960	11726.075	0.000
36+63.225	2375.578	0.000			
			1.644	3911.712	0.000
36+64.869	2383.196	0.000			
			11.681	28156.531	0.000
36+76.550	2437.715	0.000			
			3.721	7671.703	0.000
36+80.271	2436.912	0.000			
			6.468	14348.015	0.000
36+86.739	2450.792	0.000			
			10.577	26306.153	0.000
36+97.316	2523.426	0.000			
			2.684	6797.840	0.000
37+00.000	2542.029	0.000			
			11.915	30792.634	0.000
37+11.915	2626.681	0.000			
			5.166	14770.192	0.000
37+17.081	2680.462	0.000			
			1.692	4544.663	0.000
37+18.773	2691.481	0.000			
			3.816	10318.291	0.000
37+22.589	2716.417	0.000			
			2.332	7092.307	0.000
37+24.921	2719.414	0.000			
			10.897	35009.741	0.000
37+35.818	2746.722	0.000			
			2.739	9304.055	0.000
37+38.557	2758.079	0.000			
			13.636	49563.525	0.000
37+52.193	2815.857	0.000			
			0.671	2580.589	0.000
37+52.864	2821.271	0.000			
			5.337	21240.495	0.000
37+58.201	2870.042	0.000			
			5.925	16683.076	0.000
37+64.126	2761.376	0.000			
			4.696	12768.512	0.000
37+68.822	2676.662	0.000			
			12.350	20577.070	0.000
37+81.172	2463.945	0.000			
			13.528	25198.762	0.000

37+94.700	2296.843	0.000			
			3.517	6152.162	0.000
37+98.217	2289.837	0.000			
			1.783	4090.505	0.000
38+00.000	2298.503	0.000			
			4.000	9233.196	0.000
38+04.000	2318.091	0.000			
			36.011	83225.656	0.000
38+40.011	1620.274	0.000			
			7.635	11322.171	0.000
38+47.646	1345.586	0.000			
			7.328	8980.669	0.000
38+54.974	1105.466	0.000			
			9.717	9548.255	0.000
38+64.691	812.759	0.000			
			1.121	885.324	0.000
38+65.812	792.207	0.000			
			12.516	7989.632	0.000
38+78.328	484.500	0.000			
			3.409	1530.399	0.000
38+81.737	413.358	0.000			
			9.410	3095.408	0.000
38+91.147	244.540	0.000			
			0.817	194.581	0.000
38+91.964	231.791	0.000			
			7.972	1417.900	0.000
38+99.936	123.929	0.000			
			0.064	7.865	0.000
39+00.000	123.183	0.000			
			4.000	403.325	0.000
39+04.000	81.063	0.000			
			4.192	256.403	0.000
39+08.192	45.016	0.000			
			4.183	122.850	0.076
39+12.375	17.023	0.030			
			2.625	28.626	4.133
39+15.000	4.788	3.119			
			10.238	24.508	335.046
39+25.238	0.000	62.332			
			0.762	0.000	49.652
39+26.000	0.000	67.989			
			6.873	0.000	666.229
39+32.873	0.000	125.879			
			20.661	0.000	3985.017
39+53.534	0.000	194.140			
			3.809	0.000	937.131
39+57.343	0.000	208.012			
			1.985	0.000	405.420
39+59.328	0.000	200.470			
			11.251	0.000	2087.505
39+70.579	0.000	153.459			
			1.739	0.000	264.458

39+72.318	0.000	147.160	15.307	0.000	1854.507
39+87.625	0.000	95.149	10.627	0.000	844.705
39+98.252	0.000	63.825	1.748	0.000	107.333
40+00.000	0.000	58.982	0.568	0.000	33.058
40+00.568	0.000	57.420	7.362	0.000	349.750
40+07.930	0.000	38.474	0.549	0.000	20.755
40+08.479	0.000	37.136	3.409	0.000	112.910
40+11.888	0.000	29.106	13.637	2.522	216.773
40+25.525	0.370	2.686	7.782	47.314	10.450
40+33.307	11.790	0.000	9.263	169.365	0.000
40+42.570	24.338	0.000	12.178	451.966	0.000
40+54.748	47.468	0.000	4.717	235.685	0.000
40+59.465	50.954	0.000	17.045	981.419	0.000
40+76.510	64.203	0.000	11.627	786.313	0.000
40+88.137	73.817	0.000	2.010	151.087	0.000
40+90.147	76.518	0.000	3.409	268.806	0.000
40+93.556	81.185	0.000	6.444	552.521	0.000
41+00.000	90.299	0.000	0.430	39.015	0.000
41+00.430	91.166	0.000	3.353	314.103	0.000
41+03.783	96.191	0.000	13.692	1465.195	0.000
41+17.475	117.831	0.000	17.046	2201.516	0.000
41+34.521	140.472	0.000	10.171	1512.216	0.000
41+44.692	156.887	0.000	1.367	254.376	0.000
41+46.059	152.284	0.000	13.967	2145.296	0.000
41+60.026	108.033	0.000	3.078	335.352	0.000
41+63.104	81.355	0.000	7.613	415.513	0.000

41+70.717	27.804	0.000			
			9.432	125.584	48.233
41+80.149	0.554	8.825			
			15.915	3.412	1020.830
41+96.064	0.000	89.021			
			3.936	0.000	353.820
42+00.000	0.000	90.766			
			0.935	0.000	84.190
42+00.935	0.000	89.320			
			10.228	0.000	853.671
42+11.163	0.000	77.608			
			3.409	0.000	258.122
42+14.572	0.000	73.827			
			12.623	0.000	845.951
42+27.195	0.000	60.206			
			0.711	0.000	47.334
42+27.906	0.000	57.304			
			0.302	0.000	19.475
42+28.208	0.000	56.951			
			13.335	0.000	530.101
42+41.543	0.000	13.882			
			3.711	0.374	40.753
42+45.254	0.249	5.871			
			7.210	34.983	23.715
42+52.464	9.665	0.000			
			2.112	25.154	0.000
42+54.576	14.236	0.000			
			0.603	9.143	0.000
42+55.179	16.087	0.000			
			9.561	320.188	0.000
42+64.740	50.891	0.000			
			2.042	112.855	0.000
42+66.782	59.643	0.000			
			2.727	179.542	0.000
42+69.509	72.035	0.000			
			10.909	1100.113	0.000
42+80.418	129.655	0.000			
			1.368	182.931	0.000
42+81.786	137.788	0.000			
			1.476	210.019	0.000
42+83.262	146.790	0.000			
			3.293	528.999	0.000
42+86.555	168.369	0.000			
			2.511	461.421	0.000
42+89.066	186.281	0.000			
			4.295	865.546	0.000
42+93.361	216.767	0.000			
			0.694	145.237	0.000
42+94.055	221.536	0.000			
			3.616	822.288	0.000
42+97.671	247.851	0.000			
			1.160	287.826	0.000

42+98.831	256.852	0.000			
			1.169	302.874	0.000
43+00.000	266.222	0.000			
			1.621	442.165	0.000
43+01.621	279.354	0.000			
			5.082	1573.095	0.000
43+06.703	324.762	0.000			
			2.465	826.222	0.000
43+09.168	345.600	0.000			
			2.139	759.099	0.000
43+11.307	364.170	0.000			
			7.360	2928.157	0.000
43+18.667	431.525	0.000			
			6.276	2901.782	0.000
43+24.943	493.198	0.000			
			1.271	635.094	0.000
43+26.214	506.164	0.000			
			6.022	3239.631	0.000
43+32.236	569.769	0.000			
			3.476	1921.730	0.000
43+35.712	604.633	0.000			
			7.547	4839.996	0.000
43+43.259	692.430	0.000			
			1.626	1174.676	0.000
43+44.885	714.893	0.000			
			4.972	3963.044	0.000
43+49.857	788.846	0.000			
			0.110	86.854	0.000
43+49.967	790.319	0.000			
			8.554	7191.417	0.000
43+58.521	907.398	0.000			
			3.946	4318.124	0.000
43+62.467	989.548	0.000			
			1.541	1918.875	0.000
43+64.008	1027.875	0.000			
			1.844	2344.032	0.000
43+65.852	1052.532	0.000			
			6.306	10200.262	0.000
43+72.158	1020.418	0.000			
			7.355	11953.068	0.000
43+79.513	987.131	0.000			
			4.487	7204.219	0.000
43+84.000	967.223	0.000			
			4.039	4590.086	0.000
43+88.039	860.793	0.000			
			6.357	4979.425	0.000
43+94.396	705.837	0.000			
			1.143	489.356	0.000
43+95.539	691.471	0.000			
			1.019	409.204	0.000
43+96.558	679.227	0.000			
			3.442	1204.601	0.000

44+00.000	641.711	0.000			
			1.675	516.358	0.000
44+01.675	625.802	0.000			
			9.588	1878.242	0.000
44+11.263	538.368	0.000			
			0.843	454.719	0.000
44+12.106	540.639	0.000			
			0.478	134.491	0.000
44+12.584	540.493	0.000			
			2.561	782.836	0.000
44+15.145	541.910	0.000			
			0.166	54.832	0.000
44+15.311	529.163	0.000			
			9.598	3966.511	0.000
44+24.909	565.748	0.000			
			3.107	1681.588	0.000
44+28.016	586.668	0.000			
			1.614	962.667	0.000
44+29.630	606.228	0.000			
			2.560	1592.463	0.000
44+32.190	637.884	0.000			
			6.356	4314.799	0.000
44+38.546	719.825	0.000			
			3.694	2751.589	0.000
44+42.240	769.936	0.000			
			3.238	2703.594	0.000
44+45.478	815.644	0.000			
			3.757	3462.230	0.000
44+49.235	874.710	0.000			
			2.947	2992.434	0.000
44+52.182	918.045	0.000			
			5.642	6538.086	0.000
44+57.824	1028.274	0.000			
			1.290	1335.605	0.000
44+59.114	1042.432	0.000			
			3.285	3486.999	0.000
44+62.399	1080.550	0.000			
			5.927	6612.241	0.000
44+68.326	1150.677	0.000			
			1.950	2266.779	0.000
44+70.276	1174.225	0.000			
			2.474	3707.892	0.000
44+72.750	1221.685	0.000			
			0.699	1091.181	0.000
44+73.449	1235.762	0.000			
			5.995	7602.466	0.000
44+79.444	1300.477	0.000			
			5.927	7903.363	0.000
44+85.371	1366.424	0.000			
			4.129	5739.107	0.000
44+89.500	1413.326	0.000			
			6.990	19889.605	0.000

44+96.490	1453.950	0.000			
			3.510	11256.445	0.000
45+00.000	1495.293	0.000			
			2.416	7196.976	0.000
45+02.416	1335.681	0.000			
			1.090	2672.634	0.000
45+03.506	1274.681	0.000			
			0.134	308.082	0.000
45+03.640	1267.586	0.000			
			7.426	12637.226	0.000
45+11.066	976.435	0.000			
			2.593	2429.743	0.000
45+13.659	897.602	0.000			
			2.618	2280.682	0.000
45+16.277	818.384	0.000			
			1.000	804.109	0.000
45+17.277	789.834	0.000			
			3.274	2438.505	0.000
45+20.551	699.784	0.000			
			10.362	5953.565	0.000
45+30.913	449.331	0.000			
			3.694	1518.367	0.000
45+34.607	372.741	0.000			
			2.815	970.530	0.000
45+37.422	320.594	0.000			
			0.175	55.827	0.000
45+37.597	317.435	0.000			
			15.956	3246.999	0.000
45+53.553	89.560	0.000			
			2.774	202.319	0.000
45+56.327	73.209	0.000			
			0.859	52.086	0.000
45+57.186	68.718	0.000			
			11.670	390.834	45.423
45+68.856	18.571	4.775			
			1.966	35.347	10.074
45+70.822	17.387	5.473			
			1.000	17.106	5.660
45+71.822	16.825	5.848			
			1.550	12.279	13.908
45+73.372	15.896	5.073			
			1.688	13.019	12.939
45+75.060	14.963	4.295			
			4.597	76.840	16.658
45+79.657	18.467	2.952			
			4.802	101.544	22.672
45+84.459	15.236	10.970			
			5.959	91.305	57.381
45+90.418	8.814	17.199			
			7.984	59.927	124.940
45+98.402	2.898	27.921			
			1.079	2.445	32.407

45+99.481	1.634	32.150			
			0.519	0.566	21.409
46+00.000	1.218	34.505			
			15.969	7.415	1022.995
46+15.969	0.000	70.616			
			4.023	0.000	368.219
46+19.992	0.000	80.981			
			0.375	0.000	36.840
46+20.367	0.000	81.970			
			0.034	0.000	2.788
46+20.401	0.000	81.954			
			9.204	0.000	697.613
46+29.605	0.000	108.969			
			7.433	0.000	712.037
46+37.038	0.000	132.422			
			4.304	0.000	476.021
46+41.342	0.000	146.788			
			0.212	0.000	31.284
46+41.554	0.000	148.388			
			1.688	0.000	131.843
46+43.242	0.000	162.163			
			5.978	0.000	725.905
46+49.220	0.000	211.782			
			3.972	0.000	992.191
46+53.192	0.000	269.572			
			0.891	0.000	247.251
46+54.083	0.000	285.423			
			0.935	0.000	273.938
46+55.018	0.000	300.541			
			13.855	0.000	5906.685
46+68.873	0.000	468.084			
			1.364	0.000	751.618
46+70.237	0.000	485.601			
			12.273	0.000	8793.115
46+82.510	0.000	687.387			
			4.773	0.000	4475.922
46+87.283	0.000	779.585			
			7.625	0.000	8789.850
46+94.908	0.000	946.543			
			1.238	0.000	1175.160
46+96.146	0.000	951.939			
			1.061	0.000	1013.056
46+97.207	0.000	957.053			
			2.793	0.000	4563.000
47+00.000	0.000	944.434			
			0.357	0.000	567.774
47+00.357	0.000	938.364			
			6.616	0.000	9332.058
47+06.973	0.000	844.362			
			10.429	0.000	8377.439
47+17.402	0.000	762.169			
			2.638	0.000	1984.021

47+20.040	0.000	742.017	13.637	0.000	9436.648
47+33.677	0.000	641.960	0.651	0.000	416.418
47+34.328	0.000	637.357	0.120	0.000	93.534
47+34.448	0.000	635.819	6.182	0.000	4433.111
47+40.630	0.000	563.326	4.301	0.000	2341.007
47+44.931	0.000	525.252	1.069	0.000	556.540
47+46.000	0.000	515.982	1.313	0.000	669.992
47+47.313	0.000	504.569	7.164	0.000	3383.504
47+54.477	0.000	440.023	7.499	0.000	2727.419
47+61.976	0.000	424.820	16.836	0.000	5362.137
47+78.812	0.000	367.894	0.210	0.000	59.776
47+79.022	0.000	366.975	1.978	0.000	553.234
47+81.000	0.000	358.104	3.000	0.000	804.973
47+84.000	0.000	343.925	3.035	0.000	772.002
47+87.035	0.000	328.716	0.641	0.000	210.677
47+87.676	0.000	328.686	0.546	0.000	179.444
47+88.222	0.000	328.617	4.226	0.000	1972.534
47+92.448	0.000	305.151	0.159	0.000	70.257
47+92.607	0.000	304.246	2.999	0.000	1272.005
47+95.606	0.000	287.063	2.486	0.000	690.381
47+98.092	0.000	268.359	1.908	0.000	293.395
48+00.000	0.000	260.013	4.721	0.000	727.007
48+04.721	0.000	256.570	1.364	0.000	215.613
48+06.085	0.000	267.835	0.158	0.000	24.803
48+06.243	0.000	267.675	9.757	0.000	1615.461
48+16.000	0.000	254.688	2.202	0.000	386.476

48+18.202	0.000	251.217			
			1.678	0.000	429.824
48+19.880	0.000	261.088			
			1.887	0.000	503.334
48+21.767	0.000	272.387			
			4.300	0.000	1228.320
48+26.067	0.000	298.924			
			4.378	0.000	1179.456
48+30.445	0.000	323.992			
			6.070	0.000	1877.508
48+36.515	0.000	362.861			
			1.959	0.000	671.415
48+38.474	0.000	376.516			
			9.016	0.000	3788.744
48+47.490	0.000	463.934			
			2.662	0.000	1271.466
48+50.152	0.000	491.338			
			2.151	0.000	1081.100
48+52.303	0.000	513.869			
			5.758	0.000	3139.136
48+58.061	0.000	576.487			
			5.727	0.000	3393.614
48+63.788	0.000	646.027			
			0.748	0.000	491.352
48+64.536	0.000	655.376			
			0.280	0.000	186.629
48+64.816	0.000	658.925			
			1.385	0.000	924.886
48+66.201	0.000	676.640			
			3.147	0.000	2392.917
48+69.348	0.000	718.953			
			6.507	0.000	6584.803
48+75.855	0.000	845.057			
			7.130	0.000	6300.958
48+82.985	0.000	922.385			
			2.535	0.000	2374.086
48+85.520	0.000	950.661			
			0.874	0.000	835.180
48+86.394	0.000	960.505			
			5.458	0.000	5413.222
48+91.852	0.000	1023.086			
			4.769	0.000	5013.201
48+96.621	0.000	1079.325			
			3.379	0.000	3715.848
49+00.000	0.000	1120.052			
			2.565	0.000	2913.189
49+02.565	0.000	1151.440			
			0.433	0.000	499.524
49+02.998	0.000	1155.831			
			2.490	0.000	2915.646
49+05.488	0.000	1186.053			
			6.093	0.000	7456.729

49+11.581	0.000	1261.585			
			5.053	0.000	5199.647
49+16.634	0.000	1307.387			
			2.491	0.000	2789.065
49+19.125	0.000	1333.890			
			0.486	0.000	562.679
49+19.611	0.000	1339.395			
			9.921	0.000	13070.243
49+29.532	0.000	1477.543			
			0.738	0.000	1100.604
49+30.270	0.000	1505.124			
			7.260	0.000	11430.177
49+37.530	0.000	1643.685			
			4.696	0.000	9239.827
49+42.226	0.000	1667.144			
			16.595	0.000	54470.529
49+58.821	0.000	1933.273			
			0.450	0.000	867.288
49+59.271	0.000	1921.340			
			0.763	0.000	1459.095
49+60.034	0.000	1901.190			
			9.642	0.000	28742.461
49+69.676	0.000	1385.988			
			6.641	0.000	8496.192
49+76.317	0.000	1172.721			
			0.015	0.000	17.587
49+76.332	0.000	1172.259			
			0.245	0.000	274.698
49+76.577	0.000	1165.526			
			17.046	0.000	14845.824
49+93.623	0.000	773.767			
			4.505	0.000	2614.120
49+98.128	0.000	690.307			
			0.493	0.000	337.889
49+98.621	0.000	680.775			
			1.109	0.000	222.259
49+99.730	0.000	672.697			
			0.270	0.000	45.875
50+00.000	0.000	671.034			
			9.957	0.000	1497.012
50+09.957	0.000	612.428			
			0.628	0.000	85.281
50+10.585	0.000	608.807			
			0.083	0.000	11.199
50+10.668	0.000	608.330			
			0.937	0.000	125.338
50+11.605	0.000	602.946			
			1.761	0.000	1066.717
50+13.366	0.000	608.547			
			8.633	0.000	5369.990
50+21.999	0.000	635.504			
			2.222	0.000	1774.184

50+24.221	0.000	629.155			
			2.782	0.000	2211.777
50+27.003	0.000	626.550			
			10.855	0.000	8467.494
50+37.858	0.000	598.545			
			6.190	0.000	4839.856
50+44.048	0.000	606.707			
			1.183	0.000	943.447
50+45.231	0.000	604.096			
			6.064	0.000	3476.553
50+51.295	0.000	542.507			
			5.439	0.000	2807.653
50+56.734	0.000	489.908			
			11.606	0.000	3828.161
50+68.340	0.000	428.273			
			2.079	0.000	641.768
50+70.419	0.000	417.619			
			14.967	0.000	6068.770
50+85.386	0.000	393.338			
			4.225	0.000	1647.665
50+89.611	0.000	386.621			
			1.302	0.000	625.138
50+90.913	0.000	381.083			
			9.087	0.000	4118.453
51+00.000	0.000	345.798			
			7.959	0.000	2946.433
51+07.959	0.000	259.847			
			8.332	0.000	2179.334
51+16.291	0.000	184.663			
			8.713	0.000	1309.778
51+25.004	0.000	115.986			
			6.064	0.000	568.334
51+31.068	0.000	71.459			
			11.275	54.270	507.323
51+42.343	11.376	5.305			
			3.752	80.057	10.070
51+46.095	31.298	0.063			
			17.045	1913.106	0.533
51+63.140	193.179	0.000			
			17.046	5545.433	0.000
51+80.186	457.464	0.000			
			4.522	2266.137	0.000
51+84.708	544.787	0.000			
			3.317	2632.202	0.000
51+88.025	596.860	0.000			
			11.975	14244.540	0.000
52+00.000	840.934	0.000			
			5.070	6657.840	0.000
52+05.070	726.694	0.000			
			8.172	7372.781	0.000
52+13.242	616.088	0.000			
			7.050	4055.690	0.000

52+20.292	534.397	0.000			
			1.824	951.232	0.000
52+22.116	508.850	0.000			
			9.206	4199.193	0.000
52+31.322	403.424	0.000			
			14.214	4539.915	0.000
52+45.536	422.164	0.000			
			6.756	2133.780	0.000
52+52.292	421.321	0.000			
			9.551	2872.013	0.000
52+61.843	409.311	0.000			
			0.739	305.897	0.000
52+62.582	418.556	0.000			
			6.418	2945.573	0.000
52+69.000	499.354	0.000			
			10.627	6011.962	0.000
52+79.627	632.097	0.000			
			20.373	15233.151	0.000
53+00.000	863.329	0.000			
			12.979	11989.556	0.000
53+12.979	984.203	0.000			
			4.729	4743.639	0.000
53+17.708	1022.158	0.000			
			8.965	9473.703	0.000
53+26.673	1091.244	0.000			
			3.352	3248.618	0.000
53+30.025	1105.432	0.000			
			0.123	122.616	0.000
53+30.148	1106.040	0.000			
			0.001	1.053	0.000
53+30.149	1106.049	0.000			
			16.921	19973.511	0.000
53+47.070	1254.746	0.000			
			11.285	14752.352	0.000
53+58.355	1359.760	0.000			
			17.046	24597.979	0.000
53+75.401	1526.311	0.000			
			1.793	2754.386	0.000
53+77.194	1546.066	0.000			
			15.252	24838.015	0.000
53+92.446	1710.951	0.000			
			1.793	3085.601	0.000
53+94.239	1730.879	0.000			
			5.761	10159.641	0.000
54+00.000	1796.162	0.000			
			11.285	20911.752	0.000
54+11.285	1909.953	0.000			
			26.843	55581.124	0.000
54+38.128	2231.246	0.000			
			5.197	13711.313	0.000
54+43.325	2337.035	0.000			
			12.077	29056.324	0.000

54+55.402	2474.780	0.000			
			17.045	43899.632	0.000
54+72.447	2676.248	0.000			
			13.637	37635.823	0.000
54+86.084	2843.416	0.000			
			2.923	8367.159	0.000
54+89.007	2881.633	0.000			
			0.486	1401.995	0.000
54+89.493	2887.893	0.000			
			0.256	739.723	0.000
54+89.749	2891.193	0.000			
			9.971	29705.952	0.000
54+99.720	3019.274	0.000			
			0.280	845.906	0.000
55+00.000	3022.911	0.000			
			6.053	18539.168	0.000
55+06.053	3102.702	0.000			
			17.045	54596.892	0.000
55+23.098	3303.504	0.000			
			17.531	59914.811	0.000
55+40.629	3531.794	0.000			
			12.936	72563.077	0.000
55+53.565	3216.503	0.000			
			12.591	64662.106	0.000
55+66.156	2923.193	0.000			
			4.455	12442.844	0.000
55+70.611	2662.817	0.000			
			5.645	14149.220	0.000
55+76.256	2350.193	0.000			
			7.991	17144.260	0.000
55+84.247	1940.699	0.000			
			3.409	6338.166	0.000
55+87.656	1777.790	0.000			
			5.646	9319.467	0.000
55+93.302	1523.473	0.000			
			1.292	1932.487	0.000
55+94.594	1467.993	0.000			
			3.289	5356.277	0.000
55+97.883	1307.489	0.000			
			0.529	783.621	0.000
55+98.412	1283.173	0.000			
			1.588	1986.660	0.000
56+00.000	1218.918	0.000			
			7.065	7676.374	0.000
56+07.065	954.153	0.000			
			3.282	2948.035	0.000
56+10.347	842.334	0.000			
			6.945	5105.471	0.000
56+17.292	627.925	0.000			
			3.409	1980.016	0.000
56+20.701	533.716	0.000			
			13.637	5186.341	0.000

56+34.338	226.912	0.000			
			4.454	846.491	0.000
56+38.792	153.192	0.000			
			12.591	1116.501	0.000
56+51.383	70.663	0.000			
			9.475	300.164	30.795
56+60.858	24.755	4.204			
			0.625	15.470	2.611
56+61.483	24.754	4.151			
			7.750	150.704	22.649
56+69.233	24.902	0.256			
			1.508	39.211	0.268
56+70.741	27.102	0.100			
			13.636	519.562	0.679
56+84.377	49.102	0.000			
			13.637	844.377	0.000
56+98.014	74.734	0.000			
			1.986	152.434	0.000
57+00.000	78.775	0.000			
			1.767	142.827	0.000
57+01.767	82.885	0.000			
			1.373	115.920	0.000
57+03.140	85.972	0.000			
			5.401	498.262	0.000
57+08.541	98.536	0.000			
			3.454	379.517	0.000
57+11.995	82.942	0.000			
			3.409	311.779	0.000
57+15.404	68.505	0.000			
			4.782	342.174	0.000
57+20.186	49.919	0.000			
			0.183	10.998	0.000
57+20.369	49.245	0.000			
			8.671	368.747	0.390
57+29.040	19.776	0.207			
			3.547	70.532	2.046
57+32.587	10.668	2.190			
			4.644	24.772	68.739
57+37.231	0.000	27.414			
			0.184	0.000	5.183
57+37.415	0.000	28.921			
			1.508	0.000	53.419
57+38.923	0.000	41.932			
			6.657	0.000	465.200
57+45.580	0.000	111.881			
			0.505	0.000	59.240
57+46.085	0.000	122.732			
			8.375	0.000	1619.767
57+54.460	0.000	264.078			
			6.417	0.000	2138.849
57+60.877	0.000	402.541			
			25.612	0.000	22706.174

57+86.489	0.000	876.387	1.581	0.000	2294.431
57+88.070	0.000	917.384	0.297	0.000	272.376
57+88.367	0.000	916.800	0.001	0.000	1.213
57+88.368	0.000	916.776	8.107	0.000	9681.061
57+96.475	0.000	792.688	3.525	0.000	2743.573
58+00.000	0.000	763.949	0.125	0.000	95.430
58+00.125	0.000	762.930	13.636	0.000	9744.656
58+13.761	0.000	666.324	20.219	0.000	12033.476
58+33.980	0.000	523.989			